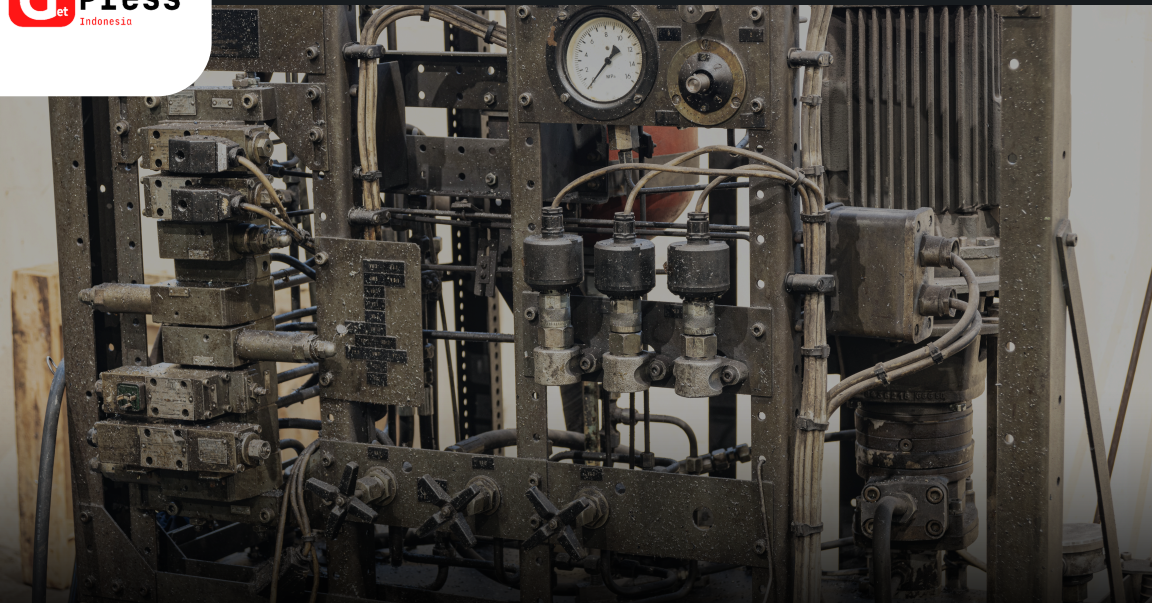
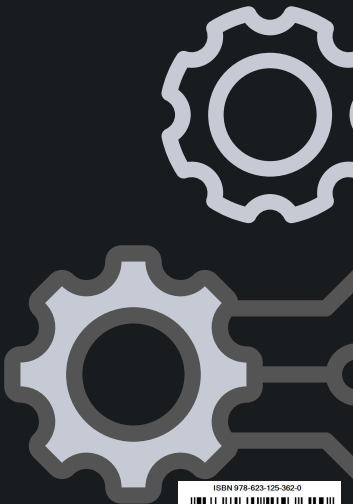




OTOMASI SISTEM PERMESINAN

PENULIS :

Humayatul Ummah
Syarif
Ifan Wiranto
Cahyo Wibowo
Mustopa Kamal
Rizki Aulia Nanda
Hamdan Gani
Suyatno



OTOMASI SISTEM PERMESINAN

Humayatul Ummah Syarif

Ifan Wiranto

Cahyo Wibowo

Mustopa Kamal

Rizki Aulia Nanda

Hamdan Gani

Suyatno



GET PRESS INDONESIA

OTOMASI SISTEM PERMESINAN

Penulis : Humayatul Ummah Syarif
Ifan Wiranto
Cahyo Wibowo
Mustopa Kamal
Rizki Aulia Nanda
Hamdan Gani
Suyatno

ISBN : 978-623-125-362-0

Editor : Mila Sari, M.Si.
Dede Ahsani Aulia, ST.

Penyunting: Yuliatrini Novita, M.Hum

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S. Pd.

Penerbit: GET PRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi:

Jl. Palarik RT 01 RW 06, Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tengah, Padang, Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, September 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga buku berjudul "OTOMASI SISTEM PERMESINAN" ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai otomasi dalam teknik mesin, mencakup mulai dari pengertian dasar teknik mesin, prinsip dasar kontrol otomatis, hingga integrasi sistem otomasi dan manajemen energi dalam sistem otomatisasi. Kami berharap buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, akademisi, dan praktisi dalam bidang teknik mesin, serta memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Padang, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB 1 PENGERTIAN TEKNIK MESIN	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Sejarah Teknik Mesin.....	1
1.3 Pengertian Teknik Mesin.....	2
1.4 Cabang-Cabang Disiplin Ilmu Teknik Mesin.....	7
DAFTAR PUSTAKA.....	16
BAB 2 PRINSIP DASAR KONTROL OTOMATIS.....	17
2.1 Klasifikasi Sistem Kontrol	18
2.2 Sistem Kontrol Loop Terbuka.....	19
2.3 Sistem Kontrol Loop Tertutup.....	20
2.4 Pengendalian Secara Otomatis.....	21
2.5 Stabilitas.....	24
2.6 Tanggapan Sistem	27
2.7 Galat Keadaan Tunak	29
2.8 Gangguan pada Sistem.....	31
2.9 Ringkasan.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
BAB 3 SENSOR DAN AKTUATOR DALAM OTOMASI	35
3.1 Pendahuluan.....	35
3.2 Sensor.....	36
3.3 Aktuator (<i>actuator</i>)	62
3.4 Penutup.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
BAB 4 SISTEM PEMEROSAN DATA.....	79
4.1 Pendahuluan.....	79
4.2 Definisi Sistem Pemrosesan Data.....	80
4.3 Komponen Sistem Pemrosesan Data.....	84

4.4 Pengolahan Data dalam Konteks Permesinan	102
DAFTAR PUSTAKA.....	106
BAB 5 KENDALI PID DALAM SISTEM PERMESINAN	109
5.1 Pendahuluan.....	109
5.2 Tahapan Dalam Merancang PID	112
5.3 Penggunaan Sistem PID	118
5.4 Sistem PID pada Permesinan	120
DAFTAR PUSTAKA.....	125
BAB 6INTEGRASI SISTEM OTOMASI	127
6.1 Pendahuluan.....	127
6.2 Arsitektur dan Pembagian Bidang Integrasi Sistem Otomasi	130
6.3 Kelebihan dan Kekurangan Integrasi Sistem Otomasi	135
6.4 Permasalahan Yang Dapat Terjadi Pada Integrasi Sistem Otomasi.....	137
6.5 Solusi Permasalahan Yang Mungkin Terjadi Pada Integrasi Sistem Otomasi.....	138
6.6 Kesimpulan	141
DAFTAR PUSTAKA.....	142
BAB 7 MANAJEMEN ENERGI DALAM SISTEM OTOMASI... 145	
7.1 Pendahuluan.....	145
7.2 Pendekatan Manajemen Energi dalam Sistem Otomasi	146
7.3 Tahapan Implementasi Manajemen Energi dalam Sistem Otomasi.....	158
DAFTAR PUSTAKA.....	162

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Beberapa aplikasi dari Ilmu Mekanika	8
Gambar 1. 2. Aplikasi dari Robotika	10
Gambar 1. 3. Hasil Analisa Struktur	11
Gambar 1. 4. Siklus Oto	12
Gambar 1. 5. Siklus Diesel.....	13
Gambar 2. 1. Sistem Kontrol Umpan Balik	21
Gambar 2. 2. Sistem Kontrol Otomatis.....	22
Gambar 2. 3. Sistem Kontrol Umpan Balik SISO.....	25
Gambar 2. 4. Respons Sistem yang Stabil	27
Gambar 2. 5. Respons Sistem yang Tidak Stabil.....	27
Gambar 2. 6. Tanggapan Masukan Sinyal Step untuk Sistem Orde Dua	28
Gambar 2. 7. Respons Sistem Kontrol Proporsional, Input Step	30
Gambar 2. 8. Respons Sistem Kontrol PI, Input Step	30
Gambar 2. 9. Respons Sistem Kontrol PID, Input Step	31
Gambar 2. 10. Sistem Kontrol dengan Gangguan Masukan Plant	31
Gambar 2. 11. Respon Sistem Ketika Diberi Masukan Gangguan.....	32
Gambar 3. 1. Ilustrasi hubungan antara sensor dan aktuator.....	36
Gambar 3. 2. Kemampuan dan akurasi deteksi	39
Gambar 3. 3. Aplikasi sensor foto elektrik menggunakan laser <i>beam</i>	40
Gambar 3. 4. Distribusi gelombang saat membaca obyek antara sensor konvensional dengan sensor dengan frekuensi tinggi.....	40
Gambar 3. 5. Sensor pengukur jarak.....	41
Gambar 3. 6. Aplikasi sensor <i>vision</i> untuk mendeteksi jarak air minum dalam kemasan yang memiliki kemasan transparan.....	42
Gambar 3. 7. <i>Pressure Transmitter</i>	43
Gambar 3. 8. <i>Differential pressure transmitter</i>	44

Gambar 3. 9. Prinsip kerja <i>orifice flow</i> meter dengan menghitung perbedaan tekanan dan kecepatan aliran.....	44
Gambar 3. 10. <i>Differential pressure transmitter</i> , mengukur perbedaan tekanan antar <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> . Digunakan pada <i>orifice flow meter</i>	45
Gambar 3. 11. Prinsip kerja sensor suhu	46
Gambar 3. 12. Kemampuan pengukuran terhadap suhu dan tegangan untuk masing - masing tipe	46
Gambar 3. 13. Aplikasi <i>thermocouple</i> menggunakan <i>digital thermostat</i>	47
Gambar 3. 14. Aplikasi <i>thermocouple</i> menggunakan <i>PLC</i>	47
Gambar 3. 15. Kemampuan ukur sensor tipe K terhadap temperature	48
Gambar 3. 16. Kemampuan ukur sensor tipe K terhadap temperatur.....	49
Gambar 3. 17. Gas sensor untuk <i>micro controller</i>	52
Gambar 3. 18. Sensor cahaya	52
Gambar 3. 19. Aplikasi gas detektor untuk mendeteksi kebocoran gas amonia.	53
Gambar 3. 20. Gambaran dari hasil pengukuran getaran berupa grafik sebagai bahan analisis.....	54
Gambar 3. 21. Diagram alir masukan sensor getar hingga teknik analisis.....	54
Gambar 3. 22. Sensor getar untuk <i>micro controller</i>	55
Gambar 3. 23. Sensor getar dipasang pada motor untuk mengetahui getaran yang ditimbulkan oleh mekanis dari mesin atau pompa sebagai salah satu bagian dari tindakan <i>preventive maintenance</i>	55
Gambar 3. 24. Ilustrasi sensor beban dengan membaca masukan tarik dan tekan	56
Gambar 3. 25. Mesin <i>check weigher</i>	57
Gambar 3. 26. Sistem kelistrikan sensor jarak.....	58
Gambar 3. 27. Sensor <i>Proximity</i>	59
Gambar 3. 28. Sensor aliran jenis Coriolis.....	60
Gambar 3. 29. Sesor kelembaban udara.....	61

Gambar 3. 30. <i>AHU (air humidifier unit)</i>	62
Gambar 3. 31. Photoelectric Sensor	62
Gambar 3. 32. Electric Actuator	64
Gambar 3. 33. Sistem pneumatik	65
Gambar 3. 34. Aktuator Pneumatic	67
Gambar 3. 35. Sistem hidrolik	68
Gambar 3. 36. <i>Piston hydraulic/hydraulic cylinder</i> sebagai penghasil energi gerak sebagai aktuator	69
Gambar 3. 37. Motor Hidrolik dihasilkan dari tekanan oli dari pompa oli sehingga menghasilkan energi gerak putar	69
Gambar 3. 38. Proses kontrol gerak.....	70
Gambar 3. 39. Aplikasi sistem hidrolik pada mesin <i>press</i>	70
Gambar 3. 40. Sistem 1 kontrol dengan beberapa aktuator silinder.....	71
Gambar 3. 41. Aplikasi aktuator motorik untuk <i>valve</i> dengan menggunakan motor <i>servo</i>	72
Gambar 3. 42. Sistem kendali pompa otomatis dengan sensor level dan pompa sebagai aktuator.....	73
Gambar 3. 43. Element heater	74
Gambar 3. 44. Proses control heating system.....	74
Gambar 3. 45. Sistem kontrol terbuka (a) dan sistem kontrol tertutup (b).....	75
Gambar 4. 1. Sensor Posisi.....	85
Gambar 4. 2. Sensor Suhu.....	86
Gambar 4. 3. Sensor Tekanan	87
Gambar 4. 4. Sensor Kecepatan	87
Gambar 4. 5. Jenis-jenis sensor	88
Gambar 4. 6. Kamera	89
Gambar 4. 7. Pengidentifikasian RFID	90
Gambar 4. 8. CPU	91
Gambar 5. 1. Diagram blok PID	109
Gambar 5. 2. Konsep perancangan pengatur pemanas.....	114
Gambar 5. 3. Konsep perancangan rangkaian sensor.....	115
Gambar 5. 4. Input pemrograman PID	116
Gambar 5. 5. Input pemrograman PID Loop.....	117
Gambar 5. 6. Inpu PID Motor	121

Gambar 5. 7. Input PID Motor.....121

Gambar 5. 8. Input PID Motor.....122

Gambar 5. 9. Input PID Pneumatic123

Gambar 5. 10. Sistem Hidrolik123

Gambar 6. 1. Arsitektur Integrasi Sistem Otomasi.....133

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Klasifikasi teknis sensor menurut prinsip
kerjanya 37

Tabel 3. 2. Type Termokople beserta rentang ukur 49

BAB 1

PENGERTIAN TEKNIK MESIN

Oleh Humayatul Ummah Syarif

1.1 Pendahuluan

Pengertian teknik biasanya disebut juga rekayasa, berarti penerapan teknologi dan ilmu pengetahuan dalam solusi permasalahan manusia.

Dalam buku yang berjudul "*Desain Pengembangan Pembelajaran Tematik* oleh Trianto, M.Pd", pengertian teknik adalah bagaimana cara seseorang melakukan sesuatu dalam rangka mengimplementasikan suatu metode (Trianto, 2010).

1.2 Sejarah Teknik Mesin

Pada abad ke-18, dimana kejadian setelah revolusi industri di Eropa, teknik mesin mulai digunakan sebagai salah satu bentuk ilmu pengetahuan. Pada kuartal terakhir abad ke-19 terjadi penurunan pengetahuan fisik. Banyak cabang ilmu pengetahuan yang termasuk dalam bidang fisika, antara lain kimia, fisika, mekanika, kinematika, dan energi. Proses Manufaktur, Perancangan mekanik dan konstruksi, Sistem Produksi, Metalurgi, serta Konversi Energi terhadap teknik mesin.

Jurusan Teknik Mesin terhadap persaingan tinggi. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi lulusan dengan dasar teknis yang tinggi sehingga mesin lulusan dapat digunakan untuk merancang, membuat, mengoperasikan, dan

mengintegrasikan mesin dan sistem yang berkaitan dengan permesinan. Jika ingin menggunakannya, prinsip matematika dan fisika harus kuat.

Ini terdiri dari banyak cabang ilmu pengetahuan, termasuk mekanika, ilmu material, matematika, fisika, dan energi. Secara umum, proses manufaktur dan perakitan, konversi energi, pengerjaan logam, dan proses manufaktur mencakup teknik manufaktur. Fungsinya sebagai alat mekanistik serupa dengan yang sekarang digunakan untuk menciptakan mekanisme yang sangat kuat. Salah satu poin penting dalam sejarah metode ilmiah yang dikembangkan di negara Inggris pada abad ke-17 adalah seorang Isaac Newton mengusulkan 3 (tiga) hukum gerak.

Isaac Newton enggan selalu mengakomodasi metode dan hukum selama tahun-tahun, maupun melakukannya oleh rekan-rekannya, diawali dari Mr. Edmund Halley. Menurut Encyclopedia Britannica (2008), selama di Jerman pada abad ke-19. Jepang, serta Swedia. Pengembangan alat ukur dipimpin untuk kemajuan pengukuran pengetahuan. Setelah American Society of Civil Engineers (1852), suatu perkumpulan profesional untuk insinyur mesin di Amerika bernama American Society of Mechanical Engineers (ASME) didirikan ditahun 1880.

1.3 Pengertian Teknik Mesin

Bidang teknik mesin melakukan suatu prinsip fisika dan pengetahuan untuk menganalisis material, manufaktur, desain, dan sistem pemeliharaan mekanis. Teknik produksi yang mendukung dan bahan logam untuk merancang serta penggunaan kayu, membuat dan mengoperasikan mesin dan barang lainnya. Disiplin ilmu terapan salah satu yang diperlukan serta bermanfaat. Pengembangan, pengelolaan, dan perancangan mesin di teknik mesin. Teknik seperti mekanika,

matematika, fisika, ilmu material, dan analisis struktural memerlukan pemahaman menyeluruh tentang konsep-konsep ini. Secara terukur, otomasi di bidang industri gunakan prinsip-prinsip bersama dengan alat-alat lain seperti menggunakan bantuan komputer dan produk manajemen untuk mengelola serta mengoptimalkan proses manufaktur (perancangan). Proses manufaktur dan proses industri, pesawat, perahu, robot, sistem transportasi, peralatan medis, dan banyak lagi.

Hampir setiap manusia yang hidup di zaman sekarang ini pernah berinteraksi dengan mesin; komputer, di permukaan, adalah mesin. Kendaraan bermotor, telepon seluler, bahkan kuda adalah mesin. Saat ini, alat yang paling berguna yang kita miliki adalah yang berasal dari bidang matematika terapan, atau "teknikmesin". Nama teknik mesin mengacu pada teknik yang sangat sulit. Pada dasarnya, seorang insinyur mesin adalah orang yang memahami suatu masalah. itu ada hubungannya dengan mekanik. Rupanya undang-undang inilah yang menjadi penyebab rendahnya kesadaran siswa SMA terhadap hukum yang berkaitan dengan keinsinyuran. Faktor lain yang berkontribusi terhadap pertanyaan tentang berapa banyak orang di seluruh dunia yang mahir dalam teknik mesin adalah mungkin ini.

Istilah "mekanisme" atau "mekanik" mengacu pada pengetahuan teknis tentang penggunaan prinsip matematika dalam menganalisis, mendesain, pembuatan, dan sistem pemeliharaan mekanis. Pengetahuan tersebut memerlukan pertimbangan cukup cermat terhadap konsep dasar mekanika, fisika, ilmu material, energi, dan termodinamika. Istilah "ahli" dan "pakar" di dalam teknik mesin biasa dikatakan dengan istilah "teknik insinyur mesin", dimana dimanfaatkan ilmu teknik untuk merancang dan menganalisis produk industri seperti pabrik, pesawat, kendaraan, peralatan, dan mesin, dan sebagainya.

1.3.1 Pengertian Teknik Menurut Para Ahli

Beberapa kumpulan pengertian dari teknik menurut para ahli, sebagai berikut:

1. Wina Sanjaya, Teknik yaitu suatu bagaimana seseorang menggunakan sesuatu untuk mencapai suatu pendekatan tertentu, dan bagaimana seseorang melakukan sesuatu didalam menerapkan suatu teknik tertentu.
2. Menurut John Mc Manama, 2010 mengartikan Teknik adalah bagaimana membuat sesuatu melakukan sesuatu yang berhubungan dengan kesenian.
3. Istilah Teknik dalam struktur konseptual terdiri dari beberapa elemen-elemen fungsional yang berhubungan dan saling bekerjasama dalam satu kesatuan organik agar mencapai hasil yang diinginkan.
4. Teknik diartikan pula, sebagai prosedur logis dan rasional dalam merancang suatu rangkaian komponen yang berhubungan satu dengan yang lainnya dengan maksud untuk berfungsi sebagai suatu kesatuan dalam usaha mencapai suatu tujuan yang telah ditentukan(L. James Havery, 2000).
5. Menurut Anatol RapoportAckof, Teknik adalah kumpulan beberapa perangkat yang saling memengaruhi satu sama lain, (Anatol RapoportAckof).
6. Teknik mengacu pada objek tunggal apapun arti dalam konseptual serta fisik yang merupakan bagian dari yang hanya sedikit bergantung satu sama lain.
7. Teknik merupakan suatu cara untuk memisahkan daerah yang terkena dampak dari lingkungan sekitarnya secara antarelasi. (Ludwig Von Bartalanfy).

1.3.2 Prospek Kelulusan Teknik Mesin

Semakin berkembangnya sektor nasional industri, kebutuhan Teknik Mesin dimana mampu menyelesaikan proses-proses industri yang semakin meningkat. Hal ini tidak perlu kita

bahas terkait produktivitas karyawan dalam bekerja. Banyak peluang yang dapat diberikan kepada para ahli mesin tidak terbatas pada sektor industri; mereka juga ada di sektor gas dan pariwisata, yang umumnya tidak berhubungan dengan pengetahuan yang dimiliki para mesin. Lulusan Teknik Mesin mempunyai kemampuan memahami di beberapa bidang dan posisi seperti:

1. Posisi Perawatan Mesin

Memproduksi barang bagi suatu usaha sangat bergantung pada efisiensi proses pembuatannya serta energi yang digunakan untuk menjalankan proses produksinya. Mulailah dengan suku cadang yang berkarat dan lanjutkan ke kontrol produksi, yang semuanya ditangani oleh teknisi lulusan.

2. Posisi di bidang Industri Alat Berat

Teknik Mesin lulusannya memiliki kemampuan bekerja di sektor manufaktur pada berbagai posisi dan menduduki posisi di divisi seperti divisi produksi, divisi material, divisi dalam perakitan, dan divisi dalam mendesain.

3. Posisi sebagai Penguji Spesimen Produksi

Posisi ini dimana diharapkan dalam proses yang tepat untuk menghasilkan bahan berkualitas tinggi yang memenuhi kebutuhan pengguna ditentukan dengan memeriksa secara cermat hasil produksi dan spesifikasi proses.

4. Posisi di Pemerintahan, Akademis, dan Lembaga Penelitian Pengembangan teknologi pemerintah dan riset pemerintahan di berbagai departemen, seperti IPTN dan BPPT. Lulusan Mesin dapat memberi kesehatan sebagai dosen baik di perguruan tinggi negeri maupun swasta.

5. Bidang Lainnya

Selain itu, lulusan Teknik Mesin dapat digunakan di perusahaan manufaktur seperti PLTA, PLTU, dan PLTG, serta di perusahaan produksi dan transportasi gas seperti Pertamina yang juga sering membutuhkan lulusan Teknik Mesin. Selain itu, Lulusan Teknik Mesin dapat berfungsi sebagai konsultan profesional untuk perusahaan manufaktur dan bisnis lainnya.

1.4 Cabang-Cabang Disiplin Ilmu Teknik Mesin

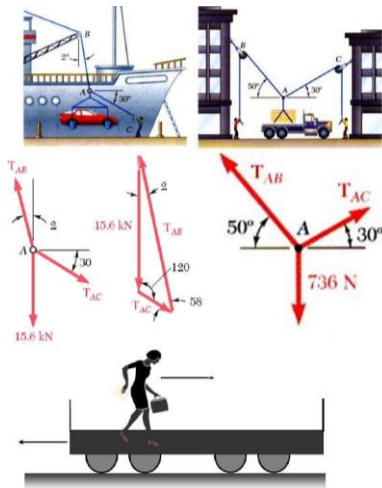
Sebagai kumpulan banyak disiplin ilmu mekanik, bidang teknik mesin dapat ditambahkan. Beberapa cabang disiplin ilmu tercantum di bawah ini.

1.4.1 Mekanika

Ilmu Mekanika adalah cabang ilmu fisika salah satunya yang mempelajari ciri-ciri fisik tubuh manusia yang dipengaruhi oleh pekerjaan atau aktivitas seksual. Insinyur mekanik pada dasarnya menggunakan pengetahuan mekanika dalam menggambar desain atau analisis teknis. Mekanika teknik, juga dikenal sebagai analisis struktural atau rekayasa mekanika, adalah bidang studi utama dalam bidang mekanika.

Tujuan utama dari ilmu tersebut di atas adalah untuk memahami perilaku struktur dari beban tempat ia beroperasi. Secara umum, kegagalan struktur terjadi secara perlahan dan kacau (kerusakan internal). Ketika mempelajari mekanika struktur, salah satu aspek yang sering diabaikan adalah kestabilan beban timbal balik. Kesesuaian antara deformasi dan sifat elastis jenisnya. Setelah memahami kejadian dan lendutan yang dihasilkan, selanjutnya struktur dapat dikembangkan atau disesuaikan lebih lanjut berdasarkan bahan yang digunakan

agar lendutan tidak terlalu keras dalam mencapai hasil yang diinginkan.



Gambar 1. 1. Beberapa aplikasi dari Ilmu Mekanika

(Sumber : Purwo Subekti. 2010)

1.4.2 Kinematika

Kinematika adalah ilmu yang mempelajari pembangkitan benda (benda) dan sistem (kelompok-kelompok objek) serta cara mengatasi hilangnya energi yang menyebabkan gerak. Dalam mesin, osilasi gerakan piston merupakan sistem mekanis loop tertutup. Insinyur mekanis pada dasarnya menggunakan matematika untuk mendesain dan mekanisme analitik. Kinematika dapat digunakan untuk menganalisis berbagai kemungkinan gerak pada mekanisme saat ini dan juga dapat digunakan untuk menyempurnakan tingkat gerak yang diinginkan dalam mekanisme tertentu.

1.4.3 Mekatronika dan Robotika

Mekatronika merupakan bidang interdisipliner yang meliputi teknologi mekanikal, elektrik, dan grafis. Hal ini ada hubungannya dengan mengintegrasikan pemikiran mekanis dan elektronika untuk menciptakan sistem hibrida. Dengan ini, mesin dapat secara otomatis menggunakan motor linier, mekanisme servo, dan sistem linier lainnya bersama dengan perangkat lunak yang disesuaikan. Contoh umum dari sistem mekanis adalah drive CD-ROM. Sistem mekanis membuat dan memasang drive, memodifikasi CD, dan menggunakan laser; sistem optik membaca data dari CD dan mengubah ukurannya ke ukuran yang lebih kecil; terakhir, sistem optik menggunakan perangkat lunak untuk berkomunikasi dengan drive CD komputer.

Robotika yaitu suatu aplikasi mekatronik untuk membuat robot, yang selalu digunakan di industri untuk melakukan tugas-tugas yang sederhana, tidak menuntut, atau membosankan. Robotika (Robot) memiliki bentuk dan ukuran yang beragam, namun semuanya mungkin diprogram untuk berinteraksi secara jelas dengan dunia luar. Biasanya, seorang juru bahasa menggunakan matematika (di dalam menentukan jalur robot) dan mekanika (di dalam menentukan teleoperasi robot). Banyak robot yang dipakai dalam operasi industri. Robot memungkinkan karyawan untuk mengelola pengeluaran yang berkaitan dengan pekerjaan, mengerjakan tugas-tugas yang sering kali sulit atau membuat stres bagi orang-orang, dan memastikan pekerjaan berkualitas lebih tinggi.



Gambar 1. 2. Aplikasi dari Robotika

(Sumber : Purwo Subekti. 2010)

1.4.4 Proses Analisis Struktural

Proses analisis struktural adalah cabang matematika (terkadang ilmu statistik) yang digunakan untuk menentukan mengapa dan bagaimana suatu objek menjadi gagal serta untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas karyawan.

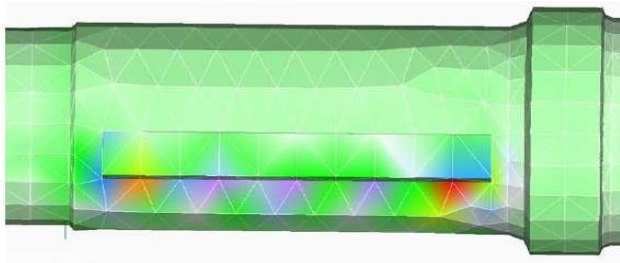
Ada dua jenis kegagalan struktural yang umum dikenali: kegagalan kelelahan dan kegagalan statistik. Kegagalan dalam statistik terjadi ketika, setelah ditentukan (memiliki batas yang telah ditentukan), suatu objek dianalisis sebagai rusak atau cacat. Contoh bertahap adalah ketika suatu benda pecah setelah beberapa siklus kejadian berturut-turut. Penyebabnya adalah sedikitnya kemurnian pada benda tersebut: mikroskopis pada permukaan benda tersebut. Analisis struktur sering digunakan oleh para ahli mesin ketika suatu peristiwa tertentu terjadi atau ketika mereka tidak yakin bagaimana melanjutkannya.

Analisis struktural dapat digunakan di laboratorium sebagai uji pengendalian kegagalan, di kantor selama persiapan rencana, atau di lapangan untuk analisis kegagalan.

1.4.5 Termodinamika

Termodinamika adalah rumus aritmatika yang digunakan dalam berbagai bidang teknik, seperti mekanika dan fisika. Di sisi lain, termodinamika adalah studi tentang konversi dan pemanfaatan energi melalui sistem tertentu.

Secara umum, termodinamika berkaitan dengan perpindahan energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Sebagai contoh, mesin otomotif mengubah energi kimia dari api menjadi benda padat dan kemudian berubah menjadi kerja mekanis yang akhirnya rusak. Prinsip-prinsip termodinamika diterapkan oleh para insinyur mesin di bidang konversi energi dan pertukaran panas.



Gambar 1. 3. Hasil Analisa Struktur

(Sumber : Purwo Subekti. 2010)

Otto merupakan proses perpindahan (siklus) termodinamika yang paling sering dimanfaatkan dalam kehidupan manusia. Kendaraan bermotor dan mobil dan lainnya yang menggunakan bahan bakar bensin (juga dikenal sebagai bahan bakar bensin) adalah contoh dari siklus Otto.

Siklus atau perpindahan termodinamika adalah rangkaian yang terdiri dari empat proses termodinamika, yang terdiri dari dua proses adiabatik (kalor tetap) dan dua proses isokhorik (volume tetap). Lihat proses yang terjadi di grafik suhu (V) vs tekanan (P) berikut ini.:

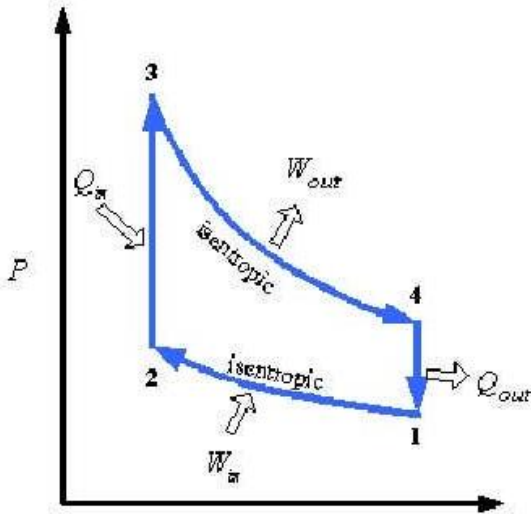
Proses yang terjadi di grafik suhu (V) vs tekanan (P) adalah :

1-2: Proses kompresi adiabatik

2-3: Proses pembakaran isokhorik

3-4: Proses ekspansi/langkah kerja adiabatik

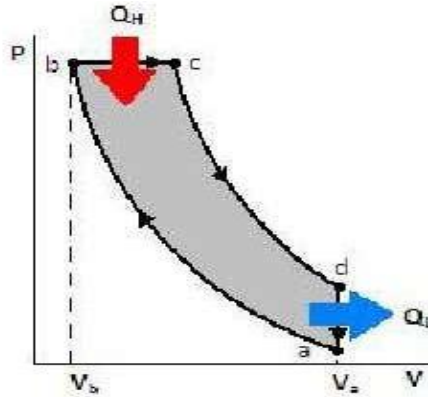
4-1: Proses langkah buang isokhorik



Gambar 1. 4. Siklus Oto

(Sumber : Purwo Subekti. 2010)

Sebagai siklus diesel, prosesnya sebenarnya hampir mirip dengan mesin otto. Tujuannya tetapi hanya busi pemanas saja dan pada mesin diesel, yang membedakannya adalah kompresi jauh lebih tinggi dalam mesin otto.



Gambar 1. 5. Siklus Diesel

(Sumber : Purwo Subekti. 2010)

1.4.6 Drafting

Drafting, sering dikenal sebagai gambar teknik, adalah metode yang digunakan oleh penerjemah mesin untuk membuat manual yang dapat dibaca mesin. Diagram teknis dapat berupa model komputer atau diagram manual yang secara otomatis menampilkan semua dimensi yang diperlukan untuk membuat suatu peralatan, bersama dengan daftar suku cadang yang diperlukan dan informasi penting lainnya. Salah satu istilah untuk insinyur mesin atau buruh yang membuat ilustrasi teknis adalah "draf atau juru gambar".

Penelitian sejarah menggunakan proses dua dimensi; namun, pembuatan desain dibantu oleh perangkat lunak desain berbantuan komputer (CAD), yang memungkinkan desainer membuat desain tiga dimensi. Drafting pada dasarnya dipakai di setiap disiplin ilmu bidang teknik mesin. Ada 3 (tiga) model dimensi yang dibuat dengan menggunakan perangkat lunak CAD dalam dinamika fluida komputasi (CFD) dan analisis elemen hingga (FEA).

1.4.7 Kemampuan Penunjang

Matematika dan Fisika Menurut pertumbuhan pengetahuan, matematika dan ilmu fisika merupakan dua cabang ilmu utama. Karena pengetahuan matematika adalah bahasa para matematikawan, maka seorang master matematika dapat berkomunikasi dengan rekannya menggunakan angka-angka. Bukan proses pengendalian kuantitas dan kualitas yang sembarangan, namun yang penting adalah menganalisis proses pemecahan masalah secara efektif. Sama halnya dengan matematika, ilmu fisika dalam bidang teknik mesin merupakan hal yang harus selalu kita ingat.

Pendidikan Jasmani hampir sama dengan SMU. Namun kami diinstruksikan untuk memperkuat pertahanan kami dengan memperkuat rumus-rumus dasarnya, sehingga kami tidak perlu menghabiskan banyak waktu untuk menghancurkan setiap rumus yang muncul. Kami kesulitan dengan pendidikan jasmani di SMU karenanya. Bahasa Inggris sebagai bahasa kedua, minimal pasif, memungkinkan seseorang memahami konsep-konsep teknik mesin dengan baik. Hal ini disebabkan oleh sebuah buku yang mengacu pada teknik yang digunakan oleh banyak dokter berbahasa Inggris. Selain itu ada juga Jerman dan Belanda yang sangat membantu kita dalam mempelajari mesin manual karena mesin-mesin yang terdapat di Indonesia merupakan hasil produksi negara-negara tersebut di atas.

Logika yang dibahas di sini adalah kemampuan menggunakan pengetahuan yang kita miliki untuk menganalisis situasi yang baru muncul. Misalnya saja ketika kita diinstruksikan untuk menggunakan barometer (alat yang mengukur suhu) untuk menentukan ketinggian suatu lokasi. Jika seseorang tidak memiliki logika, mereka tidak mungkin mencapai kesuksesan apa pun dalam usahanya. Namun secara logika hal ini dapat membantu kita memahami permasalahan yang ada. Individu yang memiliki pola pikir logis akan

menerapkan prinsip tekanan yang dipelajari dalam pendidikan jasmani. Saat Anda berdiri di bawah, tekanan udara akan berkurang 1 atm (tekanan atmosfer) setiap 10 meter. Setelah itu, dia akan pergi ke tempat pembuangan sampah dan melihat berapa banyak tekanan yang ada di sana. Hasil penggalian di atas tanah lebih sedikit dibandingkan dengan hasil penggalian di bawah tanah, yang nantinya akan dikonversi (diubah dalam bentuk satuan tinggi dengan bagian 10 meter).

Meskipun sedikit sekali ilmu praktik yang didapat dalam kuliah mesin karena kebanyakan berupa teori. Orang yang logis dapat menggunakan teori-teori yang ada untuk menganalisis permasalahan yang disampaikan dosen. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya dalam kaitannya dengan lingkungan kerja, logika yang kita terapkan dalam kehidupan sehari-hari dapat sangat membantu kita dalam mencari dan memilih pekerjaan yang sesuai. Hukum ini biasanya dianggap sebagai hukum yang mengajarkan permesinan kendaraan; namun, sebagaimana dinyatakan di atas, sektor ini lebih luas dari itu, dengan beragamnya peluang kerja di semua industri, lembaga pemerintah, perusahaan konsultan, lembaga penelitian, dan organisasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, Kamus Praktis Bahasa Indonesia (Jakarta: Rineka Cipta, 1992), h. 161.
- Heri Yudianto, Agung Widyastara, Fendy Wijarwanto, 2021 “dasar-dasar Teknik Mesin. Kementrian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi. Direktorat jenderal pendidikan Vokasi. Direktorat Sekolah menengah Kejuruan 2021
- Purwo Subekti 2010, Pengantar Teknik Mesin.
- Trianto, 2010. *“Desain Pengembangan Pembelajaran Tematik”*
- Post a comment, 2022. Mengenal lebih dekat apa itu Jurusan Teknik mesin.
- Wina Sanjaya, Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan (Jakarta: Kencana 2006), hal. 125)

BAB 2

PRINSIP DASAR KONTROL OTOMATIS

Oleh Ifan Wiranto

Pengendalian (kontrol) adalah suatu aksi pada sistem (mesin, plant atau proses) untuk memodifikasi atau meningkatkan perilaku sistem agar sesuai dengan yang kita inginkan. Berdasarkan keterlibatan manusia, pengendalian terbagi menjadi dua kategori yaitu; Pengendalian secara manual adalah pengendalian yang melibatkan langsung manusia yang bertindak sebagai operator, dan yang kedua adalah pengendalian secara otomatis adalah pengendalian yang dilakukan oleh mesin-mesin/peralatan yang bekerja secara otomatis (mampu mengatur dirinya sendiri) tanpa intervensi manusia dan biasanya operasinya dibawah pengawasan manusia. Contoh pengendalian secara manual banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari seperti pada sopir mengendalikan kendaraan, pengaturan suara radio, televisi, pengaturan cahaya layar televisi, pengaturan aliran air melalui kran dan lain-lain, sedangkan pengendalian otomatis banyak ditemui dalam proses industri, pengendalian pesawat terbang, pembangkitan tenaga listrik dan lain-lain.

Sistem kontrol otomatis adalah suatu sistem yang terdiri dari interkoneksi antar komponen-komponen yang dirancang bekerja tanpa campur tangan manusia secara langsung untuk mencapai tujuan yang diharapkan. Secara umum suatu sistem kontrol otomatis yang dirancang untuk mempertahankan keluaran sistem pada nilai yang stabil dan diketahui disebut

sebagai regulator atau kontrol proses; dan sistem kontrol otomatis yang dirancang untuk melacak atau mengikuti sinyal referensi yang cenderung berubah disebut sebagai sistem pelacakan (tracking) atau sistem servo.

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Peranan sistem control otomatis meliputi semua bidang kehidupan. Kontrol otomatis adalah bagian penting dan integral dari sistem kendaraan luar angkasa, sistem robotik, sistem manufaktur modern, dan operasi industri apa pun yang melibatkan pengendalian suhu, tekanan, kelembaban, aliran, dan lain-lain. Sistem kontrol yang semakin berkembang dapat meningkatkan kinerja sistem, kualitas produksi, dan menekan biaya produksi.

2.1 Klasifikasi Sistem Kontrol

Setiap sistem kontrol terdiri dari komponen atau elemen yang terpisah, yang saling berhubungan dalam rangka mengatur atau mengendalikan suatu variabel kuantitas atau proses. Perilaku masing-masing elemen secara individu akan mempengaruhi perilaku keseluruhan sistem. Secara keseluruhan, sistem kontrol memiliki sinyal permintaan atau sinyal acuan (referensi) sebagai sinyal input (masukan), dan sinyal output (keluaran) sebagai tanggapan (respons) dari sinyal input tersebut. Sinyal yang dimaksud dapat berupa posisi mekanis, tekanan, suhu, tegangan, atau kuantitas fisik lainnya.

Sistem kontrol dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama. Yaitu sistem kontrol loop terbuka atau sistem kontrol umpan maju (*feedforward*) dan sistem kontrol loop tertutup atau sistem kontrol umpan balik (*feedback*). Perbedaan mendasarnya adalah, dalam sistem kontrol loop tertutup suatu informasi umpan balik disediakan, antara output dan input. Penggunaan umpan balik ini memungkinkan tindakan perbaikan

secara otomatis, jika keluarannya menyimpang dari nilai acuan yang diinginkan. Sistem kontrol loop terbuka tidak memiliki ketentuan untuk umpan balik tersebut. Jadi, ketika permintaan input telah dibuat, sistem dibiarkan melakukan respons, dengan harapan akan merespons dengan benar. Sebuah contoh sederhana sistem kontrol loop terbuka adalah pegolf melakukan pukulan . Pegolf berasumsi memukul bola pada sudut yang tepat, dan dengan kekuatan yang tepat. Setelah bola dipukul, pegolf tidak memiliki kendali lebih lanjut terhadap pergerakan bola. Jadi, jika tiba-tiba ada hembusan angin, atau bola membentur gundukan kecil di fairway, bola tidak akan sampai di tempat yang dituju. Contoh sederhana untuk sistem kontrol loop tertutup adalah sopir yang sedang mengendarai sebuah mobil. Sopir selalu membandingkan antara lintasan jalan (input) dan posisi mobil (output). Sopir akan menggerakkan kemudi apabila ada perbedaan antara posisi mobil dan lintasan jalan. Di sini sopir berfungsi mengamati output, kemudian mengevaluasi (membandingkan antara output dan input), dan membangkitkan sinyal penggerak, yang akan menggerakkan sistem (mobil), sehingga output (posisi mobil) sesuai dengan yang diinginkan (lintasan jalan).

2.2 Sistem Kontrol Loop Terbuka

Sistem kontrol loop terbuka atau sistem kontrol feedforward dapat digunakan dalam beberapa kasus sederhana, ketika gangguannya dapat diabaikan atau memang sudah tidak mempengaruhi proses pengendalian. Sistem ini kebanyakan adalah sistem logis yang sangat sederhana, misalnya pengatur lampu lalu lintas, mesin cuci, pemanggang roti, dan lain-lain. Pada pengatur lampu lalu lintas, urutan dan peralihan lampu lalu lintas (hijau, kuning, merah) adalah diprogram sebelumnya sesuai dengan arus lalu lintas yang diharapkan. Gambar 2.1. memperlihatkan diagram blok dari sistem kontrol umpan maju.



Gambar 2.1. Sistem Kontrol Umpan Maju

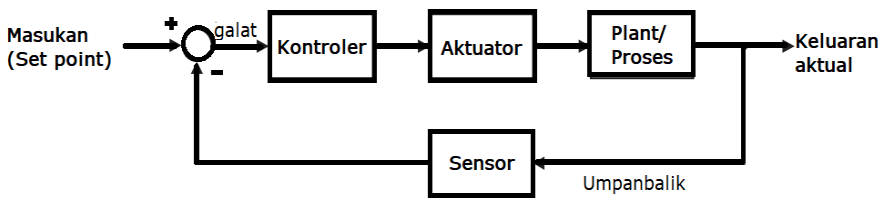
Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari sistem kontrol loop terbuka (Dorf dan Bishop, 2017), (Nise, 2015), (Ogata, 2010);

Kelebihan:

- Desain sederhana dan mudah dibuat.
- Ekonomis.
- Mudah untuk pemeliharaan.
- Pengoperasian yang sangat stabil.
- Kekurangan:
- Tidak akurat dan tidak dapat diandalkan ketika input atau parameter-parameter sistem bervariasi secara alami.
- Kalibrasi ulang parameter-parameter sistem diperlukan secara berkala.

2.3 Sistem Kontrol Loop Tertutup

Pada sistem kontrol loop tertutup tanggapan keluaran diukur, kemudian pengukuran tersebut kembali melalui jalur umpan balik untuk dibandingkan dengan masukan (set point). Jika ada perbedaan antara keduanya, sistem menggerakkan plant, melalui sinyal penggerak, untuk melakukan koreksi. Jika tidak ada perbedaan, sistem tidak menggerakkan plant, karena respons plant sudah sama dengan respons yang diinginkan (set point). Gambar 2.2. memperlihatkan diagram blok sistem kontrol loop tertutup.



Gambar 2. 1. Sistem Kontrol Umpan Balik

Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari sistem kontrol loop tertutup (Dorf dan Bishop, 2017), (Nise, 2015), (Ogata, 2010);

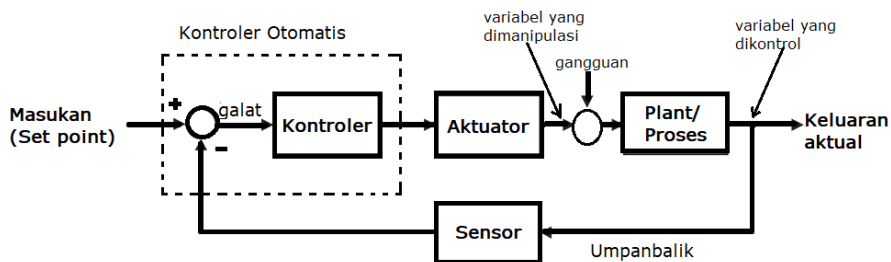
Kelebihan:

- Peningkatan pengurangan galat keadaan tunak sistem.
- Dapat beroperasi secara efisien ketika input atau parameter-parameter sistem bervariasi secara alami.
- Peningkatan penolakan terhadap gangguan.
- Peningkatan redaman kebisingan pengukuran.
- Kontrol dan penyesuaian respons transien sistem yang mudah.
- Kalibrasi ulang parameter secara berkala tidak diperlukan.
- Kekurangan:
- Desain rumit dan sulit dibangun.
- Mahal dibandingkan dengan sistem kontrol loop terbuka.
- Rumit dalam pemeliharaan.
- Pengoperasian yang kurang stabil dibandingkan sistem kontrol loop terbuka.

2.4 Pengendalian Secara Otomatis

Prinsip kerja dari sebuah Pengontrol Otomatis adalah sebagai berikut; Pengontrol otomatis membandingkan nilai aktual keluaran plant dengan masukan acuan (nilai yang diinginkan), menentukan simpangannya, dan menghasilkan sinyal kontrol yang akan mengurangi deviasi menjadi nol atau

ke nilai kecil. Cara pengontrol otomatis menghasilkan sinyal kendali disebut sebagai tindakan pengendalian (Ogata, 2010). Gambar 2.3. adalah diagram blok sistem kendali plant/proses, yang terdiri dari pengontrol otomatis, aktuator, plant, dan sensor (elemen pengukur). Pengontrol mendeteksi sinyal kesalahan, yang biasanya sangat rendah tingkat dayanya, dan memperkuatnya ke tingkat yang cukup tinggi. Keluaran dari pengontrol otomatis diumpankan ke aktuator. Aktuator adalah perangkat daya yang menghasilkan input ke plant sesuai dengan sinyal kendali sehingga sinyal keluaran akan mendekati sinyal masukan referensi. Sensor atau elemen pengukur adalah suatu alat yang mengubah variabel keluaran menjadi variabel lain yang sesuai, seperti perpindahan, tekanan, tegangan, dan lain-lain, yang dapat digunakan untuk mengukur dan membandingkan sinyal keluaran dengan sinyal masukan referensi. Elemen ini berada di jalur umpan balik sistem loop tertutup. Titik setel pengontrol harus diubah menjadi referensi masukan dengan satuan yang sama dengan sinyal umpan balik dari sensor atau elemen pengukur.



Gambar 2. 2. Sistem Kontrol Otomatis

Pada saat ini perlu didefinisikan beberapa istilah yang digunakan dalam bidang kontrol otomatis. Istilah yang pertama adalah variabel yang dikontrol yaitu variabel yang harus dipertahankan, atau dikendalikan, pada beberapa nilai yang diinginkan. Terkadang istilah variabel proses juga digunakan untuk merujuk pada variabel yang dikontrol. Set point (SP)

adalah nilai yang diinginkan dari variabel yang dikontrol. Jadi tugas sistem kontrol (kendali) adalah menjaga agar tetap terkendali variabel pada titik setelnya. Variabel yang dimanipulasi adalah variabel yang digunakan untuk mempertahankan variabel yang dikontrol pada titik setelnya. Berikutnya adalah gangguan (disturbance) atau upset, yaitu variabel apa pun yang menyebabkan variabel terkendali menyimpang dari titik setel atau set point. Dalam sebagian besar proses ada sejumlah gangguan yang berbeda. Penting untuk dipahami bahwa gangguan selalu terjadi dalam suatu kontrol proses. Itulah sebabnya, karena adanya gangguan-gangguan ini, kita memerlukan kontrol otomatis. Jika tidak ada gangguan, maka kondisi operasi akan berlaku sesuai desain dan tidak perlu “memantau” prosesnya terus menerus.

Setelah kita mendefinisikan istilah-istilah ini, kita dapat menyatakan tujuan dari suatu otomatisasi sistem kendali proses secara makna: Tujuan dari otomatisasi sistem kontrol adalah menyesuaikan variabel yang dimanipulasi untuk mempertahankan variabel yang dikontrol pada kondisi titik setelnya (set point) meskipun ada gangguan.

Kontrol otomatis penting karena berbagai alasan. Berikut ini adalah beberapa alasannya (Smith dan Corripio, 1997) :

1. Kontrol otomatis penting untuk mencegah cedera pada personel pabrik, melindungi lingkungan dengan mencegah emisi dan meminimalkan limbah, serta mencegah kerusakan pada peralatan proses.
2. Menjaga kualitas produk (komposisi, kemurnian, warna, dan sejenisnya) secara berkesinambungan dan dengan biaya minimum.
3. Mempertahankan tingkat produksi pabrik dengan biaya minimum.
4. Mengurangi permintaan tenaga kerja manusia.

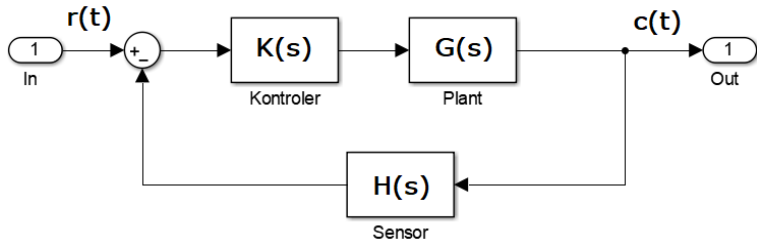
Dalam sistem kendali umpan balik, pengontrol dirancang untuk mencapai tujuan tertentu. Yang pertama dan terpenting di antaranya adalah stabilitas sistem loop tertutup. Berikutnya adalah stabilitas dinamis yang baik yang ditunjukkan oleh respons transien yang dapat diterima. Dalam sistem pelacakan, penghapusan kesalahan pelacakan yang diinginkan. Selanjutnya, sistem yang terkendali diperlukan untuk memitigasi gangguan yang memasuki sistem dan menjaganya dari variasi parameter dan dinamika yang tidak dimodelkan. Parameter sistem kendali selalu berubah yang disebabkan oleh perubahan kondisi sekitar, gangguan internal atau parameter lainnya. Perubahan ini dapat dinyatakan dalam sensitivitas. Sistem kontrol yang baik adalah sistem yang tidak sensitif terhadap perubahan parameter tersebut, tetapi harus sensitif hanya terhadap sinyal input. Sistem kontrol umpan balik memiliki keunggulan tidak sensitif terhadap perubahan parameter. Masukan gangguan tidak dapat dihindari dalam pengoperasian sistem fisik. Contoh umum dari masukan gangguan adalah benturan jalan saat mengemudi, turbulensi di pesawat, dan getaran mesin di pabrik industri. Penolakan gangguan yang efektif memerlukan penguatan loop yang besar.

2.5 Stabilitas

Sistem kontrol dikatakan stabil jika untuk sinyal masukan terbatas, maka keluaran juga harus terbatas dan jika masukan nol maka keluaran harus terbatas menjadi nol.

Menjamin stabilitas loop tertutup adalah tujuan desain sistem kendali yang pertama dan terpenting. Meskipun secara fisik plant adalah stabil, namun adanya umpan balik dapat menyebabkan sistem loop tertutup menjadi tidak stabil, seperti dalam kasus model plant orde yang lebih tinggi.

Diagram blok standar sistem kendali umpan balik masukan tunggal keluaran tunggal (SISO) diperlihatkan pada Gambar 2.4. dimana plant adalah $H(s)$, pengontrol adalah $K(s)$, dan sensor adalah $H(s)$.



Gambar 2. 3. Sistem Kontrol Umpan Balik SISO

Fungsi alih sistem secara keseluruhan dari masukan $r(t)$ ke keluaran $c(t)$, diberikan sebagai:

$$T(s) = \frac{KG(s)}{1+KGH(s)} \quad (2.1)$$

Stabilitas sistem ditentukan berdasarkan pada polinomial karakteristik loop tertutup:

$$\Delta(s, K) = 1 + KGH(s) \quad (2.2)$$

Ambil $G(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$, dan dengan asumsi pengontrol dinamis $K(s) = \frac{N_c(s)}{D_c(s)}$, maka polinomial karakteristik diberikan sebagai:

$$\Delta(s) = D(s)D_c(s) + N(s)N_c(s) \quad (2.3)$$

Stabilitas polinomial karakteristik ditentukan dengan metode aljabar yang mengkarakterisasi lokasi akarnya berdasarkan koefisien polinomial. Berikut ini, kita asumsikan bahwa polinomial orde ke-n dinyatakan sebagai:

$$\Delta(s) = s^n + a_1 s^{n-1} + a_2 s^{n-2} + \dots + a_{n-1} s + a_n \quad (2.4)$$

Syarat perlu untuk kestabilan polinomial adalah semua koefisiennya bukan nol, dan positif, yaitu, $a_i > 0$.

Syarat cukup untuk kestabilan polinomial diperoleh melalui penerapan kriteria berikut ini (Kriteria Hurwitz):

Polinomial orde ke-n stabil, yaitu memiliki akar pada separuh kiri bidang s, jika dan hanya jika determinan berikut memiliki nilai positif:

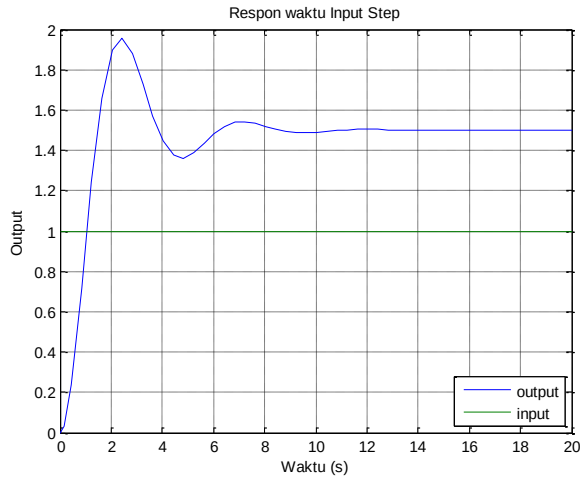
$$|a_1|, \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ 1 & a_2 \end{vmatrix}, \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 \\ 1 & a_2 & a_4 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{vmatrix}, \dots \quad (2.5)$$

Kriteria kestabilan polinomial orde kedua dan ketiga diberikan di bawah ini:

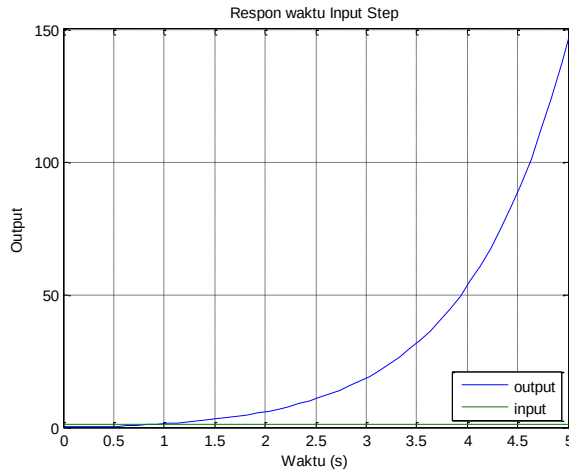
Polinomial orde kedua: $a_1 > 0, a_2 > 0$.

Polinomial orde ketiga: $a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_1 a_2 - a_3 > 0$.

Pada Gambar 2.5. memperlihatkan respons dari suatu sistem yang stabil. Untuk masukan yang terbatas (masukan step) menghasilkan keluaran yang terbatas yaitu 1,5. Pada Gambar 2.6. menunjukkan sistem yang tidak stabil. Untuk masukan yang terbatas (masukan step) menghasilkan keluaran yang nilainya naik terus seiring berjalannya waktu.



Gambar 2. 4. Respons Sistem yang Stabil

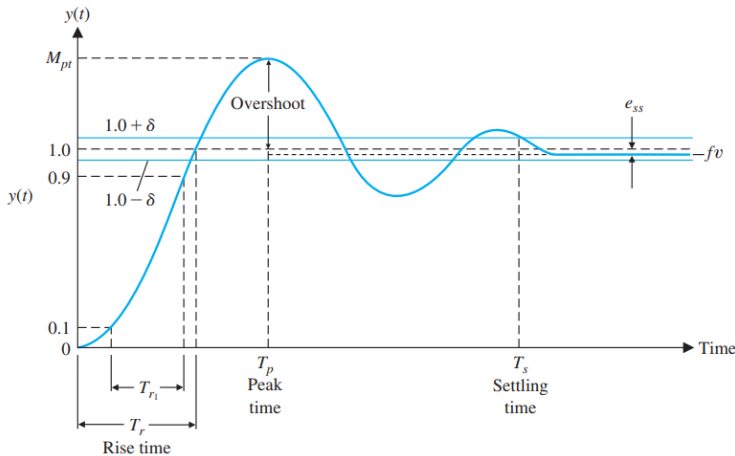


Gambar 2. 5. Respons Sistem yang Tidak Stabil

2.6 Tanggapan Sistem

Ukuran kinerja standar sering kali didefinisikan dalam bentuk tanggapan (*respons*) sistem terhadap masukan langkah satuan (*step*) dari sistem loop tertutup seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Tanggapan sistem mengandung dua bagian,

yaitu tanggapan transien dan tanggapan keadaan tunak. Respons transien adalah respons yang hilang seiring berjalannya waktu. Respons keadaan tunak adalah respons yang ada untuk waktu yang lama setelah sinyal masukan diberikan ke sistem. Kecepatan respons sistem kendali umpan balik diukur dengan waktu naik (*rise time*) T_r dan waktu puncak (*peak time*) T_p . Untuk sistem underdamped dengan memiliki overshoot, waktu naik 0–100% adalah indeks yang digunakan. Jika sistem mengalami overdamped, maka waktu puncak tidak ditentukan, dan waktu naik 10–90% kriteria T_{r1} biasanya digunakan. Kesamaan respons aktual yang cocok dengan masukan langkah satuan diukur dengan persentase overshoot dan settling time T_s .



Gambar 2. 6. Tanggapan Masukan Sinyal Step untuk Sistem Orde Dua. (Sumber: Dorf dan Bishop, 2017)

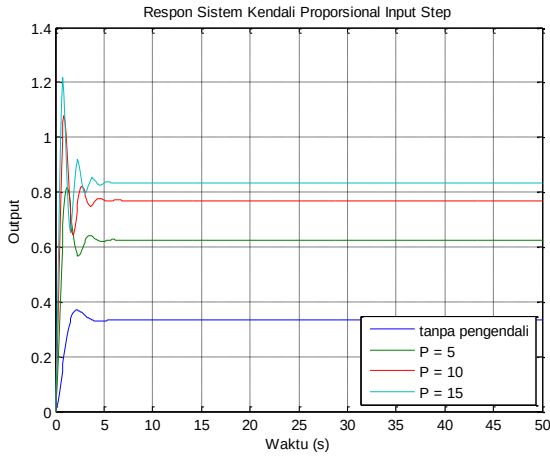
Respons transien sistem dapat menjelaskan dua faktor, yaitu:

1. Kecepatan respons yang diwakili oleh waktu naik (*rise time*) dan waktu puncak (*peak time*).
2. Kedekatan nilai respons terhadap nilai respons yang diinginkan, diwakili oleh overshoot dan waktu penyelesaian (*settling time*).

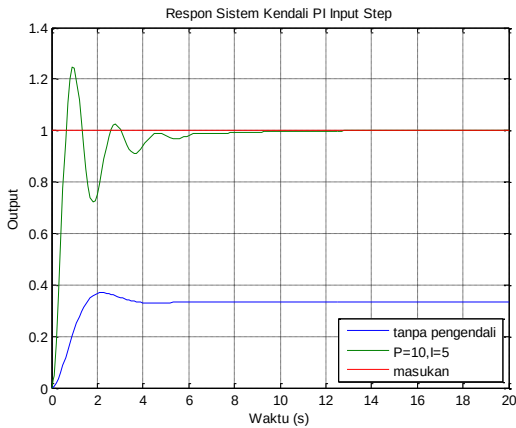
Suatu sistem kontrol umpan balik yang baik memiliki kriteria waktu naik yang kecil, overshoot sekecil mungkin, dan tidak memiliki galat keadaan tunak. Pengendali fase-lead atau pengendali PD (Proportional+Derivative)/PID(Proportional+Integral+Derivative) dapat digunakan untuk mendapatkan peningkatan respons transien.

2.7 Galat Keadaan Tunak

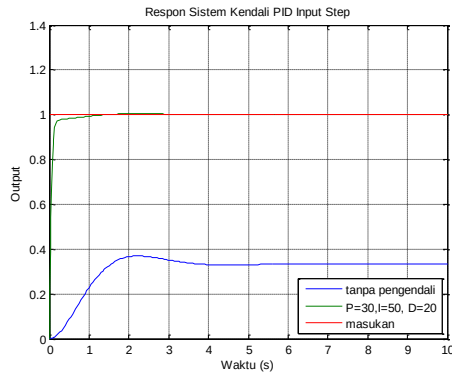
Galat keadaan tunak pada masukan (step dan tanjakan) diukur dalam bentuk konstanta galat posisi dan galat kecepatan loop fungsi alih. Secara umum, penguatan kontroler yang tinggi mengurangi galat keadaan tunak, namun juga membuat sistem rentan terhadap osilasi. Galat keadaan tunak dapat dihilangkan dengan menempatkan pengontrol PI/PID pada sistem kontrol umpan balik. Gambar 2.8. memperlihatkan respons sistem kontrol otomatis dengan Pengendali P. Tampak bahwa semakin besar nilai konstanta proporsional (K_p) maka akan semakin kecil galat keadaan tunak, tetapi galatnya tidak hilang. Keluaran keadaan tunak tidak mencapai 1. Gambar 2.9. memperlihatkan respons sistem kontrol dengan pengendali PI. Tampak bahwa galat keadaan tunak sudah tidak ada. Keluaran keadaan tunak mencapai 1. Tetapi masih terjadi overshoot. Untuk mengurangi overshoot ditambahkan Pengendali Derivatif (D). Pada Gambar 2.10. memperlihatkan respons sistem dengan masukan step menggunakan Pengendali PID. Tampak bahwa hasil pengendalian PID mampu meningkatkan kecepatan respons sistem, meminimalkan overshoot dan menghilangkan galat keadaan tunak.



Gambar 2. 7. Respons Sistem Kontrol Proporsional, Input Step



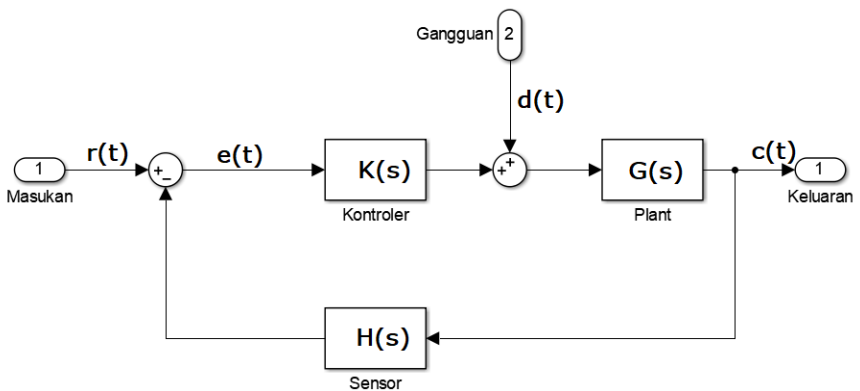
Gambar 2. 8. Respons Sistem Kontrol PI, Input Step



Gambar 2. 9. Respons Sistem Kontrol PID, Input Step

2.8 Gangguan pada Sistem

Gangguan (*disturbance*) adalah sinyal yang tidak diinginkan yang masuk ke dalam sistem kendali umpan balik. Gangguan dapat terjadi pada masukan atau keluaran *plant*. Pada bagian ini, kita akan mempertimbangkan pengaruh masukan gangguan (gangguan pada masukan *plant*). Untuk mengkarakterisasikan pengaruh masukan gangguan pada sistem kontrol umpan balik, kita mempertimbangkan diagram blok seperti pada Gambar 2.11., yang sudah mencakup masukan gangguan.



Gambar 2. 10. Sistem Kontrol dengan Gangguan Masukan Plant

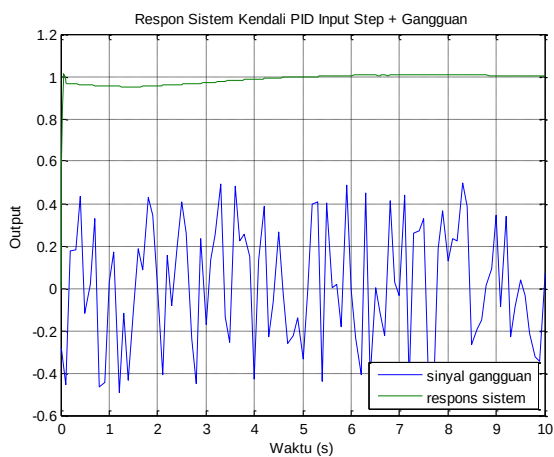
Misalkan $r(t)$ adalah masukan referensi, $d(t)$ adalah masukan gangguan, maka keluaran sistem dapat dinyatakan dalam domain Transformasi Laplace sebagai berikut:

$$C(s) = \frac{KG(s)}{1+KGH(s)}R(s) + \frac{G(s)}{1+KGH(s)}D(s) \tag{2.6}$$

Dengan asumsi bahwa $H(s)=1$, galat pelacakan $E(s)$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$E(s) = \frac{1}{1+KG(s)}R(s) - \frac{G(s)}{1+KG(s)}D(s) \tag{2.7}$$

Terlihat dari persamaan (2.7), dengan penguatan K yang besar dapat mengurangi galat keadaan tunak dengan adanya masukan referensi dan gangguan. Pengontrol penguatan besar, dapat digunakan untuk meningkatkan penolakan terhadap gangguan, namun penguatan yang besar akan menghasilkan sinyal masukan berkekuatan besar ke plant, yang mungkin menyebabkan kejenuhan pada perangkat aktuator (amplifier, aktuator mekanik, dan lain-lain). Pada Gambar 2.12., memperlihatkan tanggapan sistem umpan balik Pengendali PID ketika diberi masukan gangguan. Adanya masukan gangguan tidak mempengaruhi respons sistem.



Gambar 2. 11. Respon Sistem Ketika Diberi Masukan Gangguan

2.9 Ringkasan

Sistem kontrol otomatis adalah sistem kontrol umpan balik yang mampu mengatur dirinya sendiri tanpa intervensi manusia. Persyaratan suatu sistem kontrol umpan balik otomatis yang baik adalah sistem harus stabil, memiliki respons yang cepat, overshoot yang minimum, tidak ada galat keadaan tunak, tidak sensitif terhadap perubahan parameter sistem, dan memiliki kemampuan penolakan terhadap gangguan. Sistem kontrol otomatis perlu diterapkan karena beberapa alasan, yaitu mencegah cedera pada pekerja pabrik, menjaga kualitas produk secara berkesinambungan dan dengan biaya minimum, serta mengurangi permintaan tenaga kerja manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Dorf, R.C., Bishop, R.H. 2017. *Modern Control Systems 13th ed.* New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Nise, N.S., 2015. *Control Systems Engineering 7th ed.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Ogata, K., 2010. *Modern Control Engineering 5th ed.* New Jersey: Prentice Hall.
- Smith, C.A, Carripio, A.B. 1997. *Principles and Practice of Automatic Process Control* . New York: John Wiley & Sons, Inc.

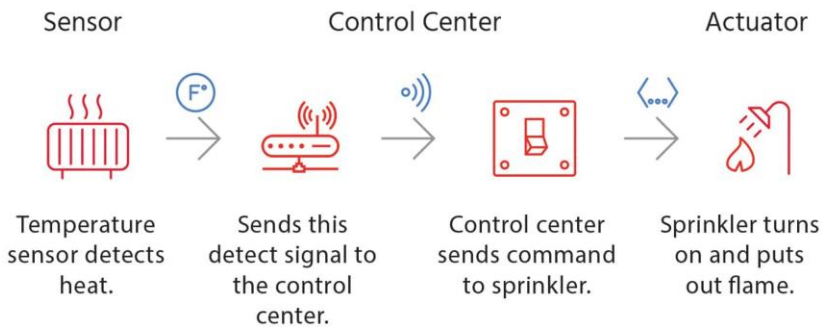
BAB 3

SENSOR DAN AKTUATOR DALAM OTOMASI

Oleh Cahyo Wibowo

3.1 Pendahuluan

Sensor adalah perangkat penting dalam banyak aplikasi industri seperti otomasi pabrik, peralatan digital, aplikasi pesawat terbang/otomotif, pemantauan lingkungan, dan sistem diagnostik. Peran utama dari sensor tersebut adalah untuk mengukur perubahan besaran fisis lingkungan. Pada umumnya sensor ditanamkan pada alat sensorik dengan rangkaian sebagai bagian dari suatu sistem. Dalam bab ini, beragam jenis sensor dan prinsip kerjanya dijelaskan secara singkat serta kemajuan teknisnya pada mikrosensor pintar terkini diperkenalkan. Secara khusus, masalah sensor individual juga meluas ke masalah jaringan sensor dan aplikasinya dari kegiatan penelitian terbaru. Melalui bab ini, pembaca bisa juga memahami bagaimana multisensor atau jaringan sensor dapat dikonfigurasi dan bagaimana caranya berkolaborasi satu sama lain untuk memberikan kinerja dan keandalan yang lebih tinggi dalam sensor jaringan sistem (Wotae Jeong).



Sensor to **Actuator** Flow

Gambar 3. 1. Ilustrasi hubungan antara sensor dan aktuator

3.2 Sensor

Sensor adalah instrumen yang merespons hal tertentu rangsangan fisik dan menghasilkan sinyal listrik yang sesuai dan terukur. Sebuah sensor dapat bersifat mekanis, listrik, elektromekanis, magnetik atau optik. Setiap perangkat yang secara langsung diubah dengan cara yang dapat diprediksi dan diukur dengan perubahan parameter dunia nyata dapat menjadi sensor untuk parameter tersebut. Sensor memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari karena adanya kebutuhan mengumpulkan informasi dan memprosesnya dengan nyaman tugas-tugas tertentu. Kemajuan terkini dalam teknologi perangkat mikro, fabrikasi mikro, proses kimia, dan digital pemrosesan sinyal telah memungkinkan pengembangan sensor berukuran mikro/nano, berbiaya rendah, dan berdaya rendah yang disebut mikrosensor. Mikrosensor telah berhasil diterapkan pada banyak bidang praktis, termasuk medis dan perangkat luar angkasa, peralatan militer, telekomunikasi, dan aplikasi manufaktur. Jika dibandingkan dengan sensor konvensional, mikrosensor mempunyai keuntungan tertentu, seperti lebih sedikit campur tangan terhadap lingkungan yang

diukur, sehingga memerlukan lebih sedikit produksi biaya, digunakan di ruang sempit dan lingkungan yang keras, dll. Keberhasilan penerapan mikrosensor tergantung pada kemampuan sensor, biaya, dan keandalan

3.2.1 Prinsip Kerja Sensor

Sensor secara teknis dapat diklasifikasikan menjadi berbagai macam jenis sesuai dengan prinsip kerjanya, seperti yang tercantum sebagai berikut :

Klasifikasi teknis sensor menurut prinsip kerjanya

Tabel 3. 1. Klasifikasi teknis sensor menurut prinsip kerjanya

Prinsip penyesoran	Jenis Sensor
Perubahan resistensi	<i>Strain gage</i> , potensiometer, sensor posisi <i>throttle</i> potensiometri (<i>TPS : throttle position sensor</i>), detektor suhu resistansi (<i>RTD : resistance temperature detector</i>), termistor, sensor piezoresistif, sensor magnetoresistif, sensor fotoresistif
Perubahan kapasitansi	Pengukur torsi tipe kapasitif, sensor level kapasitansi
Perubahan induktansi	Transformator diferensial variabel linier (<i>LVDT: Linier variable differential transformer</i>), sensor posisi sudut induktif (<i>pick-up magnetik</i>), pengukur torsi induktif
Induksi elektromagnetik	Pengukur aliran elektromagnetik (<i>Electromagnetic flow meter</i>)
Efek termoelektrik	Termokopel

Prinsip penyesoran	Jenis Sensor
Efek piezoelektrik	Akselerometer piezoelektrik, navigasi dan jangkauan suara (SONAR : <i>sound navigation and ranging</i>)
Efek fotoelektrik	Fotodioda, fototransistor, interupsi foto (<i>encoder optik</i>)
<i>Hall effect</i>	<i>Hall sensor</i>

Artinya, sensor bisa mengukur fisik fenomena dengan menangkap perubahan resistansi, perubahan kapasitansi, perubahan induktansi, efek termoelektrik, efek piezoelektrik, efek fotolistrik, efek *hall*, dan seterusnya. Di antara efek ini, sebagian besar sensor memanfaatkan perubahan resistansi suatu konduktor, i. e., resistivitas. Selama rapat arusnya seragam isolator, resistansi R suatu konduktor dengan luas penampang A dapat dihitung sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Di mana :

R : Resistansi

ρ : resistivitas listrik dari material

l : panjang resistor

A : Luas area

3.2.2 Posisi, Kecepatan, dan Akselerasi Sensor

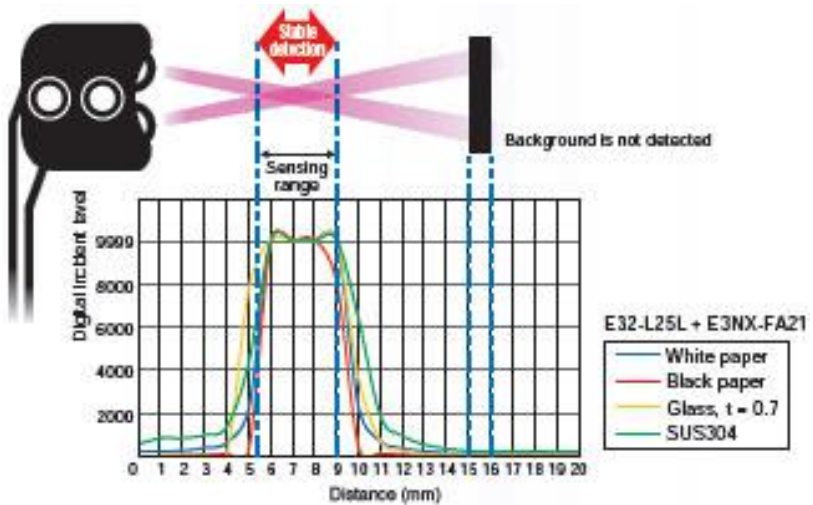
1. Jenis Sensor

Dalam otomasi penggunaan sensor diperlukan sesuai dengan kebutuhan apa, dimana, bagaimana,

2. Fiber Sensor

Dengan Sensor Penguat Terpisah ini, cahaya dari Amplifier ditransmisikan melalui serat untuk memungkinkan deteksi di tempat sempit, lokasi lain dengan akses terbatas.

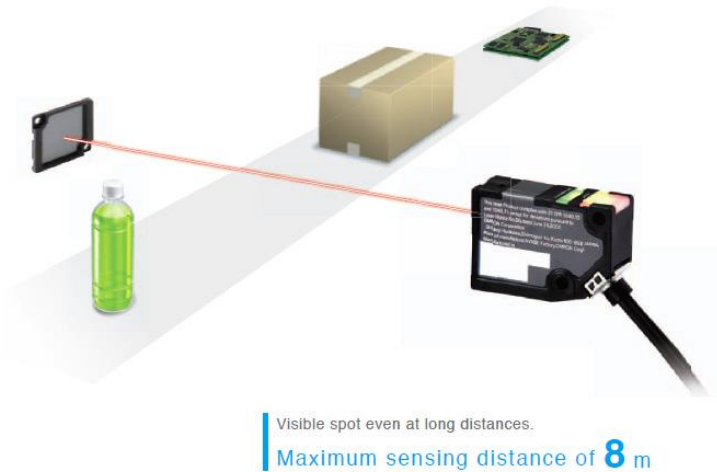
Karena bentuknya yang sangat kecil maka dapat diaplikasikan ditempat yang sangat sulit sekalipun



Gambar 3. 2. Kemampuan dan akurasi deteksi

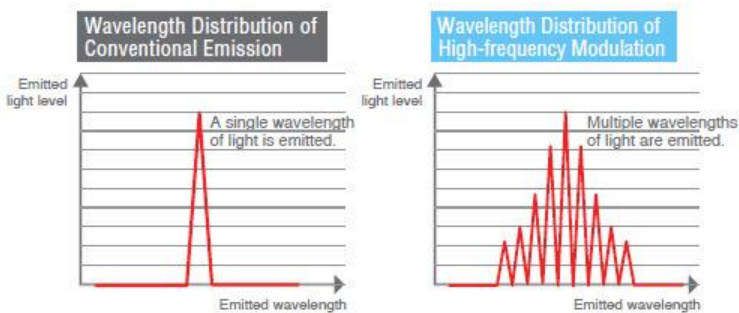
(Sumber :Omron)

3. Foto elektrik sensor



Gambar 3. 3. Aplikasi sensor foto elektrik menggunakan laser *beam*.

(Sumber :Omron)

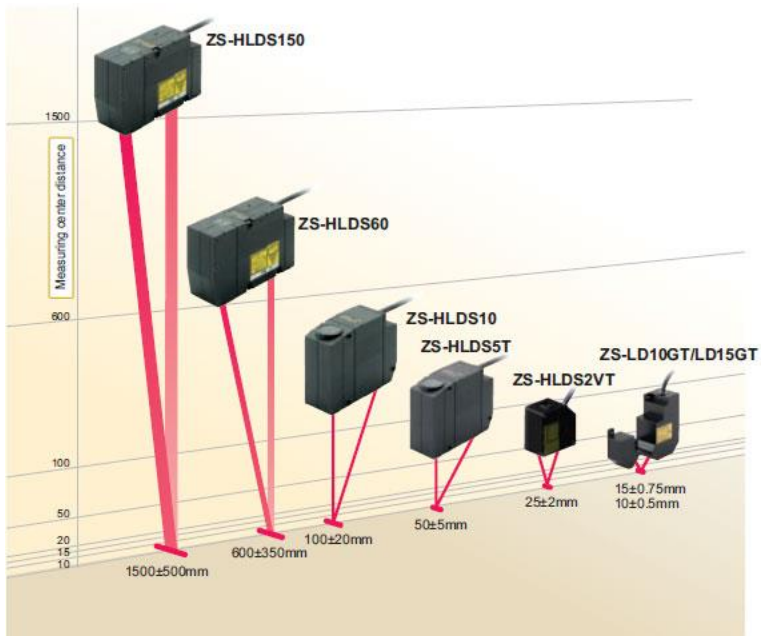


Gambar 3. 4. Distribusi gelombang saat membaca obyek antara sensor konvensional dengan sensor dengan frekuensi tinggi.

(Sumber :Omron)

4. *Displacement sensor/measurement sensor* (sensor perpindahan / jarak)

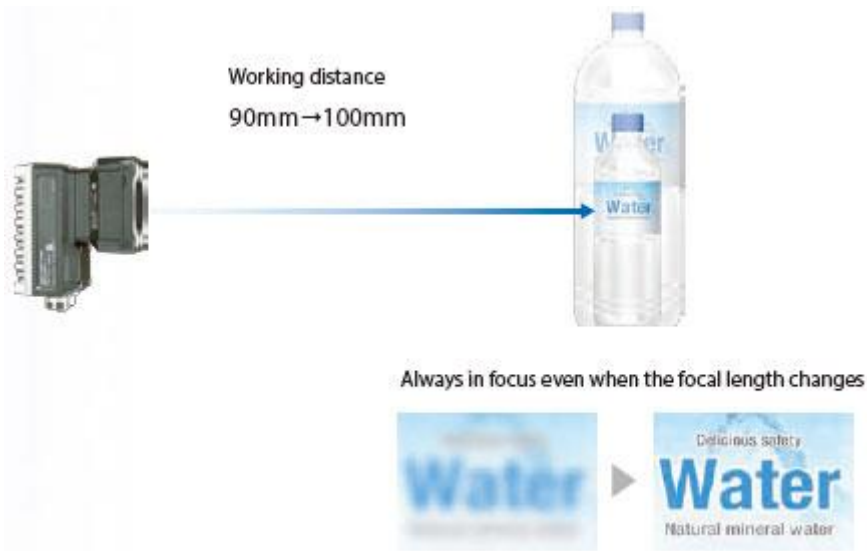
Sensor Perpindahan / Sensor Pengukuran Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur jarak dan ketinggian. Berbagai macam model tersedia, termasuk Sensor Laser, Sensor *LED*, Sensor Ultrasonik, Sensor Kontak, Sensor Arus *Eddy*, dan banyak lagi.



Gambar 3. 5. Sensor pengukur jarak

(Sumber : Omron)

5. Vision Sensor



Gambar 3. 6. Aplikasi sensor *vision* untuk mendeteksi jarak air minum dalam kemasan yang memiliki kemasan transparan.

(Sumber : Omron)

6. Sensor Tekanan (*pressure sensor/pressure transmitter*)

Pressure sensor atau Sakelar tekanan bekerja baik secara mekanis atau elektronik dan membuka atau menutup kontak sakelar tergantung pada tekanan media yang diukur. Sakelar tekanan sering kali digunakan dengan pompa, katup, atau *booster* dan mempunyai tugas menjaga tekanan dalam rentang yang telah ditentukan, tanpa melebihi batas atas atau bawah.

Prinsip kerja sensor tekanan adalah mengubah pembacaan tersebut menjadi sinyal elektronik seperti 4 ... 20 mA atau DC 0 ... 5 V. Sensor tekanan atau *pressure sensor* disebut juga sebagai *pressure transmitter*. Tiga prinsip pengukuran tekanan yang paling umum dalam

sensor tekanan adalah film tipis, film tebal, dan piezoresistif. Masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri . Sambungan tekanan standar mengarahkan tekanan yang diukur ke elemen sensor tekanan. Elektronik sensor tekanan kemudian mengubah sinyal menjadi sinyal berskala, yang diteruskan ke evaluasi sinyal berikutnya melalui konektor atau kabel standar.

Sensor tekanan adalah perangkat yang dilengkapi dengan elemen peka tekanan yang mengukur tekanan gas atau cairan terhadap diafragma yang terbuat dari baja tahan karat, silikon, dll., dan mengubah nilai terukur menjadi sinyal listrik sebagai keluaran.



Gambar 3.7. *Pressure Transmitter*

(Sumber : Burket)

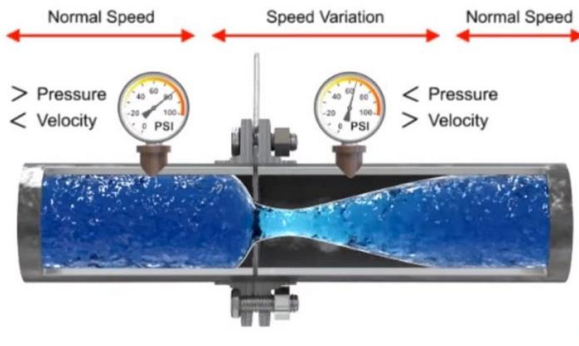
Aplikasi dalam industri antara lain :

- Teknologi pengukuran dan kontrol
- Hidrolik dan pneumatik
- Pompa dan kompresor



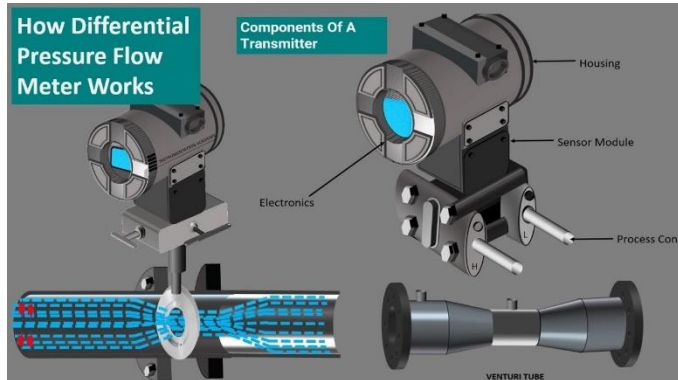
Gambar 3. 8. Differential *pressure transmitter*

(Sumber : Endress Hauser)



Gambar 3. 9. Prinsip kerja *orifice flow meter* dengan menghitung perbedaan tekanan dan kecepatan aliran.

(Sumber : Lawand ALosi)

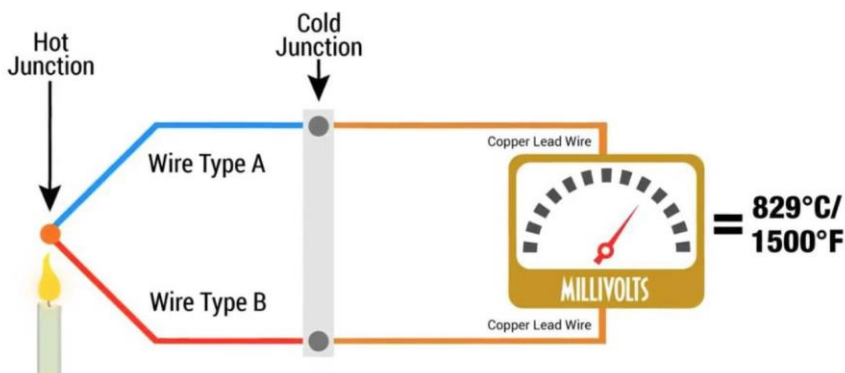


Gambar 3. 10. Differential pressure transmitter, mengukur perbedaan tekanan antar *inlet* dan *outlet*. Digunakan pada *orifice flow meter*.

(Sumber : Endress Hauser)

7. Sensor Suhu

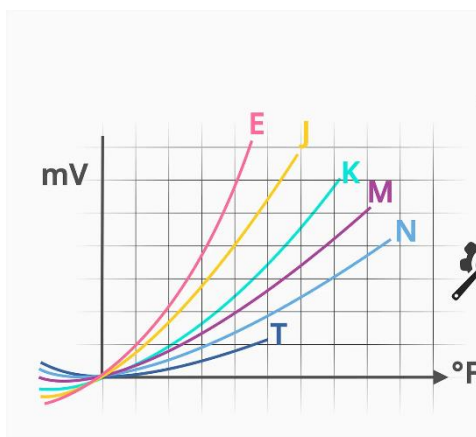
Sensor suhu disebut juga dengan *themocouple*. Termokopel adalah sensor yang mengukur suhu. Ini terdiri dari dua jenis logam berbeda, disatukan di salah satu ujungnya. Ketika sambungan dua logam dipanaskan atau didinginkan, tegangan tercipta yang dapat dikorelasikan kembali ke suhu. Termokopel adalah sensor suhu sederhana, kuat, dan hemat biaya yang digunakan dalam berbagai proses pengukuran suhu.



Gambar 3. 11. Prinsip kerja sensor suhu

(Sumber : *Omega Engineering, Inc.*)

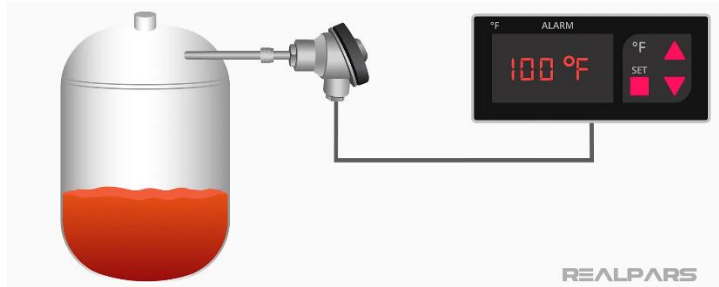
Termokopel tersedia dalam berbagai kombinasi logam atau kalibrasi. Yang paling umum adalah termokopel "Logam Dasar" yang dikenal sebagai Tipe J, K, T, E dan N. Ada juga kalibrasi suhu tinggi - juga dikenal sebagai termokopel Logam Mulia - Tipe R, S, C dan GB.



Gambar 3. 12. Kemampuan pengukuran terhadap suhu dan tegangan untuk masing - masing tipe

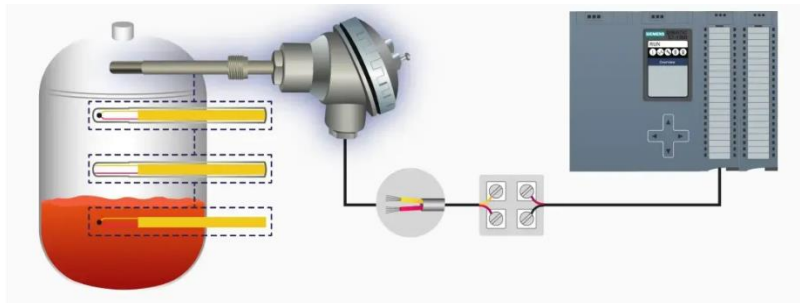
(<https://www.realpars.com/blog/thermocouple>)

Termokopel Tipe K dikenal sebagai termokopel serba guna karena biaya rendah dan kisaran suhunya banyak digunakan dalam aplikasi industri.



Gambar 3. 13. Aplikasi *thermocouple* menggunakan *digital thermostat*.

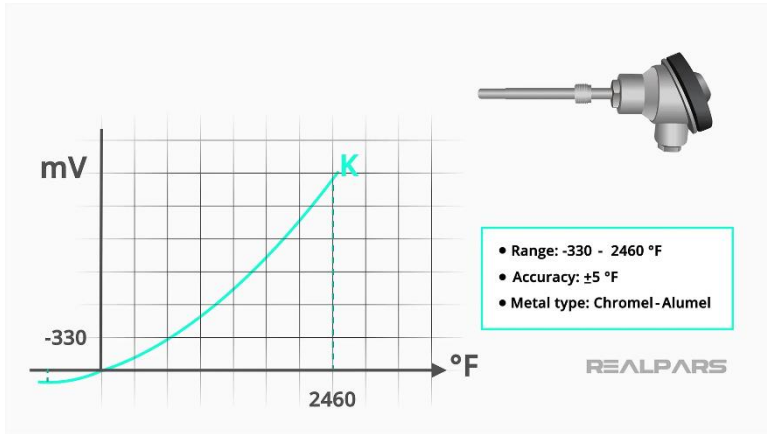
(<https://www.realpars.com/blog/thermocouple>)



Gambar 3. 14. Aplikasi *thermocouple* menggunakan *PLC*

Tipe termokopel antara lain:

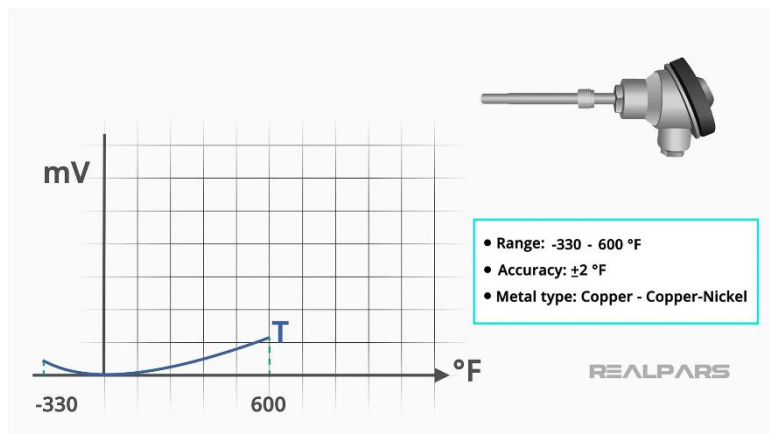
- 1) Tipe *K*, Termokopel Tipe-K terbuat dari kabel paduan Chromel dan Alumel. Dapat digunakan untuk mengukur suhu dari sekitar -330 °F hingga lebih dari +2460 °F. Kisaran suhu tersebut dapat mencakup berbagai aplikasi. Perlu mengingat bahwa keakuratan termokopel Tipe-K mungkin hanya sekitar plus atau minus 5 °F di seluruh rentang. Terkadang hal tersebut baik-baik saja, namun terkadang dibutuhkan lebih banyak ketelitian.



Gambar 3. 15. Kemampuan ukur sensor tipe K terhadap temperature

(<https://www.realpars.com/blog/thermocouple>)

- 2) Tipe T, Type ini memiliki kemampuan pembacaan hingga minus 330°F. Dapat digunakan untuk aplikasi kriogenik yang memerlukan akurasi lebih, namun tidak perlu mengkhawatirkan suhu tinggi. Termokopel Tipe-T terbuat dari kawat tembaga dan kawat Tembaga-Nikel. Termokopel Tipe-T biasanya akurat dalam satu atau dua derajat... sehingga membuatnya dua kali lebih akurat dari termokopel Tipe-K. Termokopel tipe-T biasanya dapat mengukur bahkan lebih rendah dari -330 °F tetapi batas atas kisaran biasanya hanya di atas 600 °F. Mereka lebih akurat tetapi memiliki rentang pengukuran yang lebih terbatas.



Gambar 3. 16. Kemampuan ukur sensor tipe K terhadap temperatur

(<https://www.realpars.com/blog/thermocouple>)

Berikut Tabel Jenis *Thermocouple* secara detail:

Tabel 3. 2. Type Termokopel beserta rentang ukur

Type	Application Range	Notes
B	1370-1700°C (2500-3100°F)	Tipe B direkomendasikan untuk digunakan pada suhu 1700 °C (3100 °F). Termokopel ini mudah terkontaminasi. Mengurangi atmosfer sangat merusak kalibrasi. Termokopel logam mulia harus selalu dilindungi dengan tabung keramik kedap gas, tabung sekunder alumina dan silikon karbida atau tabung luar logam sesuai kondisi.
C*	1650-2315°C (3000-4200°F)	Termokopel logam tahan api ini dapat digunakan pada suhu hingga 2315 °C (4200 °F). Karena tidak memiliki ketahanan terhadap oksidasi, penggunaannya dibatasi untuk vakum, hidrogen atau atmosfer <i>inert</i> .

<i>Type</i>	<i>Application Range</i>	<i>Notes</i>
E**	95-900°C (200-1650°F)	Termokopel Tipe E cocok untuk digunakan pada suhu hingga 900 °C (1650 °F) dalam ruang hampa, <i>inert</i> , sedikit pengoksidasi atau pereduksi atmosfer. Pada suhu kriogenik, termokopel tidak mengalami korosi. Termokopel ini memiliki keluaran <i>EMF</i> tertinggi per derajat dari semua termokopel yang umum digunakan.
J	95-760°C (200-1400°F)	Tipe J dapat digunakan, terbuka atau tidak terpapar, di mana ada kekurangan oksigen bebas. Untuk kebersihan dan umur yang lebih lama, disarankan menggunakan tabung pelindung. Karena kawat JP (besi) akan teroksidasi dengan cepat pada suhu di atas 540 °C (1000 °F), disarankan agar kabel pengukur yang lebih besar digunakan untuk mengimbangnya. Suhu pengoperasian maksimum yang direkomendasikan adalah 760 °C (1400 °F).
K**	95-1260°C (200-2300°F)	Karena keandalan dan akurasinya, Tipe K digunakan secara luas pada suhu hingga 1260 °C (2300 °F). Ini adalah praktik yang baik untuk melindungi termokopel jenis ini dengan tabung pelindung logam atau keramik yang sesuai, terutama dalam mengurangi atmosfer. Dalam atmosfer pengoksidasi, seperti tungku listrik, perlindungan tabung tidak selalu diperlukan bila kondisi lain sesuai; namun, dianjurkan untuk kebersihan dan perlindungan mekanis umum. Tipe K umumnya akan bertahan lebih lama dari Tipe J karena kawat JP (besi) cepat teroksidasi, terutama pada suhu yang lebih tinggi.
N	650-1260°C (1200-2300°F)	Paduan termokopel berbasis nikel ini digunakan terutama pada suhu tinggi hingga 1260 °C (2300 °F). Meskipun bukan pengganti langsung untuk Tipe K, Tipe N memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap oksidasi pada suhu tinggi dan masa pakai yang lebih lama dalam aplikasi yang mengandung belerang.

<i>Type</i>	<i>Application Range</i>	<i>Notes</i>
R	870-1450°C (1600-2640°F)	Suhu pengoperasian maksimum yang direkomendasikan untuk Tipe S atau R adalah 1450 °C (2640 °F); Termokopel ini mudah terkontaminasi. Mengurangi atmosfer sangat merusak kalibrasi. Termokopel logam mulia harus selalu dilindungi dengan tabung keramik kedap gas, tabung sekunder alumina dan silikon karbida atau tabung luar logam sesuai kondisi.
S	980-1450°C (1800-2640°F)	Suhu pengoperasian maksimum yang direkomendasikan untuk Tipe S atau R adalah 1450 °C (2640 °F); Termokopel ini mudah terkontaminasi. Mengurangi atmosfer sangat merusak kalibrasi. Termokopel logam mulia harus selalu dilindungi dengan tabung keramik kedap gas, tabung sekunder alumina dan silikon karbida atau tabung luar logam sesuai kondisi.
T**	-200-350°C (-330-660°F)	Termokopel ini dapat digunakan baik dalam atmosfer pengoksidaan atau pereduksi, meskipun untuk umur yang lebih lama, tabung pelindung direkomendasikan. Karena stabilitasnya pada suhu yang lebih rendah, ini adalah termokopel yang unggul untuk berbagai macam aplikasi pada suhu rendah dan kriogenik. Rentang pengoperasian yang direkomendasikan adalah— -200° hingga 350 °C (-330 ° hingga 660 °F), tetapi dapat digunakan hingga -269°C (-452°F) (helium mendidih).

(Sumber : <https://tempsens.co.id/>)

8. Gas Sensor

Dengan meningkatnya kesadaran akan masalah perlindungan dan keselamatan lingkungan, sensor gas telah menjadi alat yang sangat diperlukan di berbagai industri. Sensor gas digunakan untuk mendeteksi dan

mengukur konsentrasi berbagai gas di udara , yang penting untuk menjamin keselamatan dan mengendalikan polusi.



Gambar 3. 17. Gas sensor untuk *micro controller*

9. Sensor cahaya

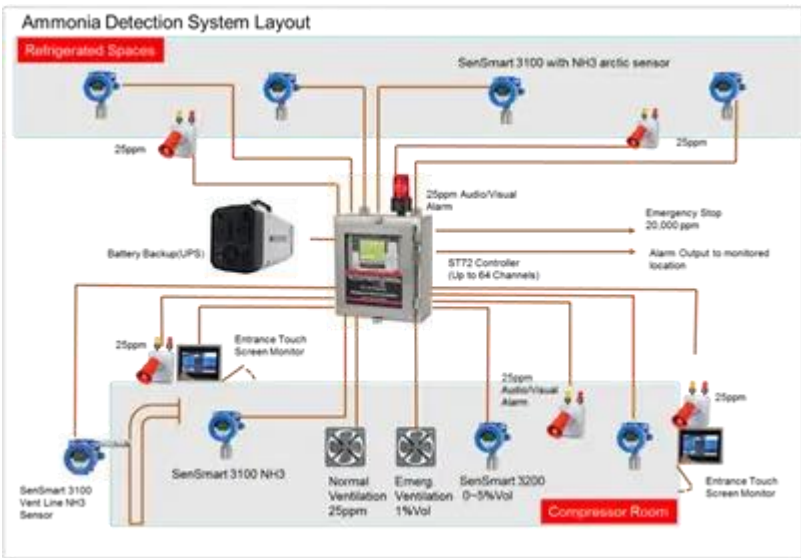
Sensor cahaya adalah perangkat fotolistrik yang mengubah energi cahaya (foton) yang terdeteksi menjadi energi listrik (elektron)



Gambar 3. 18. Sensor cahaya

(Sumber : Arduino)

Aplikasi gas sensor di dalam industri digunakan untuk mengamankan sistem pada industri terhadap kemungkinan terjadinya kebocoran gas yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja, kebakaran dll.

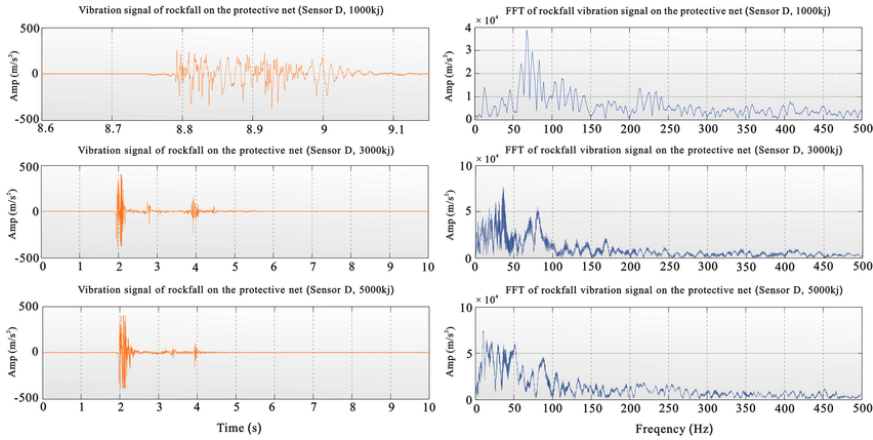


Gambar 3. 19. Aplikasi gas detektor untuk mendeteksi kebocoran gas amonia.

10. Sensor gerak/ sensor getaran

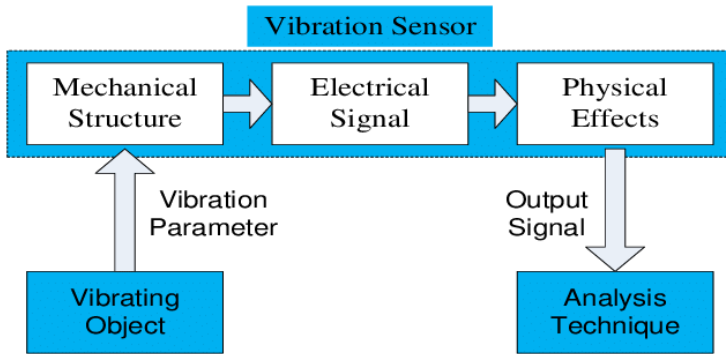
Sensor getaran adalah perangkat yang mengukur jumlah dan frekuensi getaran dalam sistem, mesin, atau peralatan tertentu. Pengukuran tersebut dapat digunakan untuk mendeteksi ketidakseimbangan atau masalah lain dalam aset dan memprediksi kerusakan pada masa depan.

Hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor getar dapat berupa grafik, grafik tersebut menggambarkan seberapa besar getara normal dan getaran tidak normal berdasarkan kecepatan, beban, dan frekuensi dari hasil pengukuran.



Gambar 3. 20. Gambaran dari hasil pengukuran getaran berupa grafik sebagai bahan analisis.

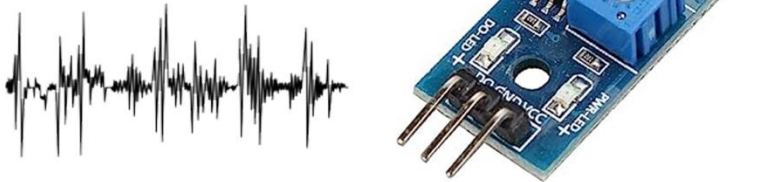
(Sumber : [Wubin Wang Southwest Jiaotong University](#))



Gambar 3. 21. Diagram alir masukan sensor getar hingga teknik analisis.

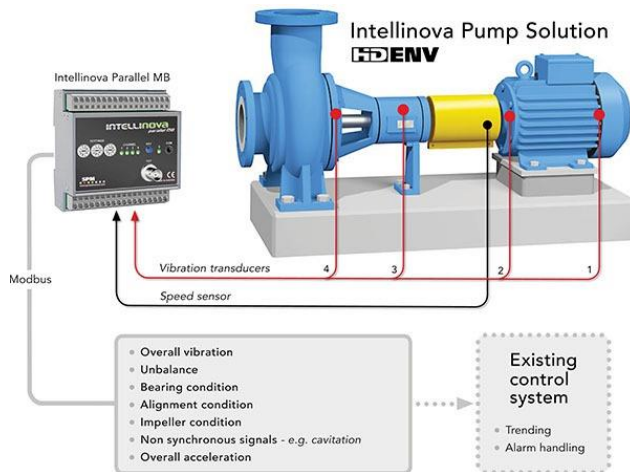
(Sumber : [Himanshu Chaurasiya, Amity University](#))

SW-420 Grove Sensor Vibration



Gambar 3. 22. Sensor getar untuk *micro controller*.

(Sumber : Arduino)



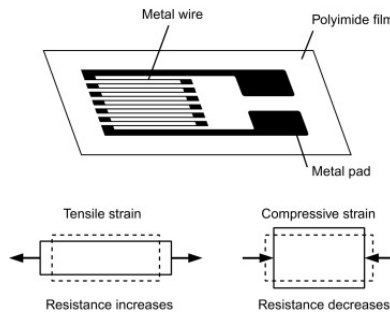
Gambar 3. 23. Sensor getar dipasang pada motor untuk mengetahui getaran yang ditimbulkan oleh mekanis dari mesin atau pompa sebagai salah satu bagian dari tindakan *preventive maintenance*.

(Sumber : <https://www.efficientplantmag.com/2016/12/best-practices-2016-vibration-monitoring-spm-instrument-inc/>)

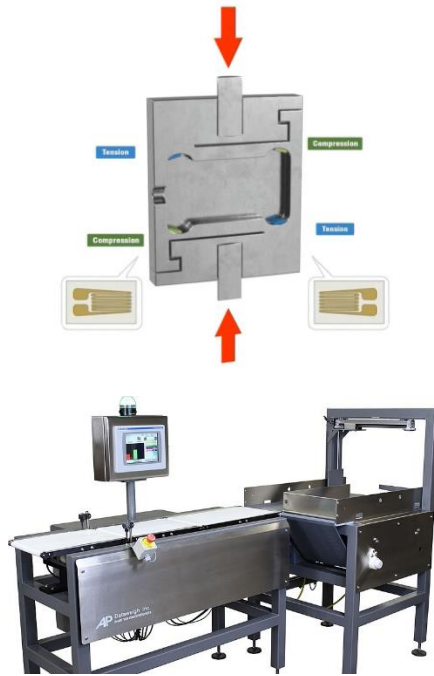
11. Sensor Berat

Sensor berat atau *load sensor* menurut definisinya, sensor berat adalah sejenis transduser, khususnya transduser berat. Ini mengubah gaya mekanis masukan seperti beban, berat, tegangan, kompresi, atau tekanan menjadi variabel fisik lainnya, dalam hal ini, menjadi sinyal keluaran listrik yang dapat diukur, diubah, dan distandarisasi. Ketika gaya yang diterapkan pada sensor meningkat, sinyal listrik berubah secara proporsional.

Transduser Berat menjadi elemen penting di banyak industri mulai dari Otomotif, Manufaktur presisi tinggi, Dirgantara & Pertahanan, Otomasi Industri, Medis & Farmasi, dan Robotika di mana pengukuran yang andal dan presisi tinggi adalah yang terpenting. Baru-baru ini, dengan kemajuan dalam Robot Kolaboratif (Cobots) dan Robot Bedah, banyak aplikasi pengukuran berat badan baru yang bermunculan.



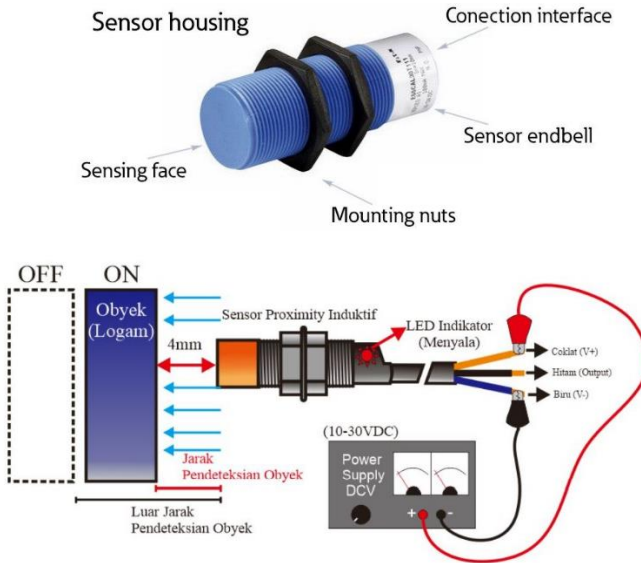
Gambar 3. 24. Ilustrasi sensor beban dengan membaca masukan tarik dan tekan



Gambar 3. 25. Mesin *check weigher*

12. Sensor Jarak (*Proximity*)

Sensor *proximity* adalah alat atau perangkat yang dapat mendeteksi perubahan jarak pada suatu benda. Namun proses tersebut terjadi dengan tanpa adanya kontak fisik. sensor jarak di Indonesia juga *familiar* dengan istilah sensor jarak. Dalam prosesnya, sensor jarak memakai pengantar radiasi elektromagnetik. Inilah yang membuat perangkat bisa mendeteksi keberadaan benda atau kondisinya meskipun tanpa ada kontak fisik.



Gambar 3. 26. Sistem kelistrikan sensor jarak

(<https://atstekno.com>)

Untuk melakukan deteksi pergerakan objek di sekitarnya, ternyata sensor jarak memanfaatkan adanya radiasi elektromagnetik (medan elektromagnetik). Di mana sensor jarak tersebut juga mengatur interval nominal agar bisa melaporkan objek yang terdeteksi.

Jadi, saat terdapat benda atau objek mendekati sensor maka akan tercipta sebuah sinyal. Benda atau objek tersebut bisa bersifat logam maupun non logam. Lalu kemudian *signal* tersebut akan dihubungkan dengan berbagai sistem otomatisasi.

Sensor jarak terdiri dari *device* elektronik solid *state* yang tampilannya dalam kondisi terbungkus. Dengan keadaan terbungkus, maka akan melindungi perangkat tersebut dari getaran, korosif, ataupun cairan dan kimiawi yang berlebihan.

Dalam proses kerjanya, sensor gerak ini dapat diandalkan. Selain nilai akuratnya yang tinggi, sensor tersebut juga dapat digunakan untuk mendeteksi benda-benda yang sangat kecil sekalipun.



Gambar 3. 27. Sensor Proximity

(<https://atstekno.com>)

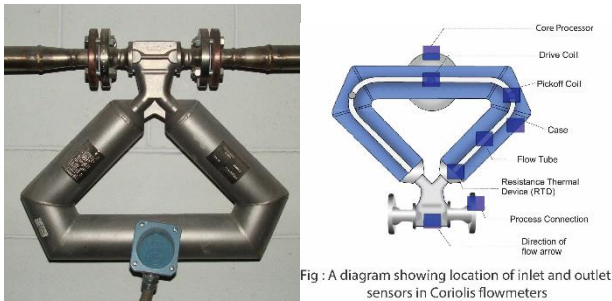
13. Flow Sensor (sensor aliran)

Flow sensor adalah komponen yang mengukur aliran fluida seperti gas atau cairan. Sensor aliran menggunakan subsistem mekanis dan elektrik untuk mengukur perubahan atribut fisik fluida dan menghitung alirannya. Aliran adalah pengukuran kecepatan fluida per satuan luas dalam pipa atau saluran. Dengan menggunakan *flow* sensor, kita dapat mengukur jumlah gas, cairan, atau uap. *Flow* sensor terdiri dari sensor (*transducer*) dan juga *transmitter* (pemancar).

Metode Pengukuran Aliran :

Metode langsung, pada jenis pengukuran aliran ini, kuantitas yang akan diukur akan dibandingkan dengan nilai standar. Jadi, kita benar-benar mengukur kuantitas yang akan diukur, sebagian besar dalam pengukuran ini kita mengukur massa fluida.

Jenis pengukuran aliran langsung antara lain ; Sensor aliran turbin, sensor coriolis



Gambar 3. 28. Sensor aliran jenis Coriolis

(Sumber : Emerson)

Metode tidak langsung, jenis ini adalah metode pengukuran aliran yang paling umum karena dalam banyak kasus, pengukuran aliran secara langsung tidak memungkinkan. Jadi metode tidak langsung sebagian besar digunakan dalam metode ini sensor akan mengukur aliran fluida secara tidak langsung seperti mentransmisikan gelombang suara melalui aliran fluida. Jenis pengukuran aliran fluida tidak langsung antara lain:

- 1) *Differential Pressure Flow Meter*
- 2) *Magneto inductive*
- 3) *Vortices frequency*
- 4) *Ultrasonic flow meter*
- 5) *Venturi meter*
- 6) *Orifice plate Pitot tube*
- 7) *Annubar*
- 8) *Flow nozzle*
- 9) *Thermal mass flow meter*
- Positive displacement flow meter*

14. Humidity Sensor (sensor kelembaban)

Sensor kelembaban adalah perangkat yang merasakan, mengukur, dan melaporkan kelembaban relatif (RH) udara atau menentukan jumlah uap air yang ada dalam campuran gas (udara) atau gas murni.

Menurut KEPMENKES RI No.1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, bahwa suhu dan kelembaban yang memenuhi syarat lingkungan kerja industri berada pada suhu antara 18 oC-30oC dan kelembaban 65% - 95%.

Sejalan dengan peraturan di atas maka dalam industri harus memenuhi kriteria tersebut dengan memasang sensor kelembaban udara untuk mengatur kelembaban udara di area kerja.

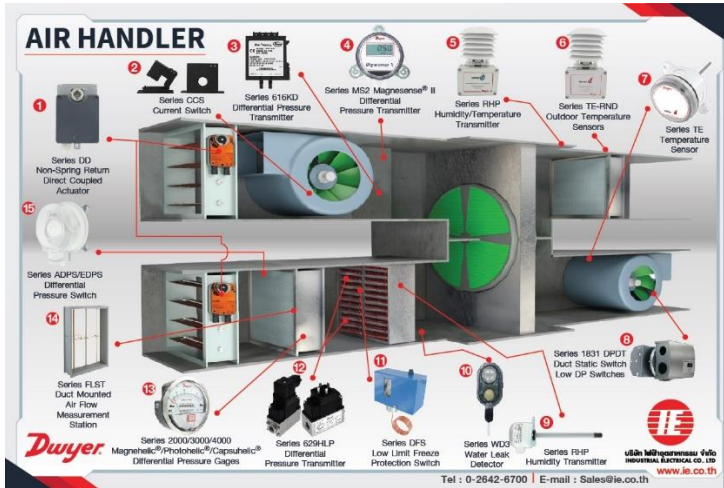


Gambar 3. 29. Sesor kelembaban udara.

(Sumber : Microthing)

Dalam aplikasinya sensor ini dihubungkan dengan alat pengkondisian udara berupa *AHU (Air Humidifien Unit)*.

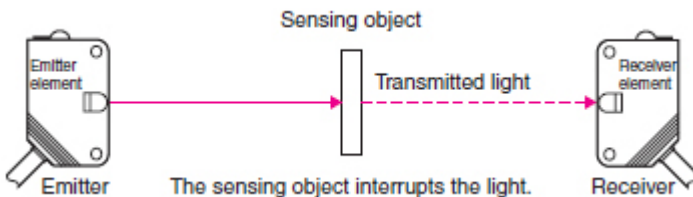
Alat pengkondisian udara antar ain sbb:



Gambar 3. 30. AHU (air humidifier unit)

(Sumber : Dwyer)

15. Photoelectric Sensor



Gambar 3. 31. Photoelectric Sensor

3.3 Aktuator (*actuator*)

Aktuator adalah Aktuator adalah perangkat yang menciptakan jenis gerakan, biasanya linier atau berputar. Untuk membuat Aktuator dapat beroperasi diperlukan sumber energi masukan, biasanya berupa fluida listrik atau hidrolik, namun dapat juga berupa pneumatik yang menggunakan udara bertekanan. Gerak

keluarannya dilakukan dalam bentuk putaran poros atau batang yang memanjang atau memendek, yang sekali dihubungkan dengan sesuatu dapat membuat sesuatu bergerak maju mundur berulang kali sebanyak yang diinginkan, tanpa memerlukan campur tangan manusia.

Oleh karena itu, aktuator pada prinsipnya dapat digambarkan sebagai perangkat yang mengubah energi menjadi gerak. Aktuator digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari robotika dan otomasi industri hingga transportasi dan ruang angkasa. Mereka digunakan untuk mengontrol dan menggerakkan sistem mekanis dan dapat diklasifikasikan ke dalam jenis yang berbeda tergantung pada jenis energi yang diubahnya, seperti aktuator listrik, pneumatik, atau hidrolik

Selain itu, ada berbagai jenis aktuator berdasarkan teknologi yang digunakannya seperti:

1. Aktuator Listrik Ini digerakkan oleh listrik dan selanjutnya dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis motor listrik yang digunakan seperti motor *DC*, motor *stepper*, dan motor *AC*.
2. Aktuator Pneumatik: Ini didukung oleh udara terkompresi dan biasanya digunakan dalam otomasi industri dan aplikasi robotika.
3. Aktuator Hidraulik: Ini ditenagai oleh tekanan fluida dan biasanya digunakan dalam aplikasi industri tugas berat seperti peralatan konstruksi dan mesin berat.



Gambar 3. 32. Electric Actuator

(Sumber : <https://www.firgelliauto.com/en-id/pages/actuators>)

3.3.1 Jenis aktuator

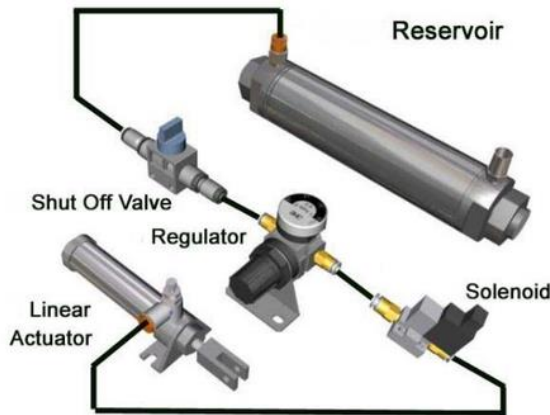
1. Aktuator solenoida

Solenoida bekerja seperti *relay*; mereka mengambil arus listrik dan menciptakan medan elektromagnetik. Gaya magnet itulah yang kemudian membuat sebuah batang bergerak masuk dan keluar. Biasanya, makin tinggi medan magnet yang disuplai ke aktuator *solenoid*, makin besar gaya yang dihasilkannya, dan sebaliknya. Ini adalah aktuator tipe hidup/mati yang sangat sederhana, yang berarti sangat sedikit pilihan kontrol. Misalnya, aktuator *solenoid* tidak memiliki kendali nyata atas kecepatan atau gaya, dan juga panjang langkah yang sangat terbatas

Aplikasi aktuator ini dapat ditemukan pada *solenoid valve*

2. Aktuator Pneumatic

Aktuator jenis ini menggunakan gas atau udara bertekanan dalam silinder yang dibuat oleh pompa bertekanan tinggi untuk menggerakkan piston guna menciptakan gerakan linier. Seperti halnya aktuator hidrolik, desain aktuator linier pneumatik telah ada sejak lama. Kompresor udara digunakan untuk memberi tekanan pada udara atau gas *inert* di dalam tangki, dan udara bertekanan tinggi digunakan untuk membuat piston aktuator masuk dan keluar. Setelah piston di dalam aktuator mencapai akhir perjalanannya, sakelar katup kemudian digerakkan untuk membuka katup ke ujung aktuator yang lain di mana lagi-lagi udara bertekanan tinggi kemudian mendorong piston di dalam aktuator ke arah lain.

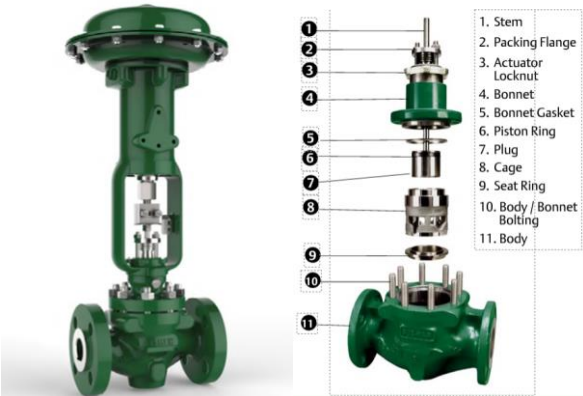


Gambar 3. 33. Sistem pneumatik

Keuntungan menggunakan pneumatik adalah:

- Kecepatan tinggi dimungkinkan dan dikendalikan oleh katup tekanan dan kapasitas volumetrik sistem.
- Kekuatan yang cukup tinggi dapat dicapai.

- Sedikit suara yang dikeluarkan selain dari pompa yang memberi tekanan pada tangki.
- Pukulan yang sangat panjang mungkin terjadi.
- Keandalan dan daya tahan siklus yang sangat tinggi.
- Aktuator bisa berukuran sangat kecil dan kompak karena konstruksinya cukup sederhana.



Direct-Acting Actuator

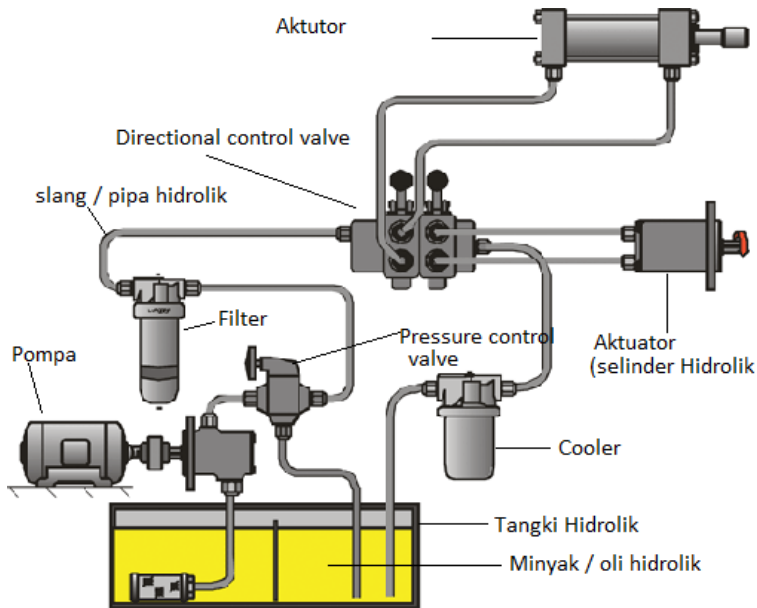
Gambar 3. 34. Aktuator Pneumatic

Kerugian dari pneumatik adalah:

- Diperlukan peralatan tambahan seperti tangki dan kompresor bertekanan tinggi.
- Seluruh sistem tidak boleh bocor jika sistem gagal.
- Udara merupakan gas yang dapat di-kompresi, artinya pada saat aktuator pneumatik digerakkan dengan gaya yang besar selalu terjadi jeda karena gas/udara secara alami akan terkompresi terlebih dahulu sebelum menggerakkan piston dalam aktuator. Artinya akan terjadi lagi pada sistem. Aktuator hidrolik tidak memiliki masalah ini.

3. Aktuator Hidrolik

Aktuator hydraulik merupakan energi tekanan dari pompa hydraulic yang menghasilkan tekanan dan menggerakkan aktuator yang dapat menghasilkan energi gerak, energi gerak hidrolik dapat berupa gerak translasi maju - mundur yang dihasilkan oleh *hydraulic cylinder* dan gerak rotasi yang dihasilkan oleh *motor hydraulic*.

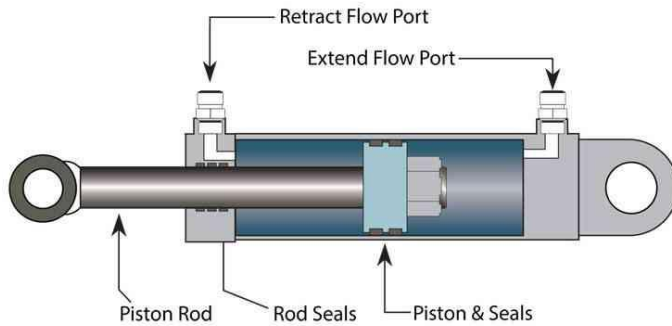


Gambar 3. 35. Sistem hidrolik

(Sumber : <https://arparts.id/>)

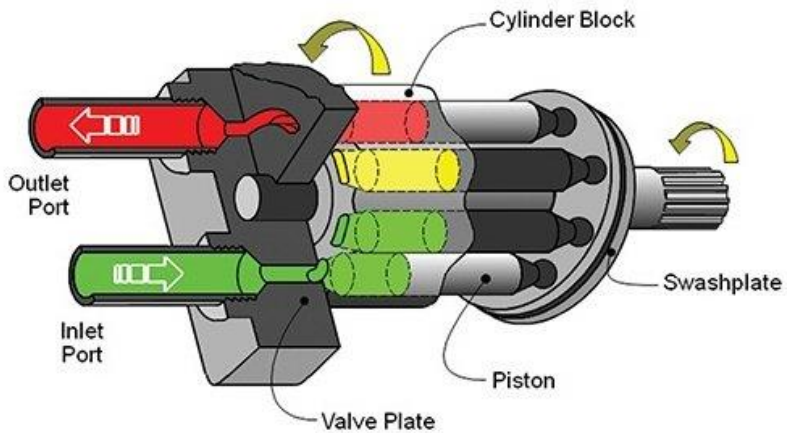
Secara umum, *hydraulic system* atau sistem hidrolik merupakan suatu komponen penggerak yang mengacu pada fluida hidrolik, fluida umumnya berupa *liquid* yakni *oil*. Pertama, fluida diubah dahulu pada pompa hidrolik untuk menghasilkan tekanan pada mesin hidrolik, secara sederhana hidrolik sistem merupakan sebuah rangkaian komponen yang bekerja dengan menggunakan fluida yang bersifat *liquid* (cair).

Dalam menentukan kemampuan dorong sebuah piston hidrolik adanya hubungan antara luas, tekanan, dan gaya ($F = P \times A$), memodifikasi gaya sistem hidrolik semudah mengubah ukuran komponennya.



Gambar 3. 36. *Piston hydraulic/hydraulic cylinder* sebagai penghasil energi gerak sebagai actuator

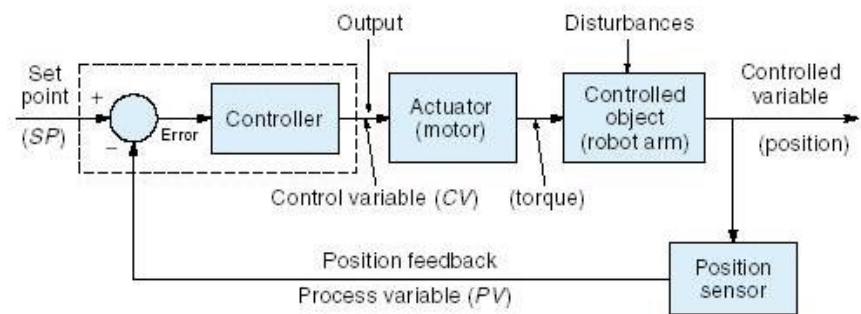
(Sumber : *Mobile hydraulic tips*)



Gambar 3. 37. Motor Hidrolik dihasilkan dari tekanan oli dari pompa oli sehingga menghasilkan energi gerak putar

Aktuator hidrolik digunakan untuk daya yang sangat besar yang memerlukan gerak yang perlahan dan dapat dioperasikan pada kondisi ekstrik dengan suhu tinggi,

suhu rendah, debu dll, yang lokasi penempatan tidak memungkinkan digunakan aktuator dengan jenis lain



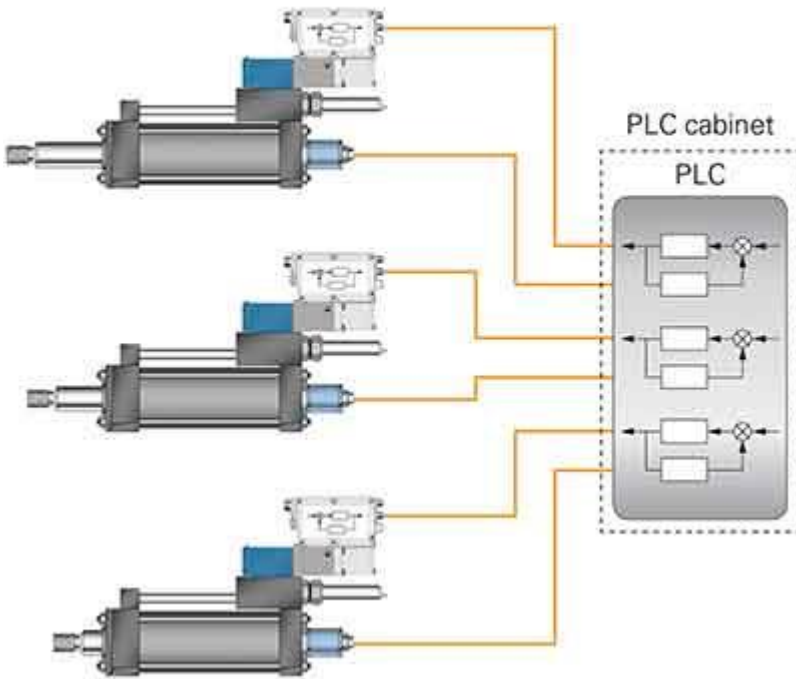
Gambar 3. 38. Proses kontrol gerak



Gambar 3. 39. Aplikasi sistem hidrolik pada mesin *press*

(Sumber : <https://yorkpmh.com/industries>)

Centralized Control



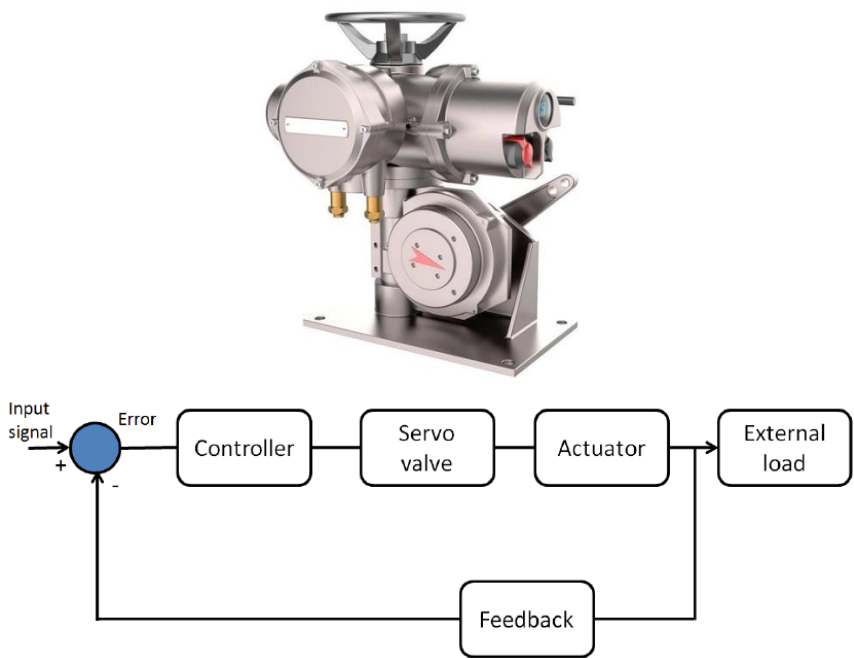
Gambar 3. 40. Sistem 1 kontrol dengan beberapa actuator silinder

(Sumber : <https://www.fluidpowerworld.com/>)

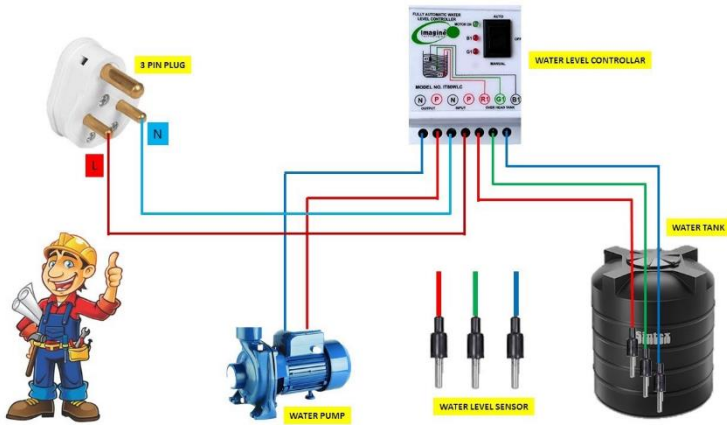
4. Aktuator Motorik

Akuator motorik digerakkan oleh energi listrik, dikontrol melalui pengendali. Pada dasarnya seluruh aktuator pada sebuah mesin selalu digerakkan oleh motor listrik sebagai penggerak utama antara lain. Pompa digerakkan oleh motor listrik, hidrolik digerakkan oleh pompa bertenaga listrik, *pneumatic* digerakkan oleh kompresor udara berpengerak listrik, *solenoid valve* dihasilkan oleh medan magnet yang didirikan energi

listrik, *conveyor* digerakkan oleh motor listrik, pompa digerakkan oleh motor listrik , kompresor udara digerakkan oleh motor listrik, dan masih banyak lagi.



Gambar 3. 41. Aplikasi aktuator motorik untuk *valve* dengan menggunakan motor *servo*



Gambar 3. 42. Sistem kendali pompa otomatis dengan sensor level dan pompa sebagai aktuator

(Sumber : Indotech Elekcricral)

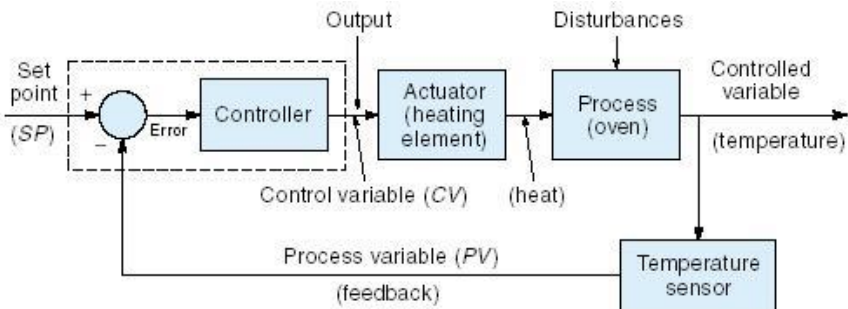
3.3.2 Element Heater sebagai aktuator non gerak

Element heater atau disebut juga dengan *immersion heater*, prinsip kerja *immersion heater* adalah sebuah gulungan atau bentangan kawat filamen yang diberikan arus listrik akan menghasilkan panas.

Aplikasi *immersion heater* di industri digunakan untuk memanaskan oli, air, minyak, serta bahan baku lainnya.

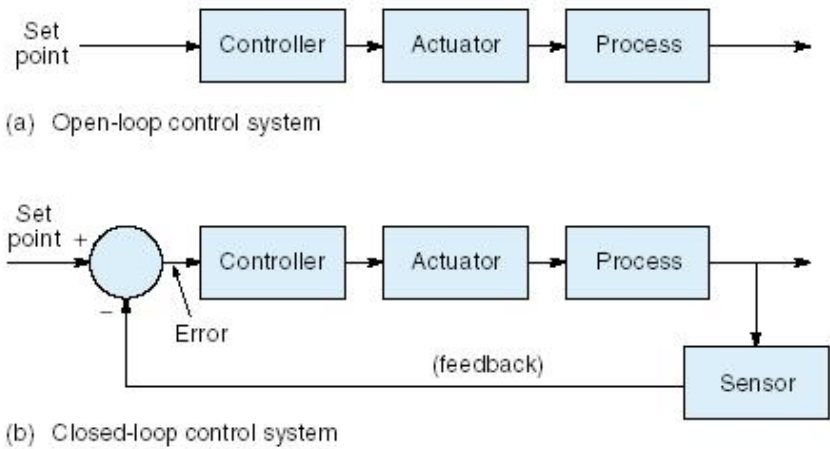


Gambar 3. 43. Element heater



Gambar 3. 44. Proses control heating system

Aktuator secara fungsi dapat diaplikasi dalam sebuah kontrol terbuka (*open loop*) dan kontrol tertutup (*close loop*)



Gambar 3. 45. Sistem kontrol terbuka (a) dan zistem kontrol tertutup (b)

3.4 Penutup

Pada era industri 4.0 saat ini perkembangan teknologi permesinan yang menempatkan otomasi sebagai sistem kontrol sebagai kebutuhan pokok yang dapat meningkatkan efisiensi, efektivitas, produktivitas dan keselamatan kerja saat ini penggunaan Sensor dan aktuator adalah kebutuhan dan suatu keharusan. Hal ini didasarkan atas kebutuhan mesin yang makin kompleks untuk menjaga efisiensi konsumsi energi dan material, meningkatkan produktivitas tenaga kerja secara sesuai standar kerja, meningkatkan dan menjamin kualitas hasil pekerjaan atau produk yang dihasilkan dan menjamin keselamatan pekerja bagi pengguna serta meminimalisir dampak lingkungan yang dapat terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrew Parr MSc., C. M. (2006). *Hydraulics and Pneumatics, A technician's and engineer's guide, Second edition .* , Burlington, MA 01803, USA: Butterworth-Heinemann.
- Arduino. (2024, March 14). *www.arduino.cc*. Retrieved from *www.arduino.cc: www.arduino.cc*
- Dr. Muhammad Yusro, M. (2019). *Sensor dan Transduser (Teori dan Aplikasi)*. Jakarta: UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA.
- Dunn, W. C. (2026). *Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control*. Norwood, MA 02062: British Library Cataloguing in Publication Data.
- Falcon, J. S. (2005). *Sensors and Actuators*. Boca Raton London New York Washington, D.C: CRC PRESS.
- FESTO. (2022). *Learning System for Automation and Technology, Pneumatics , Workbook Basic Level* . Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co.
- <https://id.top-heaterchina.com>. (2024, March 15). <https://id.top-heaterchina.com/immersion-heating-element/immersion-heater-heating-element/>. Retrieved from <https://id.top-heaterchina.com/immersion-heating-element/immersion-heater-heating-element/>: <https://id.top-heaterchina.com/immersion-heating-element/immersion-heater-heating-element/>
- <https://www.watlow.com>. (2024, March 14). <https://www.watlow.com/resources-and-support/engineering-tools/reference-data/thermocouple-types>. Retrieved from <https://www.watlow.com/resources-and-support/engineering-tools/reference-data/thermocouple-types>: <https://www.watlow.com/resources-and-support/engineering-tools/reference-data/thermocouple-types>
- Hydraulic System, Operation and Trouble Shooting for Engineer & Technician*. (2005). Elsevier Science & Technology Books.

- Kutz, M. (2006). *Mechanical Engineers' Handbook, Third Edition, Instrumentation, Systems, Controls, and MEMS*. Hoboken, New Jersey.: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Mortenson, T. (2024, March 15).
<https://www.realpars.com/courses/temperature-transmitter>.
Retrieved from
<https://www.realpars.com/courses/temperature-transmitter>:
<https://www.realpars.com/courses/temperature-transmitter>
- OMRON. (2024, March 15). <https://www.ia.omron.com>. Retrieved from
<https://www.ia.omron.com>:
<https://www.ia.omron.com/support/guide/5.html>
- Rusdianto, F. (2017). *MODUL DASAR HIDROLIK DAN PNEUMATIK, Untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: , Direktorat Pembinaan SMK.
- Schneider. (2024, March 23). Humidity and Temperature sensor.
- SPA, P. (n.d.). *MODERN PNEUMATICS*. Italy: Pneumax SPA.
- Sularso, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- WWW.KANTHAL.COM. (2024, March 15). *WWW.KANTHAL.COMS*. Retrieved from WWW.KANTHAL.COM: WWW.KANTHAL.COM

BAB 4

SISTEM PEMEROSAN DATA

Oleh Mustopa Kamal

4.1 Pendahuluan

Industri permesinan, yang selama ini telah menjadi tulang punggung dalam berbagai sektor produksi, kini tengah mengalami transformasi yang signifikan di era digital ini. Seiring dengan kemajuan teknologi, terutama dalam hal sistem pemrosesan data dan Internet of Things (IoT), industri permesinan telah melangkah maju ke arah yang lebih efisien, produktif, dan terkoneksi.

Dalam konteks ini, sistem pemrosesan data memegang peran sentral dalam mengelola dan menganalisis informasi yang dihasilkan oleh mesin dan proses produksi. Data-data ini tidak hanya menjadi sekadar kumpulan angka, tetapi juga menjadi bahan bakar untuk pengambilan keputusan yang cerdas, perawatan prediktif, dan peningkatan keseluruhan efisiensi operasional.

Tidak ketinggalan, kehadiran Internet of Things (IoT) telah mengubah lanskap industri permesinan secara fundamental. Dengan memperbolehkan perangkat-perangkat di dalam lingkungan pabrik untuk saling terhubung dan berkomunikasi, IoT memberikan kemampuan untuk memonitor, mengontrol, dan mengoptimalkan berbagai aspek produksi secara real-time. Hal ini membuka pintu bagi adopsi teknologi-teknologi canggih seperti automasi, machine learning, dan artificial intelligence (AI) di dalam industri permesinan.

Namun demikian, di balik kemajuan teknologi yang pesat, tantangan-tantangan pun muncul. Bagaimana kita memastikan keamanan data dalam lingkungan yang semakin terhubung ini. Bagaimana cara mengintegrasikan teknologi-teknologi baru ini ke dalam infrastruktur yang sudah ada. Dalam buku ini, kita akan menjelajahi bagaimana industri permesinan telah bertransformasi dalam era digital, pentingnya sistem pemrosesan data dan IoT dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan yang berharga dan menginspirasi pembaca untuk terlibat lebih jauh dalam revolusi industri yang sedang berlangsung.

4.2 Definisi Sistem Pemrosesan Data

Sistem Pemrosesan Data merupakan infrastruktur yang memungkinkan organisasi untuk mengelola, menganalisis, dan mengolah data untuk mendapatkan wawasan yang berharga (Samsugi, Mardiyansyah and Nurkholis, 2020). Di tengah lautan informasi yang terus berkembang, Sistem Pemrosesan Data menjadi kunci untuk mengubah data mentah menjadi pengetahuan yang dapat digunakan untuk pengambilan keputusan yang cerdas. Dalam industri permesinan, di mana pengumpulan dan analisis data menjadi semakin krusial, Sistem Pemrosesan Data menjadi fondasi yang tak tergantikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan mengoptimalkan kinerja sistem. Komponen Utama dalam Sistem Pemrosesan.

4.2.1 Peranan Sistem Pemrosesan Data

Sistem pemrosesan data memainkan peran yang sangat penting dalam otomatisasi permesinan. Menurut (Khalifa and Prawioredjo, 2022) Berikut adalah beberapa peran utama sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan:

1. Pengumpulan dan Pengolahan Data.

Sistem pemrosesan data bertanggung jawab dalam mengumpulkan data dari berbagai sensor dan perangkat masukan yang terhubung ke mesin-mesin dan proses produksi. Data ini kemudian diolah, difilter, dan dianalisis untuk memberikan informasi yang berguna dalam pengambilan keputusan dan kontrol proses.

2. Kontrol dan Pengaturan Proses.

Berdasarkan data yang diolah, sistem pemrosesan data memberikan perintah dan sinyal kontrol kepada aktuator, motor, katup, dan perangkat keluaran lainnya untuk mengatur dan mengendalikan proses permesinan secara otomatis. Ini meliputi pengaturan gerakan mesin, penyesuaian parameter operasi, dan pengendalian aliran bahan.

3. Pemantauan dan Pengawasan.

Sistem pemrosesan data memantau kondisi dan kinerja mesin-mesin secara real-time. Ini memungkinkan deteksi dini terhadap anomali, gangguan, atau kondisi operasi yang tidak normal, sehingga tindakan korektif dapat diambil dengan cepat untuk memastikan kualitas dan keamanan produksi.

4. Optimalisasi dan Penyesuaian.

Dengan menganalisis data historis dan pola kinerja, sistem pemrosesan data dapat mengoptimalkan parameter operasi dan menyesuaikan proses permesinan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan kualitas produk.

5. Integrasi dan Koordinasi.

Sistem pemrosesan data berperan dalam mengintegrasikan dan mengkoordinasikan berbagai komponen dalam sistem otomatisasi permesinan, seperti mesin-mesin, sistem pemindahan material, dan sistem kontrol lainnya. Hal ini memungkinkan operasi yang terpadu dan terkoordinasi dengan baik.

6. Pelaporan dan Pencatatan Data.

Sistem pemrosesan data mencatat data proses, parameter operasi, dan informasi lainnya yang relevan untuk tujuan pelaporan, analisis lebih lanjut, dan audit kualitas. Informasi ini dapat digunakan untuk meningkatkan operasi di masa mendatang.

4.2.2 Manfaat sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan

Sistem pemrosesan data memberikan banyak manfaat dalam otomatisasi permesinan. Manfaat-manfaat ini berkontribusi terhadap peningkatan daya saing, efisiensi biaya, dan keuntungan keseluruhan bagi perusahaan yang menerapkan sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan. Menurut (Mario, Lapanporo and Muliadi, 2018) Berikut adalah penjelasan rinci tentang manfaat-manfaat tersebut

1. Peningkatan efisiensi dan produktivitas.

Sistem pemrosesan data memungkinkan otomatisasi proses, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan mengurangi keterlibatan manusia dan waktu henti mesin.

2. Konsistensi dan kualitas produk.

Dengan kontrol proses yang akurat dan konsisten, sistem pemrosesan data membantu menjaga kualitas produk yang seragam dan mengurangi cacat produksi.

3. Pengambilan keputusan yang lebih baik.

Analisis data yang dikumpulkan oleh sistem pemrosesan data memberikan informasi berharga untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam optimalisasi proses dan peningkatan kualitas.

4. Pemantauan dan deteksi dini masalah.

Kemampuan pemantauan real-time sistem pemrosesan data memungkinkan deteksi dini terhadap masalah atau kondisi yang tidak normal, sehingga tindakan korektif dapat diambil dengan cepat.

5. Peningkatan keselamatan dan keamanan.

Dengan mengurangi keterlibatan manusia dalam proses berbahaya atau berisiko tinggi, sistem pemrosesan data dapat meningkatkan keselamatan dan keamanan lingkungan kerja.

4.2.3 Tantangan sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan

Meskipun sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan memberikan banyak manfaat, namun terdapat beberapa tantangan yang harus dihadapi dalam implementasi dan pengoperasiannya. Menurut (Musrinaldi and Desriyeni, 2019) Berikut adalah penjelasan rinci tentang tantangan-tantangan tersebut

1. Kompleksitas system.

Sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan dapat menjadi sangat kompleks, melibatkan banyak komponen dan integrasi yang rumit, sehingga membutuhkan keahlian dan perawatan yang ekstensif.

2. Biaya investasi awal yang tinggi.

Implementasi sistem pemrosesan data dan otomatisasi permesinan memerlukan investasi awal yang signifikan untuk perangkat keras, perangkat lunak, dan integrasi sistem.

3. Kebutuhan pelatihan tenaga kerja.

Operator dan teknisi membutuhkan pelatihan khusus untuk mengoperasikan dan memelihara sistem pemrosesan data dan sistem otomatisasi permesinan yang kompleks.

4. Masalah keandalan dan keamanan data.

Keandalan dan keamanan data yang dikumpulkan dan diproses oleh sistem pemrosesan data sangat penting untuk memastikan operasi yang lancar dan pengambilan keputusan yang tepat.

5. Adaptasi terhadap perubahan teknologi.

Teknologi sistem pemrosesan data dan otomatisasi permesinan terus berkembang, sehingga membutuhkan adaptasi dan pembaruan sistem secara berkala untuk tetap kompetitif.

4.3 Komponen Sistem Pemrosesan Data

Sistem pemrosesan data dalam otomatisasi permesinan terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Menurut (Muslim *et al.*, 2020) Berikut adalah uraian tentang komponen-komponen utama dalam sistem pemrosesan data:

4.3.1 Sensor dan Peralatan Masukan.

Sensor dan peralatan masukan merupakan komponen penting dalam sistem pemrosesan data untuk otomatisasi permesinan. Mereka berfungsi untuk mengumpulkan data dari lingkungan dan kondisi operasi mesin, serta informasi yang relevan dengan proses produksi. Jenis-jenis Sensor yang digunakan antara lain seperti sensor posisi, sensor suhu, sensor tekanan, sensor kecepatan, dan sensor lainnya digunakan untuk mengumpulkan data dari lingkungan dan kondisi operasi mesin. Peralatan masukan lainnya seperti pemindai kode batang, kamera, atau pengidentifikasi RFID juga dapat digunakan untuk mengumpulkan informasi yang relevan dengan proses produksi. Menurut (Khalifa and Prawiroredjo, 2022) Berikut adalah penjelasan lebih rinci:

1. Sensor Posisi

Sensor posisi digunakan untuk mendeteksi dan melacak posisi atau perpindahan komponen mesin, alat, atau benda kerja. Jenis sensor posisi yang umum digunakan antara lain sensor proximity, sensor encoder, dan sensor linear. Informasi posisi ini penting untuk mengontrol gerakan dan positioning dalam operasi permesinan.



Gambar 4. 1. Sensor Posisi

Sumber; www.lazada.co.id

2. Sensor Suhu

Sensor suhu, seperti termokopel, RTD (Resistance Temperature Detector), atau termistor, digunakan untuk mengukur dan memantau suhu pada komponen mesin, alat, atau benda kerja. Informasi suhu penting untuk memastikan kondisi operasi yang aman dan menghindari kerusakan akibat panas berlebih.



Gambar 4. 2. Sensor Suhu

Sumber: teknikelektronika.com

3. Sensor Tekanan

Sensor tekanan, seperti sensor tekanan piezoresistif atau sensor tekanan kapasitif, digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau cairan) dalam sistem hidrolik atau pneumatik yang terhubung ke mesin. Informasi tekanan diperlukan untuk mengontrol aktuator dan memastikan operasi yang tepat.



Gambar 4. 3. Sensor Tekanan

Sumber;: es.silverinstruments.com

4. Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan, seperti sensor kecepatan rotasi atau sensor kecepatan linear, digunakan untuk mengukur kecepatan putaran atau perpindahan komponen mesin atau benda kerja. Informasi ini penting untuk mengontrol dan menjaga kecepatan operasi yang diinginkan.

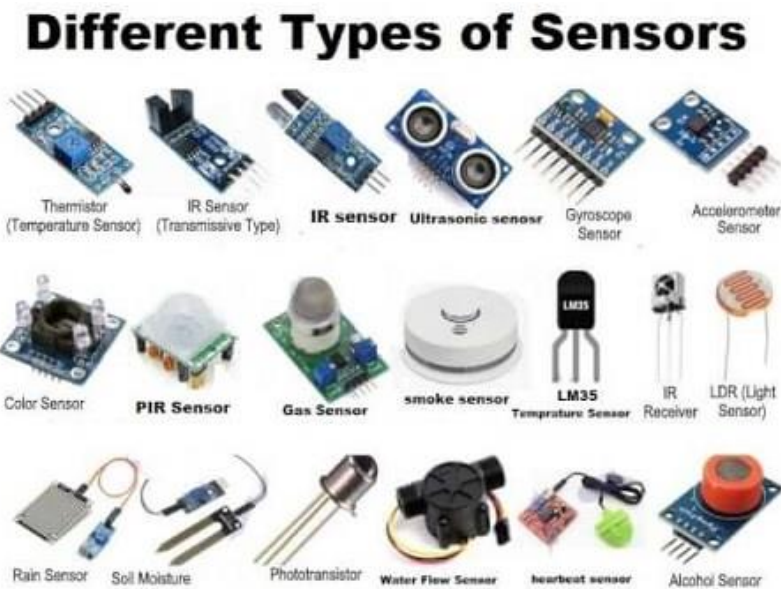


Gambar 4. 4. Sensor Kecepatan

Sumber; www.ecrater.com

5. Sensor Lainnya

Terdapat berbagai jenis sensor lainnya yang dapat digunakan dalam otomatisasi permesinan, seperti sensor getaran, sensor tingkat cairan, sensor berat, sensor cahaya, dan sensor proximity. Sensor-sensor ini digunakan untuk mengumpulkan data spesifik yang diperlukan dalam proses tertentu.



Gambar 4. 5. Jenis-jenis sensor

Sumber; riset.guru

6. Pemindai Kode Batang

Pemindai kode batang digunakan untuk membaca dan mengidentifikasi kode batang yang terdapat pada benda kerja, komponen, atau material. Informasi ini dapat digunakan untuk pelacakan, verifikasi, dan manajemen persediaan dalam proses produksi.



Gambar 1. pemindai kode batang
Sumber; www.lazada.co.id

7. Kamera

Kamera dapat digunakan untuk memantau dan mengambil gambar proses produksi, kondisi mesin, atau kualitas produk. Informasi visual ini dapat diproses lebih lanjut untuk tujuan inspeksi, pengendalian kualitas, atau pengambilan keputusan.



Gambar 4. 6. Kamera
Sumber; www.lazada.co.id

8. Pengidentifikasi RFID

Sistem identifikasi RFID (Radio Frequency Identification) digunakan untuk membaca dan melacak tag RFID yang terpasang pada benda kerja, komponen, atau material. Informasi ini dapat digunakan untuk manajemen persediaan, pelacakan proses, atau otentikasi.



Gambar 4. 7. Pengidentifikasian RFID

Sumber; www.piicomm.ca

Sensor dan peralatan masukan ini memberikan data penting yang diperlukan oleh sistem pemrosesan data untuk mengontrol, memantau, dan mengoptimalkan proses otomatisasi permesinan. Pemilihan jenis sensor dan peralatan masukan yang tepat bergantung pada kebutuhan spesifik dari proses produksi dan mesin yang digunakan.

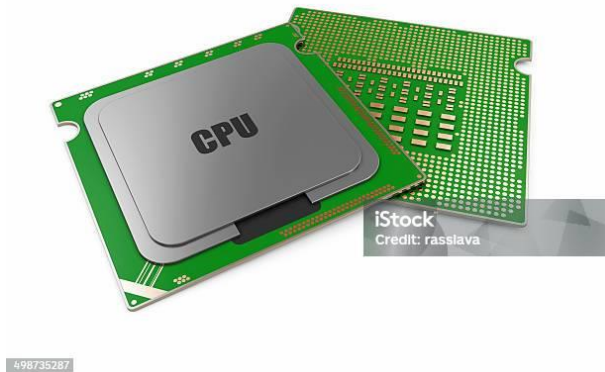
4.3.2 Unit Pemrosesan Pusat (CPU) dan Sistem Kontrol.

CPU atau komputer industri berfungsi sebagai otak dari sistem pemrosesan data. CPU menerima data dari sensor dan peralatan masukan, mengolah data tersebut sesuai dengan program dan algoritma yang ditetapkan, dan mengirimkan perintah kepada aktuator atau peralatan keluaran. Sistem kontrol seperti PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control System), atau CNC (Computer Numerical Control) digunakan untuk mengimplementasikan logika kontrol dan pengaturan proses. Menurut (Artiyasa *et al.*, 2021) Berikut

adalah penjelasan lebih rinci mengenai kedua komponen tersebut:

1. Unit Pemrosesan Pusat (CPU) berfungsi sebagai otak dari sistem pemrosesan data. CPU bertanggung jawab untuk mengumpulkan, memproses, dan menganalisis data yang diterima dari sensor dan peralatan masukan. CPU terdiri dari prosesor, memori, dan perangkat penyimpanan data yang dioptimalkan untuk penggunaan industri.

CPU menjalankan program dan algoritma kontrol yang telah ditetapkan sebelumnya. Berdasarkan data yang diterima dan logika kontrol yang diimplementasikan, CPU menghasilkan keputusan dan memberikan perintah kepada aktuator atau peralatan keluaran untuk mengontrol dan mengatur proses permesinan.



Gambar 4. 8. CPU

Sumber; www.sexizpix.com

CPU dalam sistem otomatisasi permesinan biasanya dirancang untuk memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap lingkungan industri, seperti tahan getaran, tahan debu, dan tahan suhu ekstrem.

2. Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengimplementasikan logika kontrol dan pengaturan proses dalam otomatisasi permesinan (Mario, Lapanporo and Muliadi, 2018). Beberapa jenis sistem kontrol yang umum digunakan adalah:

- a. Programmable Logic Controller (PLC)
PLC adalah sistem kontrol berbasis mikroprosesor yang dirancang khusus untuk aplikasi industri. PLC diprogram dengan bahasa pemrograman tertentu (seperti ladder logic) untuk mengontrol operasi mesin, proses, dan peralatan berdasarkan masukan dari sensor dan peralatan masukan.
- b. Distributed Control System (DCS)
DCS adalah sistem kontrol terdistribusi yang digunakan untuk mengontrol proses yang kompleks dan tersebar di area yang luas. DCS terdiri dari beberapa unit kontrol yang terhubung melalui jaringan komunikasi, memungkinkan kontrol dan pemantauan yang terpusat.
- c. Computer Numerical Control (CNC)
CNC adalah sistem kontrol berbasis komputer yang digunakan untuk mengontrol gerakan presisi dan operasi mesin-mesin perkakas, seperti mesin bubut, mesin frais, atau mesin pengeboran. CNC memungkinkan kontrol numerik yang akurat berdasarkan program yang dimasukkan.

Sistem kontrol ini bekerja sama dengan CPU untuk mengimplementasikan logika kontrol, mengolah data masukan dari sensor, dan memberikan perintah kepada aktuator atau peralatan keluaran untuk mengontrol proses permesinan secara otomatis. Pemilihan CPU dan sistem

kontrol yang tepat sangat penting dalam otomatisasi permesinan, karena mereka memegang peranan kunci dalam pengumpulan data, pengolahan data, pengambilan keputusan, dan kontrol proses secara keseluruhan. Kemampuan komputasi, kecepatan, keandalan, dan kompatibilitas dengan komponen lain dalam sistem otomatisasi merupakan faktor-faktor penting yang harus dipertimbangkan.

4.3.3 Program dan algoritma

Program dan algoritma kontrol merupakan komponen penting dalam sistem pemrosesan data untuk otomatisasi permesinan. Algoritma kontrol adalah seperangkat aturan atau langkah-langkah logis yang digunakan untuk memproses data masukan dan menghasilkan keputusan atau perintah kontrol yang sesuai (Khotimah, Darmawan and Rosdiana, 2022). Algoritma kontrol dapat berupa:

1. Algoritma kontrol loop tertutup.
Algoritma ini membandingkan nilai masukan dengan nilai target atau set point, dan menghasilkan perintah kontrol untuk meminimalkan selisih antara keduanya.
2. Algoritma kontrol adaptif.
Algoritma ini menyesuaikan parameter kontrol secara dinamis berdasarkan perubahan kondisi operasi atau respons sistem yang diamati.
3. Algoritma kontrol logika fuzzy.
Algoritma ini menggunakan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dan ambiguitas dalam data masukan dan menghasilkan perintah kontrol yang sesuai.
4. Algoritma kontrol kecerdasan buatan
Algoritma ini menggunakan teknik kecerdasan buatan seperti jaringan syaraf tiruan, pembelajaran mesin, atau sistem pakar untuk menganalisis data dan menghasilkan perintah kontrol yang optimal.

Algoritma kontrol ini dapat diimplementasikan dalam program kontrol atau diintegrasikan dengan sistem kontrol secara langsung. Kombinasi yang tepat dari program kontrol dan algoritma kontrol sangat penting untuk memastikan pengoperasian sistem otomatisasi permesinan yang efisien, akurat, dan andal. Program dan algoritma kontrol harus dirancang dengan mempertimbangkan kompleksitas proses, kebutuhan kontrol yang spesifik, dan persyaratan kinerja yang diharapkan.

4.3.4 Antarmuka Pengguna

Antarmuka pengguna (user interface) merupakan komponen penting dalam sistem pemrosesan data untuk otomatisasi permesinan. Antarmuka ini memungkinkan operator untuk berinteraksi dengan sistem, memantau kondisi operasi, mengatur parameter proses, dan mengambil tindakan yang diperlukan. Menurut (Artiyasa *et al.*, 2021) Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang antarmuka pengguna:

1. Panel Operator

Panel operator adalah antarmuka pengguna berbasis perangkat keras yang biasanya terpasang di dekat mesin atau sistem kontrol. Panel operator dilengkapi dengan layar tampilan (seperti layar sentuh atau LCD), tombol, dan kontrol fisik lainnya. Melalui panel operator, operator dapat:

- Melihat data sensor dan status mesin secara real-time,
- Mengatur parameter operasi seperti kecepatan, suhu, atau tekanan,
- Memulai, menghentikan, atau mereset operasi mesin,
- Menerima peringatan atau notifikasi kesalahan,
- Mengakses menu konfigurasi atau pemrograman

2. Komputer

Komputer (desktop atau laptop) juga dapat digunakan sebagai antarmuka pengguna dalam sistem otomatisasi permesinan. Komputer ini biasanya terhubung ke jaringan sistem kontrol dan dilengkapi dengan perangkat lunak antarmuka khusus. Melalui komputer, operator dapat:

- Memvisualisasikan data proses dalam bentuk grafik, diagram, atau tampilan yang lebih canggih
- Mengakses dan menganalisis data historis dari operasi sebelumnya
- Mengonfigurasi pengaturan sistem kontrol yang lebih kompleks
- Memprogram atau mengubah logika kontrol
- Mengakses dokumentasi, panduan operasi, atau informasi pendukung lainnya

3. Perangkat Seluler

Dengan perkembangan teknologi, perangkat seluler seperti smartphone atau tablet juga dapat digunakan sebagai antarmuka pengguna dalam sistem otomatisasi permesinan. Perangkat seluler ini terhubung ke jaringan sistem kontrol melalui koneksi nirkabel atau jaringan lokal. Operator dapat:

- Memantau status mesin dan data sensor secara remote
- Menerima notifikasi atau peringatan dari sistem
- Mengakses antarmuka kontrol terbatas untuk operasi mesin tertentu
- Mengakses laporan atau data historis dari lokasi jarak jauh

Antarmuka pengguna yang baik harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek kegunaan (usability),

kemudahan akses informasi, dan kemampuan untuk mengambil tindakan yang diperlukan dengan cepat dan efisien. Penggunaan visualisasi data yang jelas, ikon dan simbol yang intuitif, serta kontrol yang ergonomis dapat meningkatkan interaksi antara operator dan sistem. Selain itu, antarmuka pengguna juga harus mempertimbangkan aspek keamanan, seperti pembatasan akses, autentikasi pengguna, dan pencatatan aktivitas operator untuk memastikan integritas dan keamanan sistem otomatisasi permesinan.

4.3.5 Komunikasi dan Jaringan Industri.

Komunikasi dan jaringan industri merupakan komponen penting dalam sistem pemrosesan data untuk otomatisasi permesinan. Jaringan ini digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen seperti sensor, CPU, aktuator, dan antarmuka pengguna, sehingga memungkinkan pertukaran data dan komunikasi yang handal dan tepat waktu (Khotimah, Darmawan and Rosdiana, 2022). Berikut adalah penjelasan lebih rinci tentang komunikasi dan jaringan industri:

1. Ethernet Industri.

Ethernet industri adalah standar jaringan komunikasi yang diadopsi dari Ethernet konvensional, namun dirancang khusus untuk lingkungan industri yang lebih menantang. Ethernet industri memiliki fitur seperti:

- Ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik dan lingkungan industri yang keras
- Komunikasi waktu-nyata (real-time) dengan latensi rendah
- Redundansi untuk meningkatkan keandalan jaringan
- Protokol komunikasi industrial seperti EtherNet/IP, Profinet, Modbus TCP/IP

2. Fieldbus.

Fieldbus adalah jaringan komunikasi khusus untuk menghubungkan perangkat lapangan (field devices) seperti sensor, aktuator, dan peralatan kontrol dalam sistem otomatisasi. Beberapa jenis fieldbus yang umum digunakan adalah:

- Profibus (Profibus DP, Profibus PA)
- DeviceNet
- ControlNet
- Foundation Fieldbus
- CAN (Controller Area Network)

3. Jaringan Nirkabel

Jaringan nirkabel seperti Wi-Fi, Bluetooth, atau jaringan nirkabel industri khusus (seperti WirelessHART atau ISA100.11a) juga dapat digunakan dalam sistem otomatisasi permesinan. Jaringan nirkabel memungkinkan komunikasi tanpa kabel antara perangkat, memberikan fleksibilitas dalam pemasangan dan mobilitas.

Dalam sistem otomatisasi permesinan, komunikasi yang handal dan tepat waktu sangat penting untuk memastikan proses berjalan dengan lancar dan aman. Beberapa aspek penting dalam komunikasi dan jaringan industri adalah:

1. Keandalan dan Redundansi, Jaringan komunikasi harus andal dan memiliki redundansi untuk mencegah gangguan atau kegagalan komunikasi yang dapat menyebabkan gangguan dalam proses produksi.
2. Komunikasi Waktu-Nyata (Real-Time), Komunikasi waktu-nyata dengan latensi rendah sangat penting untuk memastikan bahwa perintah kontrol dan data sensor dikirim dan diterima dengan tepat waktu, sehingga proses dapat dikendalikan dengan akurat.

3. Keamanan, Keamanan jaringan komunikasi sangat penting untuk mencegah akses tidak sah, gangguan, atau serangan siber yang dapat membahayakan sistem otomatisasi.
4. Interoperabilitas, Jaringan komunikasi harus memungkinkan interoperabilitas antara perangkat dari vendor yang berbeda, sehingga komponen sistem dapat saling berkomunikasi dan bekerja sama dengan baik.

Dalam merancang jaringan komunikasi untuk sistem otomatisasi permesinan, pertimbangan seperti bandwidth, topologi jaringan, protokol komunikasi, dan manajemen jaringan harus dipertimbangkan dengan cermat untuk memastikan kinerja yang optimal dan keandalan sistem secara keseluruhan.

4.3.6 Aktuator dan Peralatan Keluaran.

Aktuator dan peralatan keluaran merupakan komponen penting dalam sistem pemrosesan data untuk otomatisasi permesinan. Mereka bertindak sebagai perangkat eksekusi yang mengubah perintah dari CPU menjadi tindakan fisik untuk mengontrol dan menggerakkan mesin atau proses.

Aktuator adalah perangkat yang mengonversi sinyal kontrol menjadi gerakan atau tindakan fisik (Saputra and Siswanto, 2020). Beberapa jenis aktuator yang umum digunakan dalam otomatisasi permesinan meliputi:

1. Motor Listrik, Motor listrik digunakan untuk menghasilkan gerakan putar atau linier. Jenis motor listrik yang sering digunakan antara lain motor servo, motor stepper, dan motor AC/DC.
2. Katup Pneumatik. Katup pneumatik digunakan untuk mengontrol aliran udara terkompresi dalam sistem pneumatik. Katup ini dapat membuka atau menutup untuk menggerakkan silinder pneumatik atau peralatan pneumatik lainnya.

3. Silinder Hidrolik. Silinder hidrolik memanfaatkan tekanan fluida (cairan) untuk menghasilkan gerakan linier. Silinder hidrolik digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan gaya besar atau pengendalian posisi yang akurat.
4. Aktuator Linier. Aktuator linier seperti aktuator bola ulir atau aktuator roda gigi digunakan untuk menghasilkan gerakan linier yang presisi dan terkontrol.
5. Aktuator Putar. Aktuator putar seperti motor putar atau aktuator elektromagnetik digunakan untuk menghasilkan gerakan putar yang terkontrol.

Peralatan Keluaran adalah perangkat yang memberikan umpan balik visual atau informasi kepada operator tentang status atau kondisi mesin dan proses. Beberapa peralatan keluaran yang umum digunakan meliputi:

1. Tampilan Visual. Tampilan visual seperti layar LCD, panel tampilan, atau proyektor digunakan untuk menampilkan data, informasi, atau visualisasi proses secara real-time.
2. Indikator Visual. Indikator visual seperti lampu, LED, atau layar segmen digunakan untuk memberikan informasi singkat tentang status mesin, peringatan, atau kondisi operasi.
3. Alarm Audio. Alarm audio seperti bel, sirine, atau buzzer digunakan untuk memberikan peringatan suara jika terjadi kondisi yang tidak normal atau berbahaya.
4. Printer. Printer digunakan untuk mencetak laporan, data historis, atau informasi penting lainnya yang terkait dengan proses otomatisasi.

Aktuator dan peralatan keluaran bekerja berdasarkan perintah atau sinyal kontrol yang diterima dari CPU atau sistem kontrol. CPU mengolah data masukan dari sensor dan mengambil keputusan tentang tindakan yang harus diambil, kemudian mengirimkan perintah kepada aktuator dan peralatan keluaran yang sesuai. Pemilihan aktuator dan peralatan

keluaran yang tepat bergantung pada kebutuhan aplikasi dan spesifikasi mesin atau proses yang dikontrol. Faktor-faktor seperti kecepatan, presisi, daya, dan lingkungan operasi harus dipertimbangkan dengan cermat untuk memastikan kinerja yang optimal dan keandalan sistem secara keseluruhan.

4.4 Pengolahan Data dalam Konteks Permesinan

Setelah data dikumpulkan oleh sensor-sensor, langkah berikutnya adalah memproses data ini untuk menghasilkan informasi yang berguna. Ini melibatkan langkah-langkah seperti pembersihan data (untuk menghilangkan data yang tidak relevan atau noise), transformasi data (untuk mengubah format data agar sesuai dengan kebutuhan analisis), dan analisis data (untuk mengidentifikasi pola, tren, dan anomali yang signifikan). Proses pengolahan data dari sensor hingga menjadi informasi yang berguna melibatkan beberapa tahap penting. Menurut (Melipurbowo B G, 2016) Berikut adalah tahapan utama dalam proses tersebut:

1. Pengumpulan Data:
 - Instalasi Sensor: Sensor dipasang pada titik-titik yang relevan di mesin atau lingkungan untuk mengumpulkan data spesifik seperti suhu, tekanan, getaran, kelembaban, kecepatan, dll.
 - Pengambilan Data: Sensor mulai mengukur parameter fisik atau kimia yang sesuai dan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Data ini kemudian dikirim ke unit pemrosesan atau penyimpanan.
2. Transmisi Data
 - Kabel atau Nirkabel: Data mentah dari sensor dapat ditransmisikan melalui kabel atau sistem nirkabel (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, dll.) ke sistem pengolahan data.
 - Protokol Komunikasi: Penggunaan protokol komunikasi standar (seperti MQTT, HTTP, atau CoAP) memastikan

bahwa data dikirim dengan format yang dapat diinterpretasi oleh sistem penerima.

3. Preprocessing (Pra-pengolahan) Data

- Filter dan Penyaringan: Data mentah sering kali mengandung noise atau gangguan. Proses penyaringan digunakan untuk membersihkan data dari komponen yang tidak diinginkan.
- Pengubahan Format: Data diubah ke format yang konsisten untuk memudahkan analisis lebih lanjut.
- Kalibrasi: Penyesuaian dilakukan untuk memastikan data akurat berdasarkan standar yang telah ditetapkan.

4. Penyimpanan Data:

- Database: Data yang sudah dipra-proses disimpan dalam database yang terstruktur (misalnya SQL) atau tidak terstruktur (misalnya NoSQL).
- Data Lake: Data mentah dan terstruktur dapat disimpan di data lake untuk analisis lebih mendalam di kemudian hari.

5. Analisis Data:

- Analisis Statistik: Teknik statistik dasar seperti rata-rata, median, mode, dan standar deviasi digunakan untuk memahami tren umum dalam data.
- Data Mining dan Machine Learning: Algoritma canggih digunakan untuk menemukan pola, anomali, dan membuat prediksi berdasarkan data historis.
- Visualisasi Data: Data dianalisis dan diubah menjadi visualisasi seperti grafik, diagram, dan dashboard untuk memudahkan pemahaman dan interpretasi.

6. Interpretasi dan Pengambilan Keputusan:

- Pemantauan Real-Time: Dashboard interaktif menampilkan data secara real-time untuk pemantauan kondisi mesin atau proses.
- Alarm dan Peringatan: Sistem dapat memberikan peringatan jika data yang dipantau melewati batas normal yang telah ditetapkan, memungkinkan tindakan cepat.
- Laporan dan Insight: Laporan berkala dihasilkan untuk memberikan wawasan yang mendalam kepada

manajemen tentang performa mesin dan efisiensi operasional.

7. Tindakan Korektif dan Optimisasi:

- Pemeliharaan Prediktif: Berdasarkan analisis data, tindakan pemeliharaan dapat dijadwalkan sebelum terjadi kerusakan serius.
- Optimisasi Proses: Data yang diolah memberikan informasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses produksi.

8. Evaluasi dan Umpan Balik:

- Penilaian Kinerja: Kinerja mesin dan proses dinilai secara berkala berdasarkan data yang telah dianalisis.
- Umpan Balik Sistem: Hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki sistem pengumpulan dan pengolahan data, memastikan siklus perbaikan terus menerus.

Proses ini merupakan siklus berkelanjutan yang memastikan data dari sensor dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan kinerja operasional dan pengambilan keputusan dalam lingkungan permesinan.

Menurut (Santoso, Ling and Handayani, 2019) Teknik-teknik Pengolahan Data yang Digunakan dalam Industri Permesinan:

a. Analisis Statistik:

Digunakan untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam data, serta mengevaluasi keandalan hasil pengujian.

b. Machine Learning:

Teknik ini digunakan untuk membuat model prediktif berdasarkan data historis, yang dapat digunakan untuk peramalan atau deteksi dini kerusakan mesin.

c. Data Mining:

Digunakan untuk mengeksplorasi data secara mendalam dengan tujuan menemukan pola atau hubungan yang tidak terlihat secara langsung.

Dengan menerapkan teknik-teknik pengolahan data ini, perusahaan dapat mengubah data mentah menjadi wawasan yang berharga, yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keandalan dalam operasi industri permesinan. Melalui pemahaman yang mendalam tentang konsep dasar sistem pemrosesan data, teknologi sensor, dan proses pengolahan data dalam konteks industri permesinan, perusahaan dapat memanfaatkan potensi data untuk mengambil keputusan yang lebih baik, mengoptimalkan kinerja operasional, dan memajukan bisnis mereka ke tingkat yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyasa, M. *et al.* (2021) 'Aplikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Blynk', *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, 7(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v7i1.59>.
- Khalifa, A.A.M. and Prawioredjo, K. (2022) 'Model Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan Produksi Obat Berbasis NodeMCU ESP32', *Jurnal ELTIKOM*, 6(1), pp. 13–25. Available at: <https://doi.org/10.31961/eltikom.v6i1.415>.
- Khotimah, O., Darmawan, D. and Rosdiana, E. (2022) 'Perangkat Dan Metoda Kalibrasi Sensor Universal', *e-Proceeding of Engineering*, 9(3), pp. 866–874.
- Mario, M., Lapanporo, B.P. and Muliadi, M. (2018) 'Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATmega328P', *Prisma Fisika*, 6(1), p. 26. Available at: <https://doi.org/10.26418/pf.v6i1.23339>.
- Melipurbowo B G (2016) 'Pengukuran Daya Listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus Acs.712', *Orbith*, 12(1), pp. 17–23.
- Muslim, M. *et al.* (2020) 'Review Variasi Temperatur di Evaporator Untuk Penerapan Ice Slurry Pada Kapal Ikan 30GT', *Jurnal Sains & Teknologi*, 10(1), pp. 1–8. Available at: https://ejournal.unisba.ac.id/index.php/kajian_akuntansi/article/view/2615%0Ahttp://scholar.unand.ac.id/60566/.
- Musrinaldi, D. and Desriyeni (2019) 'Pembuatan Thermostat sebagai Alat Pengatur Suhu di Ruangan Penyimpanan Arsip', *Jurnal Ilmu Informasi Perpustakaan dan Kearsipan*, 7(2), pp. 213–215.

- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z. and Nurkholis, A. (2020) 'Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno', *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 1(1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.719>.
- Santoso, J., Ling, F. and Handayani, R. (2019) 'PENGARUH PENGKOMPOSISIAN DAN PENYIMPANAN DINGIN TERHADAP PERUBAHAN KARAKTERISTIK SURIMI IKAN PARI (*Trygon* sp.) DAN IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger* sp.)', *Jurnal Akuatika Indonesia*, 27(2), pp. 58–66.
- Saputra, J.S. and Siswanto, S. (2020) 'Prototype Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Kandang Ayam Broiler Berbasis Internet of Things', *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset dan Observasi Sistem Komputer*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.30656/prosisko.v7i1.2132>.

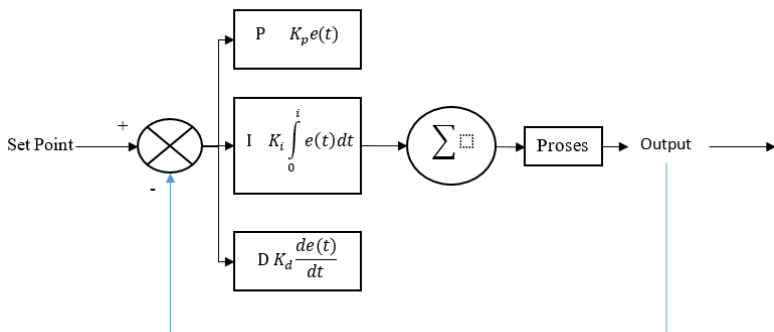
BAB 5

KENDALI PID DALAM SISTEM PERMESINAN

Oleh Rizki Aulia Nanda

5.1 Pendahuluan

Kontroler PID (kontroler proporsional integral derivatif) digunakan untuk mengukur ketepatan sistem instrumen berdasarkan karakteristik adanya umpan balik. Pengontrol konvensional yang umum digunakan dalam industri adalah pengontrol PID. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada Kontrol Pipa berdasarkan besarnya error yang dihasilkan. Valve pengendali mengatur aliran fluida dalam proses industri. Set Point adalah titik air yang diinginkan, dan kesalahan adalah perbedaan antara Set Point dan level air sebenarnya. Perancangan PID dimulai dengan menentukan diagram blok yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1. Diagram blok PID
(Sumber : (Suwarno, 2021))

Sistem PID yang digunakan pada permesinan umumnya menggunakan aktuaktor yang tersambung pada rangkaian sistem kelistrikan dan rangkaian sistem otomasi. Aktuaktor atau permesinan yang digunakan pada umumnya yaitu Motor DC/AC, Pneumatic, Hidrolik, Selenoid dan Motor Stepper. Persamaan dasar yang digunakan dalam sistem kendali dapat dilihat sebagai berikut:

$$u(t) = K_p E(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dengan K_p , K_i , dan K_d semuanya positif, koefisien untuk istilah proporsional, integral, dan derivatif (atau P, I, dan D) ditunjukkan. Pada model tersebut, nilai kesalahan saat ini ditanggung oleh "P". Misalnya, jika nilai kesalahan besar dan positif, maka keluaran kontrol juga besar dan positif; jika keluaran saat ini kurang besar, kesalahan akan terkumpul dan kontroler akan memberikan tanggapan dengan keluaran yang lebih tinggi; dan "I" bertanggung jawab atas nilai kesalahan sebelumnya, tetapi jika keluaran saat ini lebih kecil, kesalahan akan terkumpul dan kontroler akan memberikan tanggapan dengan keluaran yang lebih. Sebagai hasilnya, P, I, dan D dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Kontrol Proportional (P)

Misalnya, PLC akan segera mengontrol tekanan tangki menjadi keadaan ideal, yaitu 6 bar, ketika tekanan tangki adalah 3 bar. Saat kontrol saluran terbuka, PLC akan memberikan kontrol proporsional untuk membuka saluran dengan menggunakan rumus berikut:

$$P_{out} = K_p \cdot e(t)$$

Maka:

K_p = konstanta proportional

e = Error (error = keadaan ideal-keadaan sekarang)

t = waktu

sebagai contoh jika tekanan tangki bergerak sebesar 3 bar sesuai dengan contoh diatas maka K_p bisa di beri nilai sesuai yang semestinya misalnya 10 bar maka:

$$P_{out} = 10 \times 3 = 30\%$$

Sampai keadaan menjadi ideal, PLC akan memberikan perintah kepada kontrol saluran sebesar 30% untuk membuka saluran. Ini berarti selisihnya sudah tidak 3 bar lagi karena tekanan uap air meningkat menjadi 3,2 bar, sehingga errornya menjadi 2,8 bar. Kemudian, PLC akan memberikan perubahan bukaan pada saluran saluran menjadi $P-out = 10 \times 2,8 = 28\%$.

2. Kontrol Integral (I)

Kontrol integral yang telah di jelaskan pada paragraf sebelumnya membahas bagaimana I bertanggung jawab pada kesalahan sebelumnya yaitu apabila keluaran lebih besar dari sebelumnya maka kesalahan akan terakumulasi secara terus menerus, maka persamaan yang digunakan yaitu:

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Jika menggunakan contoh dari sebelumnya maka K_i dapat ditulis 1 dan $e = 3$ bar dalam bentuk nilai error maka dari itu Jika nilai error antara keadaan sekarang dengan keadaan ideal sangat besar, nilai I-out akan lebih besar. Sebaliknya, jika nilai error antara keadaan sekarang dengan keadaan ideal sangat kecil, nilai I-out akan lebih rendah. Perbedaan P dan I adalah jika erro 3 bar maka

hasil akhir tetap 3 bar, jika I apabila error 3 bar maka hasil akhir bisa lebih besar sesuai perhitungan integral.

3. Kontrol Derivatif (D)

Pengertian derivatif telah dijelaskan pada paragraf diatas namun cara kerja kontrol derivatif tidak dapat berdiri sendiri. Maka harus ada perhitungan dari P dan I. Penggunaan D untuk memperbaiki P dan I secara halus apabila terjadi error maka persamaan yang muncul adalah:

$$D_{out} = K_d \times (\text{error sekarang} - \text{error sebelumnya})$$

Sebagai contoh dari kasus yang sudah di jelaskan sebelumnya maka penetapan nilai $e=3\text{bar}$ maka jika di menit pertama 2 bar, menit ke 2 2.5 bar dan menit ketiga 4 bar dan error pun muncul di menit ke 3 maka

$$P_{out} = K_p \cdot 4 \text{ bar}$$

$$I_{out} = K_i \times (2 + 2.5 + 4)$$

$$D_{out} = K_d \times (4 - 2.5)$$

Maka dari itu output PID terdiri dari 3 persamaan yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya yaitu:

$$PID_{out} = P + I + D$$

Dari persamaan tersebut maka dapat diatur luaran tekanan saluran kontrol katup sesuai dengan yang diinginkan.

5.2 Tahapan Dalam Merancang PID

Perencanaan dalam merancang sistem PID perlu diperhatikan agar sistem kendali OUTPUT dapat bekerja sesuai dengan keluaran sensor yang sempurna. Dalam perencanaan PID memiliki beberapa tahapan. Dalam studi kasusu ini penulis

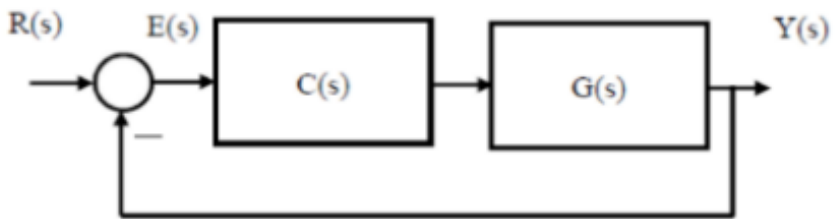
memberikan contoh penggunaan PID pada pengaturan suhu atau kontrol suhu pada pemanas menggunakan mikrokontroler Arduino dan Sensor DHT11.

1. Memahami konsep perpindahan panas dalam mengukur temperature.

Konduksi satu dimensi pada dinding datar mendistribusikan panas hanya ke arah satu sumbu, seperti sumbu x , sehingga perpindahan panas hanya terjadi ke arah sumbu x (Abdurrahman, Hadi and Mart, 2015).

2. Membuat blok diagram sistem PID

Setelah memahami sebuah konsep perpindahan panas maka dilakukan perancangan diagram konsep PID sesuai dengan persamaan di atas, konsep awal PID harus memahami dulu awal data yang telah diperoleh dari sensor sehingga batasan data suhu untuk mengendalikan alat pemanas. Untuk konsep blok diagram dapat dilihat pada Gambar 5.2.



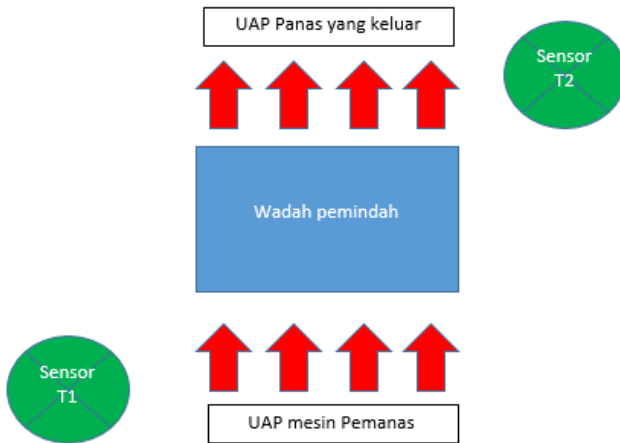
Gambar 5.2 Diagram PID

(Sumber : (Abdurrahman, Hadi and Mart, 2015))

Dari Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa diagram blok tersebut akan digunakan dalam menganalisis output parameter pengendalian suhu pada alat pemanas.

3. Menentukan parameter input untuk sistem PID

Konsep parameter input yang digunakan adalah berupa suhu yang terbaca pada tiap-tiap sensor. Pada pengujian ini menggunakan dua sensor yaitu sensor T1 dan T2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



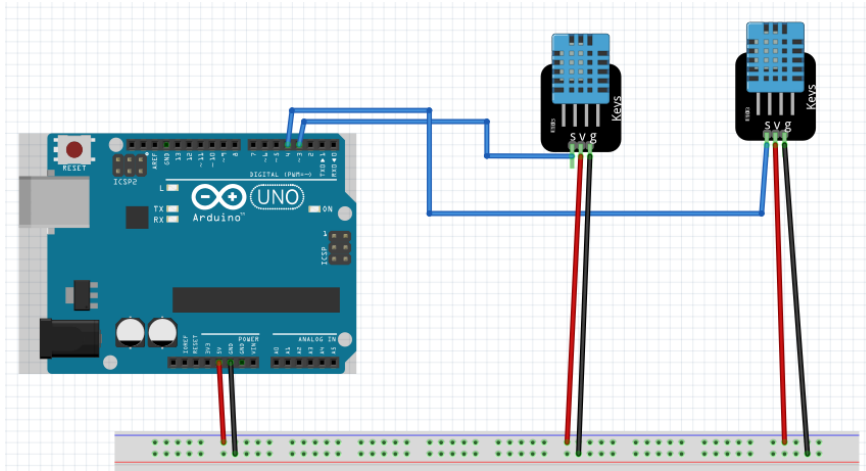
Gambar 5. 2. Konsep perancangan pengatur pemanas

Suhu pemanas akhir yang dibutuhkan adalah 60°C dengan error 15°C maka nilai error dibatasi pada sensor T1 dan T2 dengan demikian pemanas dapat mengatur sesuai kebutuhan maka dari itu nilai $K_p = 30^{\circ}\text{C}$, $K_i = 1$ terhadap $e = 15^{\circ}\text{C}$ dan $K_d = 20^{\circ}\text{C}$ apabila terjadi overshoot pada pemanas. Nilai K_P sangat mempengaruhi sensitifitas kontroler; semakin besar nilai K_P maka kontroler lebih sensitif, dan sebaliknya (Arindya, 2017).

4. Membuat rangkaian sensor

Parameter yang telah ditentukan sama halnya dalam mengendalikan aktuaktor yang lain, maka dari itu setelah menentukan parameter PID harus menghitung menggunakan persamaan yang ada di atas, sebelum

persamaan diatas masuk ke dalam sistem mikrokontroler maka perlu adanya rangkaian yang digunakan(hardware). Perancangan sensor suhu dapat dilihat pada Gambar 5.4.

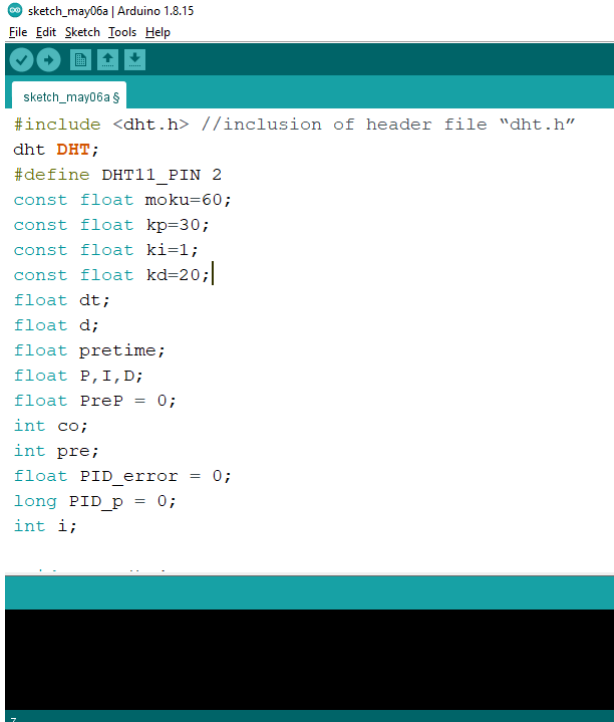


Gambar 5. 3. Konsep perancangan rangkaian sensor

Dari Gambar 5.4 konsep diagram wiring pada sensor suhu T1 dan T2 dikendalikan oleh mikrokontroller Arduino UNO. Setelah perancangan ini dilakukan maka selanjutnya data yang telah diperoleh dari perhitungan PID dapat dimasukkan pada pemrograman arduino IDE.

5. Input PID pada pemrograman

Semua rangkaian yang sudah tersusun maka selanjutnya adalah melakukan pemrograman kendali PID menggunakan pemrograman aplikasi Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 5.5.

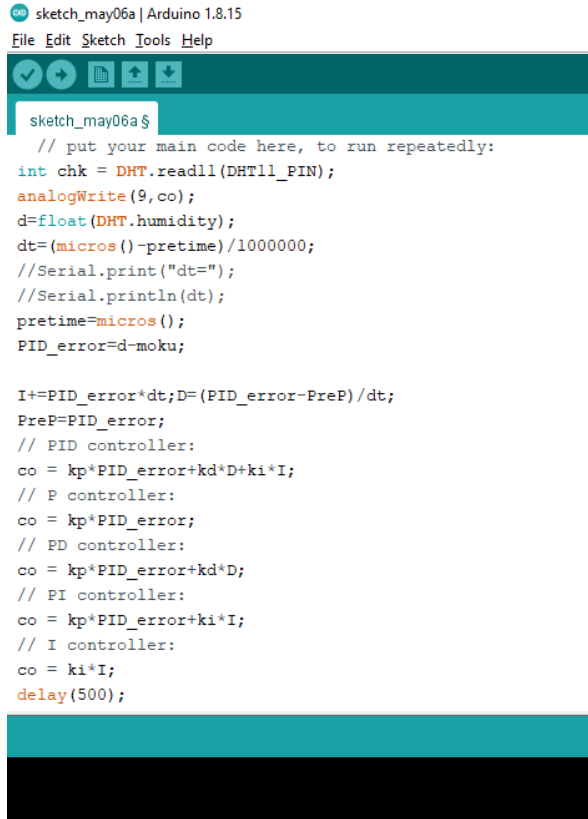
The image shows the Arduino IDE interface with a sketch named 'sketch_may06a' open. The code is for a PID control system using a DHT11 sensor. It includes the DHT library, defines the sensor pin as 2, and sets initial values for moku (60), kp (30), ki (1), and kd (20). It also declares variables for dt, d, pretime, P, I, D, PreP, co, pre, PID_error, PID_p, and i.

```
sketch_may06a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may06a $
#include <dht.h> //inclusion of header file "dht.h"
dht DHT;
#define DHT11_PIN 2
const float moku=60;
const float kp=30;
const float ki=1;
const float kd=20;|
float dt;
float d;
float pretime;
float P,I,D;
float PreP = 0;
int co;
int pre;
float PID_error = 0;
long PID_p = 0;
int i;
```

Gambar 5. 4. Input pemrograman PID

Dari Gambar 5.5 perlu di jelaskan bahwa data awal diperoleh dari poin 3 diatas untuk menunjukkan input dalam parameter (const int) moku = 60 dalam skala ketetapan suhu yang dibutuhkan, Kp = 30, Ki = 1 dan Kd = 20, ketetapan lain yaitu menentukan parameter persamaan yang akan dimasukkan pada" Void Loop" ada pada sub bab 5.1. poin 3. Yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



```
sketch_may06a | Arduino 1.8.15
File Edit Sketch Tools Help

sketch_may06a $
// put your main code here, to run repeatedly:
int chk = DHT.read11(DHT11_PIN);
analogWrite(9,co);
d=float(DHT.humidity);
dt=(micros()-pretime)/1000000;
//Serial.print("dt=");
//Serial.println(dt);
pretime=micros();
PID_error=d-moku;

I+=PID_error*dt;D=(PID_error-PreP)/dt;
PreP=PID_error;
// PID controller:
co = kp*PID_error+kd*D+ki*I;
// P controller:
co = kp*PID_error;
// PD controller:
co = kp*PID_error+kd*D;
// PI controller:
co = kp*PID_error+ki*I;
// I controller:
co = ki*I;
delay(500);
```

Gambar 5. 5. Input pemrograman PID Loop

Setelah dilakukan pemrograman maka selanjutnya dapat diupload pada hardware Arduino UNO, dan amati perubahan suhu sehingga output alat pemanas dapat bekerja dengan baik. Jika ada perubahan tersebut tidak sesuai maka nilai Kd yang dapat diubah akibat over heat yang terjadi pada pemanas. Konsep ini dapat digunakan pada alat aktuaktor lainnya asal semua alat tersambung pada sensor yang semestinya supaya bisa membaca data dan mengendalikan aktuatur sesuai dengan data yang telah digunakan (Nakamori, 2022) (Pane, J., Surya, A., Novita, S., Mazmur, R., Aryza, A., Hamdani, Rizky, 2019).

5.3 Penggunaan Sistem PID

Penggunaan PID dalam kehidupan sehari-hari sudah banyak dikembangkan untuk mengendalikan sebuah perangkat aktuator yang digunakan oleh industri permesinan dan berbagai macam alat otomasi lainnya. implementasi implementasi PID akan terus berkembang Seiring berjalannya waktu supaya hal tersebut dapat mengendalikan sebuah sistem ekuator tanpa terjadi over. Maka implementasi PID adalah sebagai berikut:

1. Industri Manufaktur

Kontroler PID digunakan dalam industri manufaktur untuk mengontrol suhu, tekanan, kelembaban, dan kualitas produk. Ini termasuk pemanasan dan pendinginan di pabrik kimia, pengendalian suhu dalam proses pemrosesan makanan, dan pengaturan tekanan dalam mesin cetak.

2. Otomasi Industri

Kontroler PID adalah bagian penting dari sistem otomasi industri, seperti pengendalian motor, kontrol robotik, dan pengaturan kecepatan produksi. Dengan menggunakannya dalam otomasi industri, mereka membantu mencapai tingkat efisiensi dan presisi yang tinggi dalam operasi.

3. Pengendalian Proses kimia

Akurasi dan stabilitas sangat penting dalam proses kimia. Dalam sistem kimia kompleks, seperti dalam produksi petrokimia dan farmasi, controller PID sering digunakan untuk mengatur laju reaksi, konsentrasi, dan aliran bahan.

4. Pengaturan kualitas air

Kontroler PID dapat digunakan untuk sistem pengendalian kualitas udara di gedung perkantoran atau fasilitas lainnya. Mereka dapat membantu mengontrol

suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara dengan lebih efisien dan tepat.

5. Industri energi

Kontroler PID digunakan dalam industri energi untuk mengontrol pembangkit listrik, mengatur laju aliran bahan bakar, dan mengoptimalkan proses produksi energi dari berbagai sumber, seperti tenaga angin dan surya.

Dari implementasi penggunaan yang ada di atas tersebut maka beberapa keuntungan sistem aktuaktor jika menggunakan mekanisme PID menghasilkan keluaran sebagai berikut:

1. Stabilitas Proses

Kontroler PID dapat mempertahankan variabel proses pada titik target, mengurangi fluktuasi, dan memastikan stabilitas proses.

2. Akurasi Kontrol

Kontroler PID dapat memastikan variabel proses tetap berada dalam batas yang diinginkan dengan memberikan respons kontrol yang akurat dan responsif.

3. Penyesuaian Otomatis

Kontroler PID dapat mengoptimalkan kinerja pengendalian dengan secara otomatis menyesuaikan diri dengan kondisi proses yang berubah.

4. Pengendalian yang Efisien

Dengan menggunakan Kontroler PID, proses pengendalian dapat dilakukan dengan lebih efisien, yang menghasilkan penggunaan energi dan bahan baku yang lebih sedikit.

5. Pengurangan Biaya Produksi

Dalam proses produksi, ketepatan pengendalian yang ditawarkan oleh kontroler PID dapat mengurangi pemborosan dan kerugian. Akibatnya, biaya produksi secara keseluruhan dapat dikurangi.

5.4 Sistem PID pada Permesinan

Secara garis besar pengendali sistem secara otomatis dapat dikendalikan tanpa PID namun trouble shooting akan terjadi apabila permesinan mengalami overhear, maka dari itu permesinan harus dikendalikan menggunakan sistem PID, secara garis besar hanya terdiri dari tiga yaitu motor, pneumatik dan sistem hidrolik. maka pada buku ini hanya membahas tiga permesinan secara garis besar.

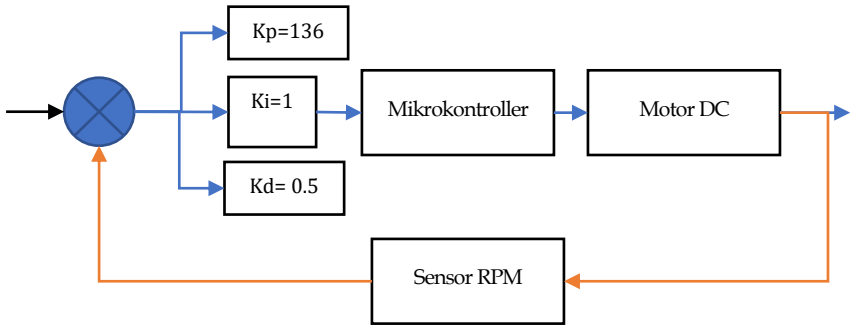
5.4.1 Motor DC

Sistem PID pada motor DC digunakan untuk mengendalikan sebuah motor dalam rpm yang konstan, sehingga perangkat motor DC memiliki putaran yang variatif namun dapat di ukur menggunakan sensor rpm. Contoh dalam sebuah kasus motor DC dibutuhkan untuk memutar dari 500 rpm – 800 rpm tetapi motor tersebut memiliki kapasitas sebesar 1500 rpm, dalam sistem mikrokontroller sinyal untuk sebuah perintah dalam menurunkan putaran dinamakan dengan sistem PWM (Pulse Width Modulation). PWM maksimal membaca 255. Maka dari itu perlu penurunan PWM terhadap RPM dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{255}{x} = \frac{1500}{800}$$

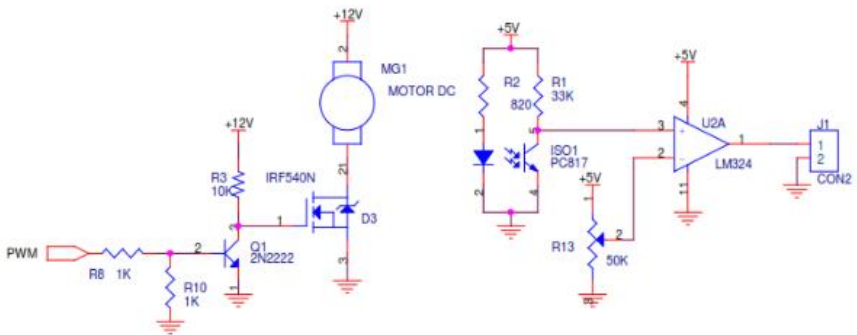
$$x = \frac{255 \times 800}{1500} = 136$$

Dari persamaan berikut untuk menghasilkan putaran 800 rpm maka PWM diinput dengan nilai sebesar 136. Dari gambar 5.7 dapat dilihat diagram PID untuk menggerakkan motor.



Gambar 5. 6. Inpu PID Motor

Hasil pembuatan diagram PID kontrol pada motor DC dirancang sebuah wiring yang dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 7. Input PID Motor

(Sumber : (Surindra, Mochamad Denny, Wiwik Purwanti Widyaningsih, Margana, Supriyo, 2020))

Sesuai dengan penjelasan sebelumnya bahwa setelah membuat rancangan PID dan rancangan wiring maka proses selanjutnya memberikan input proses PID pada sistem

pemrograman mikrokontroller untuk mengendalikan kestabilan motor DC.

5.4.2 Pneumatic

Pneumatik adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan udara bertekanan, karena kata dasar "pneu" berarti udara tekan dan "matik" berarti ilmu atau hal-hal yang berkaitan. Pneumatik banyak digunakan di berbagai industri dengan tujuan mengatur dan menggerakkan mekanis. Alat kontrol industri juga sering disebut pneumatik. Ada banyak kegunaan untuk industri pneumatik modern. Untuk mengurangi volume udara, sistem pneumatik biasanya menggunakan kompresor udara. Metode ini dapat meningkatkan tekanan gas. Gas bertekanan bergerak melalui selang pneumatik dan dikontrol oleh katup saat sampai ke aktuator.

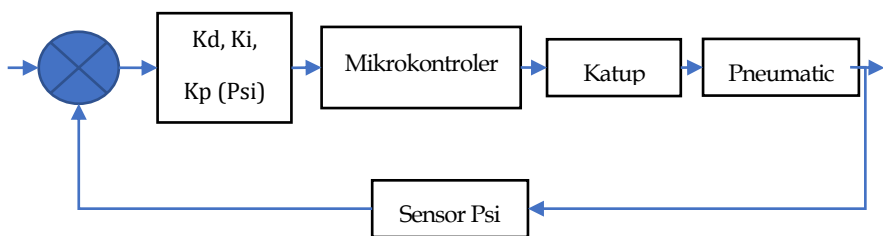


Gambar 5. 8. Input PID Motor

(Sumber :

<https://www.anakteknik.co.id/krysnayudhamaulana/articles/apa-itu-pneumatic-pengertian-fungsi-dan-contohnya>)

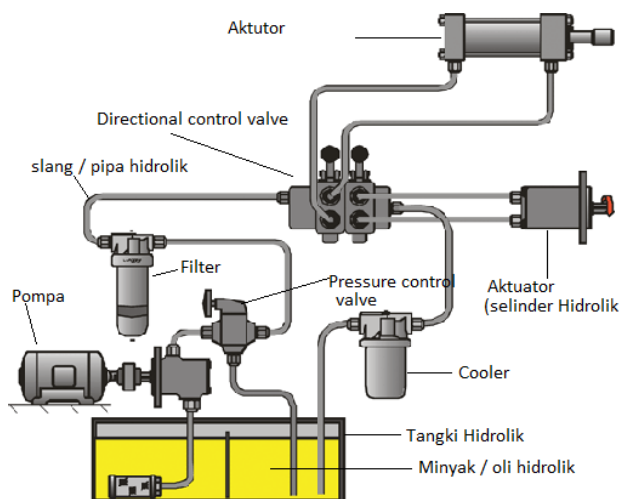
Perancangan PID pada sistem pneumatic hampir sama pada PID motor DC namun yang membedakan adalah sensor yang digunakan, sistem pneumatic menggunakan udara maka dari itu sensor yang digunakan adalah sensor udara (Barometer).



Gambar 5. 9. Input PID Pneumatic

5.4.3 Hidrolik

Kata "hidrolik" berasal dari kata Yunani "hydro", yang berarti "air," dan "aulos", yang berarti "pipa." Jenis mekanikal hidrolik atau hidraulis menggunakan fluida atau oli sebagai sumber tenaga utama mesin. Oleh karena itu, fluida yang seharusnya berfungsi sebagai penerus gaya berubah menjadi tenaga. Prinsip utama hidrolik adalah bahwa ketika suatu zat cair mendapat tekanan, tekanan tersebut akan merambat ke segala arah tanpa mengurangi kekuatannya.



Gambar 5. 10. Sistem Hidrolik

(Sumber : <https://suryasealindo.com/category/artikel/>)

Sistem hidrolik mengubah atau memindahkan daya dengan menggunakan fluida cair sebagai media penghantar untuk mendapatkan lebih banyak daya daripada yang sebelumnya dikeluarkan. Pompa hidrolik mengubah tekanan fluida, yang kemudian diteruskan ke bagian silinder kerja melalui pipa-pipa saluran dan katup-katup. Akibat tekanan fluida pada ruang silinder, batang piston dari silinder kerja bergerak maju dan mundur. Pada Gambar 5.11 dapat dilihat terdapat *directional control valve* merupakan bagian yang membuka dan menutup katup dalam proses laju aliran fluida pada hidrolik, control valve tersebut akan disambungkan pada sistem mikrokonroller dan diatur sistem PID jadi PID pada permesinan hidrolik ada pada valve hidrolik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, A., Hadi, H.S. and Mart, S. (2015) 'Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk', *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi*, pp. 10–11.
- Arindya, R. (2017) 'Penalaan Kendali PID untuk pengendali proses', *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2), p. 109.
- Nakamori, S. (2022) 'Arduino-based PID control of humidity in closed space by pulse width modulation of AC voltage', *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 21, pp. 49–56. doi:10.37394/23201.2022.21.6.
- Pane, J., Surya, A., Novita, S., Mazmur, R., Aryza, A., Hamdani, Rizky, A. (2019) 'Implementasi PID Dalam Mengendalikan Motor Menggunakan Metode PID dan Mikrokontroler Atmega', *Sainteks*, 1(1), pp. 196–201. Available at: <https://seminar-id.com/prosiding/index.php/sainteks/article/download/155/153>.
- Surindra, Mochamad Denny, Wiwik Purwanti Widyaningsih, Margana, Supriyo, T.H.M. (2020) 'Sistem Kontrol Proportional Integral Derivative (Pid) Untuk Mengatur Kecepatan Motor Dc Menggunakan Mikrokontroller', *Prosiding Seminar Nasional NCIET*, 1(1), pp. 528–534. doi:10.32497/nciet.v1i1.172.
- Suwarno, D.U. (2021) 'Tahap-Tahap Perancangan Pengendalian PID Secara Visual Menggunakan GeoGebra', *SENTER*, 30(November 2021), pp. 221–227.

BAB 6

INTEGRASI SISTEM OTOMASI

Oleh Hamdan Gani

6.1 Pendahuluan

Integrasi sistem otomasi merujuk pada penggabungan dan pengkoordinasian berbagai sistem otomasi atau perangkat otomatis dalam suatu lingkungan atau sistem yang lebih besar. Ini melibatkan upaya untuk membuat sistem-sistem ini berkomunikasi, berinteraksi, dan bekerja bersama dengan cara yang terkoordinasi untuk mencapai tujuan-tujuan tertentu. Integrasi sistem otomasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kinerja, dan fungsionalitas keseluruhan dari keseluruhan sistem.

Beberapa elemen terkait definisi integrasi sistem otomasi:

1. Penggabungan Sistem:

Integrasi sistem otomasi melibatkan penggabungan berbagai sistem otomasi yang mungkin beroperasi secara terpisah atau menggunakan teknologi yang berbeda.

2. Koordinasi dan Interaksi:

Sistem-sistem yang diintegrasikan harus dapat berkoordinasi dan berinteraksi satu sama lain dengan cara yang terarah untuk mencapai tujuan bersama.

3. Komunikasi Efektif:

Komunikasi antar-sistem otomasi menjadi kunci dalam integrasi ini. Sistem harus dapat saling bertukar informasi, perintah, dan tanggapan secara efektif.

4. Tujuan Bersama:

Integrasi sistem otomasi bertujuan untuk mencapai tujuan bersama atau hasil yang lebih besar daripada yang dapat dicapai oleh setiap sistem secara terpisah.

5. Peningkatan Kinerja:

Integrasi ini dimaksudkan untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem, termasuk efisiensi, responsibilitas, dan kemampuan untuk menangani tugas atau proses tertentu.

6. Flexibilitas dan Adaptabilitas:

Sistem yang terintegrasi harus mampu beradaptasi dengan perubahan, baik dalam hal teknologi baru, perubahan tugas, atau kebutuhan bisnis yang berkembang.

7. Penggunaan Teknologi:

Integrasi sistem otomasi dapat melibatkan penggunaan berbagai teknologi seperti sensor, kontrol otomatis, sistem monitoring, dan perangkat lunak otomasi.

8. Manfaat Ekonomi dan Efisiensi:

Keseluruhan tujuan integrasi sistem otomasi adalah memberikan manfaat ekonomi dan efisiensi, sering kali dengan mengurangi duplikasi pekerjaan dan meningkatkan sinergi antara berbagai komponen otomasi.

Integrasi sistem otomasi dapat diterapkan dalam berbagai konteks, termasuk di bidang industri dan sistem-sistem kompleks lainnya yang melibatkan otomasi. Integrasi sistem otomasi merupakan konsep krusial dalam dunia industri modern yang ditandai oleh kompleksitas sistem dan tuntutan efisiensi tinggi. Sistem otomasi mengacu pada penggunaan teknologi untuk mengendalikan dan mengotomatisasi proses-produksi, yang melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak. Integrasi sistem otomasi merujuk pada upaya

menyatukan berbagai elemen otomasi agar dapat beroperasi secara terkoordinasi dan efektif.

Dalam konteks industri, integrasi sistem otomasi memungkinkan kolaborasi antara berbagai komponen seperti sensor, aktuator, kontroler, dan sistem monitoring. Tujuannya adalah menciptakan lingkungan kerja yang lebih efisien, responsif, dan dapat disesuaikan dengan cepat terhadap perubahan kondisi atau permintaan pasar.

Sistem otomasi terintegrasi merangkum berbagai macam teknologi seperti Internet of Things (IoT), pemrosesan data, kontrol otomatis, data science, dan artificial intelligence atau kecerdasan buatan untuk mencapai tingkat otomasi yang optimal. Dengan demikian, integrasi sistem otomasi menjadi kunci dalam mencapai manufaktur yang adaptif, memastikan produksi yang cepat, akurat, dan dapat bersaing di pasar global kedepannya.

Dalam bab ini, kita akan membahas arsitektur dari integrasi sistem otomasi, kelebihan dan kekurangan integrasi sistem otomasi, permasalahan yang dapat terjadi pada integrasi sistem otomasi, dan solusi permasalahan yang mungkin terjadi pada integrasi sistem.

6.2 Arsitektur dan Pembagian Bidang Integrasi Sistem Otomasi

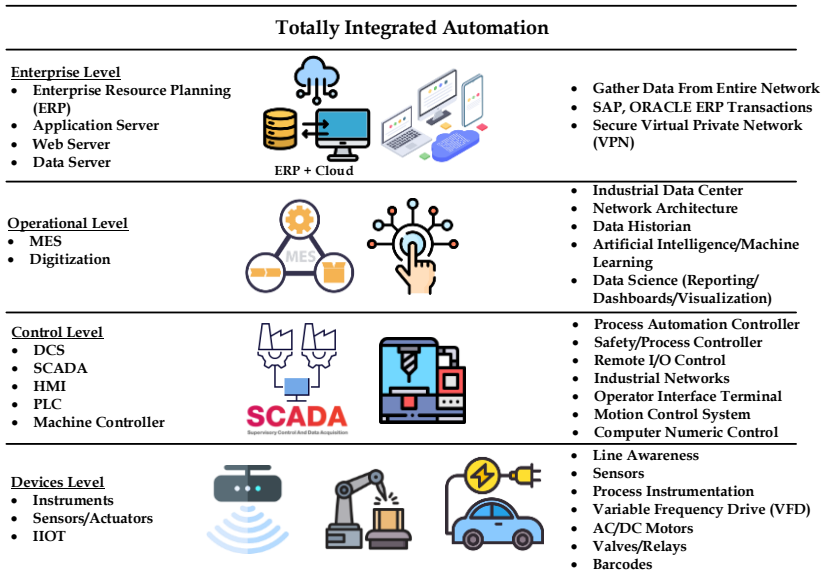
Arsitektur dan pembagian bidang dari integrasi sistem otomasi melibatkan struktur level atau hubungan antarbagian dalam sistem tersebut. Ini mencakup beberapa elemen kunci untuk memastikan berfungsinya integrasi sistem otomasi dengan baik (lihat gambar 10.1). Berikut adalah komponen utama dalam arsitektur integrasi sistem otomasi:

Device Level

Dalam arsitektur integrasi sistem otomasi, istilah “device level” merujuk pada tingkat atau lapisan sistem yang berfokus pada perangkat-perangkat fisik atau device yang digunakan dalam proses otomasi. Pada tingkat ini, fokus utama adalah pengawasan langsung terhadap perangkat keras atau device yang terlibat dalam sistem otomasi. Device level berfokus pada perangkat fisik seperti sensor, aktuator, dan perangkat keras lainnya yang digunakan dalam otomasi industri atau proses tertentu (Lu et al., 2020). Contohnya, Sensor digunakan untuk mendeteksi dan mengukur berbagai parameter fisik atau keadaan lingkungan. Contoh beberapa sensor yaitu sensor suhu, sensor tekanan, sensor kelembaban, dll. Sedangkan aktuator bertanggung jawab untuk merespons sinyal kontrol dari sistem dan melakukan tindakan fisik. Misalnya, motor, katup pneumatik, atau elektromagnet.

Control Level

Pada arsitektur integrasi sistem otomasi mengacu pada hirarki fungsional dalam sistem kendali. Melakukan pemantauan data dan kontrol operasi sistem berdasarkan input dari device level. Contohnya, DCS (Distributed Control System): memiliki peran dalam mengawasi dan mengontrol proses produksi di suatu industri (Bhamare et al., 2020). SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition): Menyediakan antarmuka pengguna grafis untuk memonitor dan mengontrol proses produksi (Upadhyay & Sampalli, 2020). PLC (Programmable Logic Controller): Mengontrol operasi berbagai mesin dan peralatan dalam sistem otomasi (Vadi et al., 2022). HMI (Human Machine Interface) adalah sebuah perangkat atau teknologi antarmuka yang menjadi penghubung antara pengguna (manusia) dan mesin (Kumar & Lee, 2022).



Gambar 6. 1. Arsitektur Integrasi Sistem Otomasi

(Sumber: (Lu et al., 2020))

Pada level ini juga biasanya terdapat pengaturan pada Jaringan Komunikasi. Seperti, fieldbus Networks digunakan untuk menyediakan saluran komunikasi antar berbagai perangkat di lapangan seperti sensor, aktuator, dan PLC. Ethernet/IP digunakan untuk komunikasi tingkat atas antara berbagai kontroler, PC, dan sistem lainnya. Terakhir, terdapat juga komponen Middleware yang digunakan untuk membantu dalam integrasi berbagai perangkat dan sistem yang berbeda, dan memungkinkan pertukaran data yang lancar dan terkoordinasi.

Operational Level

Operational level pada arsitektur integrasi sistem otomasi merujuk pada tingkat fungsional yang berhubungan langsung dengan operasi lapangan atau proses produksi.

Operational level dalam arsitektur integrasi sistem otomasi merujuk pada tingkat operasional di mana proses produksi dan eksekusi tugas-tugas dilakukan. Ini adalah lapisan di mana data operasional diperoleh, diproses, dan digunakan untuk mengontrol perangkat keras dan perangkat lunak yang terlibat dalam operasi sistem. Pada level ini teknologi seperti MES (Manufacturing Execution System) digunakan (Mantravadi et al., 2023). Yaitu merupakan teknologi sistem informasi yang digunakan untuk memantau dan melacak proses produksi barang manufaktur di pabrik. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa operasi manufaktur berjalan secara efektif untuk meningkatkan hasil produksi perusahaan. MES berperan sebagai penghubung ke level di atasnya yaitu sistem perencanaan sumber daya perusahaan (Enterprise Resource Planning/ERP). Terakhir, pada level ini juga teknologi pengolahan data/visualisasi data dan analisis data seperti data science dan kecerdasan buatan (AI/ Machine Learning) dapat digunakan untuk menyediakan analisis data dan keputusan yang lebih canggih untuk meningkatkan efisiensi dan otomasi adaptif (Zhang & Lu, 2021).

Enterprise Level

Level terakhir adalah enterprise level yang bertanggung jawab atas pengaturan, pemrograman, dan manajemen seluruh sistem otomasi. Enterprise level dalam arsitektur integrasi sistem otomasi merujuk pada tingkat organisasi atau perusahaan secara keseluruhan. Pada tingkat ini, fokus utamanya adalah pada pengelolaan sumber daya dan informasi di seluruh organisasi, termasuk pengambilan keputusan strategis, pengelolaan rantai pasokan, dan analisis data yang mencakup semua aspek operasional. Istilah yang biasa digunakan pada level ini adalah ERP (Enterprise Resource Planning) (Butarbutar et al., 2023). Yaitu proses mengintegrasikan fungsi bisnis di seluruh perusahaan, termasuk

produksi, keuangan, dan sumber daya manusia. Pada level ini juga integrasi dapat dilakukan dengan sistem eksternal. Di tingkat enterprise, integrasi sistem otomasi harus dapat berinteraksi dengan sistem eksternal seperti pemasok, mitra bisnis, dan pelanggan. Agar dapat mendukung proses kolaborasi lintas perusahaan. Tetapi pada level ini juga terdapat isu penting yang harus diperhatikan yaitu mengenai bagaimana pengelolaan keamanan informasi dan kepatuhan terhadap peraturan di tingkat enterprise. Ini mencakup kebijakan keamanan data, dan perlindungan privasi. Enterprise level memainkan peran sangat penting dalam memastikan bahwa proses integrasi dapat dijalankan secara efisien dan terkoordinasi.

6.3 Kelebihan dan Kekurangan Integrasi Sistem Otomasi

Penting untuk mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan ini dengan cermat untuk memastikan bahwa integrasi sistem otomasi sesuai dengan kebutuhan dan tujuan bisnis tertentu. Dengan memahami kelebihan dan kekurangan ini, perusahaan dapat merencanakan dan mengimplementasikan integrasi sistem otomasi dengan baik. Berikut adalah kelebihan dan kekurangan dari integrasi sistem otomasi (Onososen & Musonda, 2022):

Keuntungan Integrasi Sistem Otomasi:

1. Efisiensi Operasional: Integrasi sistem otomasi dapat meningkatkan efisiensi operasional dengan mengoptimalkan penggunaan peralatan, mengurangi waktu siklus, dan meningkatkan produktivitas.
2. Kualitas Produk: Sistem otomasi dapat mengurangi kesalahan manusia dan konsisten dalam menjalankan tugas, menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik.

3. Pemantauan dan Kendali: Integrasi memungkinkan pemantauan real-time terhadap seluruh sistem, memungkinkan pengambilan keputusan cepat dan kontrol yang lebih baik.
4. Fleksibilitas dan Adaptabilitas: Sistem otomasi yang terintegrasi dapat lebih mudah disesuaikan dengan perubahan kebutuhan produksi atau bisnis tanpa memerlukan perubahan besar pada infrastruktur.
5. Reduksi Biaya Operasional: Otomatisasi dapat mengurangi biaya operasional jangka panjang melalui penghematan energi, pengurangan limbah, dan efisiensi penggunaan sumber daya.
6. Integrasi Data: Integrasi sistem memungkinkan aliran data yang lancar antar departemen, mendukung pengambilan keputusan berbasis data yang akurat.
7. Keamanan: Integrasi sistem dapat meningkatkan keamanan dengan mengimplementasikan protokol keamanan yang ketat dan pemantauan keamanan yang terus-menerus.
8. Peningkatan Responsivitas: Dengan pemantauan dan kontrol real-time, integrasi sistem dapat meningkatkan responsivitas terhadap perubahan pasar atau kondisi lingkungan.

Kekurangan Integrasi Sistem Otomasi:

1. Biaya Implementasi Awal: Biaya implementasi sistem otomasi dan integrasi bisa tinggi, terutama pada awal implementasi.
2. Ketergantungan pada Teknologi: Ketergantungan pada teknologi dapat menyebabkan kerentanan terhadap gangguan atau kegagalan sistem.
3. Pembaruan dan Perawatan: Pembaruan dan perawatan sistem terkadang memerlukan waktu dan sumber daya yang signifikan.
4. Pelatihan Karyawan: Pelatihan karyawan untuk menggunakan sistem otomasi yang baru dapat memerlukan waktu dan usaha.

5. Ketidakseimbangan antara Manusia dan Otomasi: Kesalahan manusia dapat terjadi jika interaksi antara manusia dan sistem otomasi tidak diatur dengan baik.
6. Kompleksitas Sistem: Sistem otomasi yang kompleks dapat sulit diatur dan memerlukan pemahaman teknis yang mendalam.
7. Kesulitan dalam Integrasi dengan Sistem Lama: Integrasi dengan sistem yang sudah ada mungkin sulit, terutama jika infrastruktur lama tidak mendukung otomasi sistem baru.
8. Potensi Masalah Keamanan: Integrasi sistem membawa risiko potensial keamanan, terutama jika tindakan keamanan yang memadai tidak diimplementasikan.

6.4 Permasalahan Yang Dapat Terjadi Pada Integrasi Sistem Otomasi

Permasalahan yang dapat terjadi pada integrasi sistem otomasi melibatkan berbagai aspek, dan beberapa di antaranya termasuk (Salvato et al., 2022):

1. Inkompatibilitas Sistem: Sistem otomasi yang berasal dari penyedia yang berbeda atau dibangun pada platform yang berbeda mungkin tidak kompatibel secara langsung, menyebabkan kesulitan dalam integrasi.
2. Ketidakesesuaian Protokol Komunikasi: Protokol komunikasi yang berbeda antar perangkat atau sistem dapat menyulitkan proses pertukaran data yang efektif dan dapat merugikan integrasi.
3. Kurangnya Interoperabilitas: Beberapa sistem otomasi mungkin tidak dirancang untuk bekerja sama dengan sistem lain, menyebabkan kurangnya interoperabilitas antar perangkat.
4. Kesulitan Pengembangan API (Application Programming Interface): Jika API yang dibutuhkan untuk integrasi tidak tersedia atau sulit untuk dikembangkan, integrasi sistem dapat menjadi rumit.

5. Masalah Keamanan: Integrasi sistem membawa risiko keamanan tambahan, seperti potensi ancaman keamanan siber atau pelanggaran keamanan data yang lemah dan tidak cukup memadai untuk diimplementasikan.
6. Pengelolaan Data yang Kompleks: Integrasi sistem sering melibatkan pertukaran data besar antar sistem. Pengelolaan data yang kompleks ini dapat menyebabkan kesulitan dalam identifikasi, pengaturan, dan pemrosesan data dengan efisien.
7. Kurangnya Keterlibatan Karyawan: Keterlibatan dan pelibatan karyawan dalam proses integrasi sering kali diabaikan, yang dapat menyebabkan resistensi dan kesulitan dalam mengadopsi perubahan.
8. Kesulitan dalam Pemeliharaan dan Pembaruan: Pemeliharaan dan pembaruan sistem otomatisasi yang terintegrasi dapat menjadi rumit dan memerlukan upaya yang signifikan, terutama jika tidak ada perencanaan yang baik.
9. Resistensi Terhadap Perubahan: Karyawan atau tim yang terlibat mungkin resisten terhadap perubahan, terutama jika integrasi menyebabkan perubahan besar dalam proses kerja mereka.
10. Kurangnya Pemantauan dan Pemeliharaan Berkelanjutan: Setelah integrasi dilakukan, kurangnya pemantauan dan pemeliharaan berkelanjutan dapat menyebabkan ketidakmampuan sistem untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau kebutuhan bisnis yang baru.

Penting untuk merencanakan integrasi sistem dengan hati-hati, dengan mempertimbangkan semua aspek ini diharapkan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya permasalahan pada sistem.

6.5 Solusi Permasalahan Yang Mungkin Terjadi Pada Integrasi Sistem Otomasi

Untuk mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi pada integrasi sistem otomasi, berikut adalah beberapa langkah yang dapat diambil (Hacioglu & Sevgilioglu, 2019):

1. Rencanakan Integrasi dengan Teliti:

Mulailah dengan perencanaan yang teliti sebelum memulai proses integrasi. Identifikasi tujuan, kebutuhan, dan batasan dari integrasi tersebut.

2. Pilih Sistem yang Kompatibel:

Pilih sistem otomasi yang kompatibel satu sama lain. Pastikan bahwa sistem yang akan diintegrasikan mempunyai kemampuan untuk bekerja bersama secara efektif.

3. Pilih Protokol Komunikasi yang Sama:

Pastikan bahwa semua sistem yang terlibat menggunakan protokol komunikasi yang sama atau dapat diintegrasikan dengan mudah melalui gateway atau pengonversi protokol.

4. Perhatikan Interoperabilitas:

Pilih sistem yang dirancang untuk interoperabilitas. Pastikan bahwa API dan antarmuka lainnya mudah diakses dan digunakan.

5. Prioritaskan Keamanan:

Implementasikan langkah-langkah keamanan yang kuat untuk melindungi data dan sistem yang terlibat. Enkripsi data, autentikasi pengguna, dan pemantauan keamanan yang terus-menerus dapat membantu mengurangi risiko keamanan.

6. Berfokus pada Pengembangan API yang Efisien:

Jika diperlukan pengembangan API kustom, pastikan bahwa proses ini dilakukan secara efisien dan sesuai dengan standar terkait.

7. Melibatkan Tim Pengguna Akhir:

Dapatkan umpan balik dan keterlibatan dari tim pengguna akhir selama seluruh proses integrasi. Ini dapat membantu mengidentifikasi masalah lebih awal dan meningkatkan penerimaan perubahan.

8. Pelatihan Karyawan:

Lakukan pelatihan karyawan terkait perubahan yang terjadi akibat integrasi. Hal ini dapat membantu mengurangi resistensi terhadap perubahan dan meningkatkan penerimaan sistem yang baru.

9. Implementasikan Strategi Pemeliharaan dan Pembaruan:

Rencanakan strategi pemeliharaan dan pembaruan yang teratur untuk memastikan bahwa sistem terus beroperasi secara optimal dan dapat diadaptasi ke perubahan yang diperlukan.

10. Lakukan Pemantauan dan Evaluasi Berkelanjutan:

Terus lakukan pemantauan kinerja sistem dan identifikasi area yang memerlukan perbaikan atau peningkatan. Lakukan evaluasi berkala untuk memastikan bahwa integrasi tetap sesuai dengan tujuan dan kebutuhan bisnis.

11. Pertimbangkan Jasa Konsultan Integrasi Sistem:

Dalam beberapa kasus, mendapatkan bantuan dari jasa konsultan integrasi sistem dapat membantu memastikan kesuksesan dan keefektifan proses integrasi.

Mengatasi permasalahan integrasi sistem memerlukan pendekatan yang holistik, melibatkan berbagai pihak terkait dan mempertimbangkan aspek teknis, keamanan, dan manusia.

6.6 Kesimpulan

Integrasi sistem otomasi adalah langkah maju yang sangat signifikan dalam dunia industri modern. Dengan menyatukan berbagai komponen otomasi, termasuk perangkat keras, perangkat lunak, dan proses bisnis, organisasi dapat mengoptimalkan efisiensi, meningkatkan kontrol, dan mencapai tingkat kinerja yang lebih kompleks. Kelebihan dari integrasi sistem otomasi mencakup peningkatan efisiensi operasional, dan optimasi penggunaan sumber daya. Fleksibilitas produksi, kemampuan monitoring dan kontrol real-time, serta pemeliharaan preventif juga menjadi aspek positif.

Meskipun demikian, ada beberapa tantangan dan kelemahan yang perlu diatasi. Biaya implementasi awal yang tinggi, kompleksitas sistem, dan resiko keamanan adalah beberapa faktor yang perlu diperhatikan. Ketergantungan pada teknologi, kesulitan pemeliharaan, dan resiko keselamatan juga menjadi aspek yang perlu manajemen yang cermat. Pentingnya pelatihan personel dan perencanaan yang matang menjadi kunci kesuksesan dalam mengintegrasikan sistem otomasi. Terutama pada peran System Integrator yaitu orang yang akan menganalisis, merencanakan, dan mengkoordinasikan integrasi sistem menjadi satu kesatuan utuh.

Secara keseluruhan, integrasi sistem otomasi memberikan peluang besar untuk meningkatkan daya saing dan efisiensi operasional organisasi/perusahaan. Dengan manajemen yang baik, organisasi/perusahaan dapat mengatasi tantangan yang muncul dan meraih manfaat maksimal dari implementasi integrasi sistem otomasi. Dengan perkembangan teknologi terus-menerus, integrasi ini dapat menjadi fondasi yang kokoh untuk mendukung pertumbuhan dan inovasi di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhamare, D., Zolanvari, M., Erbad, A., Jain, R., Khan, K., & Meskin, N. (2020). Cybersecurity for industrial control systems: A survey. *Computers & Security*, 89, 101677. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101677>
- Butarbutar, Z. T., Handayani, P. W., Suryono, R. R., & Wibowo, W. S. (2023). Systematic literature review of Critical success factors on enterprise resource planning post implementation. *Cogent Business & Management*, 10(3), 2264001. <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2264001>
- Hacioglu, U., & Sevgilioglu, G. (2019). The evolving role of automated systems and its cyber-security issue for global business operations in Industry 4.0. *International Journal of Business Ecosystem & Strategy* (2687-2293), 1(1), 01–11. <https://doi.org/10.36096/ijbes.v1i1.105>
- Kumar, N., & Lee, S. C. (2022). Human-machine interface in smart factory: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121284. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121284>
- Lu, Y., Xu, X., & Wang, L. (2020). Smart manufacturing process and system automation – A critical review of the standards and envisioned scenarios. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.010>
- Mantravadi, S., Srai, J. S., & Møller, C. (2023). Application of MES/MOM for Industry 4.0 supply chains: A cross-case analysis. *Computers in Industry*, 148, 103907. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103907>

- Onososen, A. O., & Musonda, I. (2022). Perceived Benefits of Automation and Artificial Intelligence in the AEC Sector: An Interpretive Structural Modeling Approach. *Frontiers in Built Environment*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.864814>
- Salvato, R., Marra, G., Scardamaglia, P., Di Gironimo, G., Marzullo, D., & Mozzillo, R. (2022). Design and Integration of Automation Systems with Manual Operation: Small and Medium Enterprises Issues. In C. Rizzi, F. Campana, M. Bici, F. Gherardini, T. Ingrassia, & P. Cicconi (Eds.), *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 298–307). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91234-5_30
- Upadhyay, D., & Sampalli, S. (2020). SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems: Vulnerability assessment and security recommendations. *Computers & Security*, 89, 101666. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2019.101666>
- Vadi, S., Bayindir, R., Toplar, Y., & Colak, I. (2022). Induction motor control system with a Programmable Logic Controller (PLC) and Profibus communication for industrial plants — An experimental setup. *ISA Transactions*, 122, 459–471. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2021.04.019>
- Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100224>

BAB 7

MANAJEMEN ENERGI DALAM SISTEM OTOMASI

Oleh Suyatno

7.1 Pendahuluan

Manajemen energi adalah proses pengelolaan dan pengaturan efisien penggunaan energi dalam suatu organisasi atau sistem. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan energi dengan cara yang berkelanjutan dan hemat biaya. Manajemen energi melibatkan pemantauan, analisis, perencanaan, implementasi, dan evaluasi kegiatan-kegiatan yang terkait dengan penggunaan energi, baik untuk tujuan industri, komersial, maupun domestik. Hal ini meliputi pemantauan konsumsi energi, pengembangan strategi efisiensi energi, penggunaan teknologi hemat energi, dan peningkatan kesadaran akan pentingnya pengelolaan energi yang berkelanjutan.

Otomasi sistem permesinan adalah penerapan teknologi dan sistem kontrol untuk mengotomatiskan proses-proses dalam operasi mesin atau permesinan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, presisi, dan konsistensi dalam produksi atau proses manufaktur. Otomasi sistem permesinan melibatkan penggunaan sensor, aktuator, perangkat lunak kontrol, dan sistem komputer untuk mengontrol dan mengkoordinasikan berbagai fungsi mesin atau peralatan.

Dalam konteks industri, otomasi sistem permesinan dapat mencakup berbagai teknologi seperti robotika industri, sistem pengendalian numerik komputer (CNC), sistem penglihatan

mesin, dan sistem manufaktur fleksibel (FMS). Hal ini memungkinkan produksi yang lebih efisien, pengurangan kesalahan manusia, peningkatan keamanan, dan adaptasi yang lebih cepat terhadap perubahan permintaan pasar atau proses produksi.

7.2 Pendekatan Manajemen Energi dalam Sistem Otomasi

Manajemen energi dalam sistem otomasi permesinan adalah strategi pengelolaan dan penggunaan energi yang efisien dalam operasi otomatisasi mesin atau peralatan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Beberapa pendekatan dalam manajemen energi dalam sistem otomasi permesinan meliputi:

1. Pemantauan Konsumsi Energi:

Menggunakan sensor dan perangkat pemantauan untuk secara terus-menerus memantau konsumsi energi dari peralatan otomatisasi. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk mengidentifikasi area-area di mana penggunaan energi dapat dioptimalkan.

Pemantauan konsumsi energi adalah langkah kunci dalam manajemen energi yang efektif dalam sistem otomasi permesinan. Dengan menggunakan sensor dan perangkat pemantauan yang tepat, perusahaan dapat memantau konsumsi energi secara terus-menerus dari peralatan otomatisasi mereka. Informasi yang diperoleh dari pemantauan ini kemudian dapat digunakan untuk mengidentifikasi area-area di mana penggunaan energi dapat dioptimalkan, mengurangi pemborosan energi, dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan.

Berikut adalah uraian detail tentang pemantauan konsumsi energi beserta contoh penerapannya:

a. Pemasangan Sensor Energi:

- **Deskripsi:** Sensor energi adalah perangkat yang dipasang pada peralatan atau saluran daya untuk mengukur konsumsi energi. Sensor ini dapat berupa sensor arus listrik untuk mengukur arus yang mengalir melalui kabel, atau sensor pengukur energi yang terpasang langsung pada peralatan.
- **Contoh Penerapan:** Pada sebuah pabrik, sensor arus listrik dipasang pada mesin-mesin produksi utama untuk mengukur konsumsi energi mereka secara real-time. Informasi ini dikirim ke sistem pemantauan sentral untuk analisis lebih lanjut.

b. Sistem Pemantauan Energi:

- **Deskripsi:** Sistem pemantauan energi adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis data konsumsi energi dari sensor-sensor yang terpasang.
- **Contoh Penerapan:** Perusahaan menggunakan sistem pemantauan energi terintegrasi untuk memantau konsumsi energi dari seluruh peralatan otomatisasi mereka. Sistem ini memberikan visualisasi data yang mudah dipahami, memungkinkan operator untuk melacak tren dan pola penggunaan energi.

c. Analisis Konsumsi Energi:

- **Deskripsi:** Analisis konsumsi energi melibatkan penggunaan data yang diperoleh dari pemantauan untuk mengidentifikasi pola-pola konsumsi energi, pemborosan energi, dan peluang untuk meningkatkan efisiensi.

- **Contoh Penerapan:** Melalui analisis data konsumsi energi, perusahaan menemukan bahwa beberapa mesin mengkonsumsi energi secara signifikan bahkan ketika tidak dalam operasi penuh. Hal ini mengarah pada penjadwalan ulang mesin-mesin tersebut untuk mode stand-by saat tidak dalam penggunaan aktif.

d. Identifikasi Peluang Penghematan:

- **Deskripsi:** Setelah analisis data dilakukan, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi area-area di mana penggunaan energi dapat dioptimalkan atau ditingkatkan efisiensinya.
- **Contoh Penerapan:** Berdasarkan analisis konsumsi energi, perusahaan mengidentifikasi bahwa ada potensi untuk mengganti lampu-lampu penerangan di pabrik dengan lampu LED yang lebih efisien. Hal ini dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan dalam jangka panjang.

Dengan menerapkan pemantauan konsumsi energi yang efektif dan menganalisis data dengan cermat, perusahaan dapat mengidentifikasi peluang-peluang untuk mengurangi biaya energi dan meningkatkan efisiensi operasional mereka dalam sistem otomasi permesinan.

2. Pengoptimalan Proses:

Memanfaatkan kontrol otomatis untuk mengatur penggunaan energi berdasarkan kebutuhan aktual proses produksi. Ini bisa berarti mengatur kecepatan mesin, mengoptimalkan siklus kerja, atau menyesuaikan parameter operasional lainnya agar sesuai dengan kebutuhan yang berubah.

Pengoptimalan proses dalam konteks otomasi permesinan adalah penggunaan kontrol otomatis untuk mengatur penggunaan energi berdasarkan kebutuhan aktual proses produksi. Ini mencakup berbagai tindakan seperti mengatur kecepatan mesin, mengoptimalkan siklus kerja, atau menyesuaikan parameter operasional lainnya agar sesuai dengan kebutuhan yang berubah dari waktu ke waktu. Berikut adalah uraian detail beserta contoh penerapannya:

a. Pengaturan Kecepatan Mesin:

- **Deskripsi:** Dalam banyak proses produksi, kecepatan mesin adalah faktor kunci dalam penggunaan energi. Dengan mengontrol kecepatan mesin secara otomatis berdasarkan kebutuhan produksi aktual, energi dapat dihemat tanpa mengorbankan efisiensi produksi.
- **Contoh Penerapan:** Pada sebuah pabrik makanan, mesin pengemasan dipasang dengan sistem pengaturan kecepatan variabel yang dikendalikan oleh sensor yang mendeteksi laju produksi. Ketika permintaan produk meningkat, kecepatan mesin secara otomatis ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan, dan ketika permintaan menurun, kecepatan mesin diturunkan untuk menghemat energi.

b. Optimisasi Siklus Kerja:

- **Deskripsi:** Siklus kerja adalah rangkaian operasi yang harus dilakukan oleh mesin atau peralatan dalam suatu proses produksi. Dengan mengoptimalkan siklus kerja, waktu operasi dan penggunaan energi dapat diminimalkan tanpa mengorbankan output atau kualitas produk.
- **Contoh Penerapan:** Dalam industri manufaktur, mesin pemotong laser digunakan untuk memotong

bahan mentah menjadi bentuk-bentuk tertentu. Dengan menggunakan algoritma kontrol otomatis yang canggih, siklus kerja mesin pemotong laser dapat dioptimalkan secara real-time berdasarkan pola pemotongan yang diperlukan, sehingga menghemat energi dan meningkatkan produktivitas.

c. Penyesuaian Parameter Operasional:

- **Deskripsi:** Berbagai parameter operasional seperti suhu, tekanan, atau aliran bahan dapat disesuaikan secara otomatis untuk meminimalkan konsumsi energi sambil mempertahankan kinerja proses yang optimal.
- **Contoh Penerapan:** Pada pabrik kimia, sistem kontrol otomatis dapat mengatur suhu dan tekanan dalam tangki reaktor berdasarkan jenis reaksi kimia yang sedang berlangsung dan kriteria kinerja lainnya. Dengan menyesuaikan parameter operasional ini secara cerdas, konsumsi energi dapat dioptimalkan tanpa mengorbankan hasil akhir yang diinginkan.

Dengan menerapkan pengoptimalan proses dalam sistem otomasi permesinan, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi energi mereka, mengurangi biaya operasional, dan tetap mempertahankan atau meningkatkan kualitas dan produktivitas proses produksi mereka.

3. Penggunaan Teknologi Hemat Energi:

Mengintegrasikan teknologi hemat energi seperti motor yang efisien, sistem pengaturan kecepatan variabel, atau penggunaan bahan bakar alternatif jika memungkinkan.

Penggunaan teknologi hemat energi dalam sistem otomasi permesinan adalah strategi penting dalam upaya meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan operasi. Berikut adalah uraian detail beserta contoh penerapannya:

a. Motor yang Efisien:

- **Deskripsi:** Mengganti motor konvensional dengan motor yang lebih efisien dapat mengurangi konsumsi energi secara signifikan. Motor yang efisien biasanya memiliki desain yang lebih canggih dan menggunakan material yang lebih baik untuk mengurangi kehilangan energi dalam bentuk panas.
- **Contoh Penerapan:** Sebuah pabrik manufaktur mengganti motor-motor pada mesin-mesin produksi mereka dengan motor yang memenuhi standar efisiensi energi yang lebih tinggi. Ini menghasilkan penghematan energi yang signifikan dalam jangka panjang.

b. Sistem Pengaturan Kecepatan Variabel (Variable Speed Drive/VSD):

- **Deskripsi:** Sistem pengaturan kecepatan variabel memungkinkan mesin untuk beroperasi pada berbagai kecepatan sesuai dengan kebutuhan produksi, sehingga mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu pada kecepatan penuh.
- **Contoh Penerapan:** Pada sebuah fasilitas HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), pompa-pompa air yang digunakan untuk sirkulasi udara diatur menggunakan sistem VSD. Ini memungkinkan pompa untuk beroperasi pada kecepatan yang lebih rendah saat permintaan pendinginan atau pemanasan tidak tinggi, menghemat energi.

c. Penggunaan Bahan Bakar Alternatif:

- **Deskripsi:** Jika memungkinkan, menggunakan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan atau

efisien energi daripada bahan bakar fosil konvensional dapat membantu mengurangi jejak karbon dan biaya energi.

- **Contoh Penerapan:** Sebuah perusahaan transportasi mengganti armada truk-truk mereka dengan truk-truk yang menggunakan bahan bakar gas alam terkompresi (CNG) atau listrik. Ini tidak hanya mengurangi emisi gas rumah kaca tetapi juga mengurangi biaya operasional jangka panjang karena harga bahan bakar yang lebih rendah.

d. Penerapan Teknologi Hemat Energi yang Terintegrasi:

- **Deskripsi:** Kadang-kadang, kombinasi dari beberapa teknologi hemat energi yang berbeda dapat memberikan manfaat yang lebih besar daripada hanya menerapkan satu teknologi tunggal.
- **Contoh Penerapan:** Sebuah pabrik industri mengintegrasikan motor yang efisien, sistem VSD pada mesin-mesin utama, dan panel surya di atap pabrik mereka. Dengan memanfaatkan kombinasi teknologi hemat energi ini, mereka berhasil mengurangi konsumsi energi mereka secara signifikan.

Dengan mengintegrasikan teknologi hemat energi dalam sistem otomasi permesinan mereka, perusahaan dapat mengurangi biaya operasional, meningkatkan keberlanjutan lingkungan, dan menciptakan keuntungan kompetitif jangka panjang.

4. Jadwal Operasional yang Cerdas:

Menggunakan sistem otomasi untuk mengatur jadwal operasional peralatan sehingga digunakan hanya pada saat diperlukan. Ini dapat mencakup penggunaan mode stand-by atau hibernasi saat peralatan tidak dalam penggunaan aktif.

Jadwal operasional yang cerdas merupakan strategi dalam manajemen energi yang menggunakan sistem otomasi untuk mengatur jadwal operasional peralatan sehingga digunakan hanya pada saat diperlukan. Ini bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu saat peralatan tidak sedang digunakan secara aktif. Metode ini dapat mencakup penggunaan mode stand-by atau hibernasi saat peralatan tidak dalam penggunaan aktif. Berikut adalah uraian detail beserta contoh penerapannya:

a. Mode Stand-by atau Hibernasi:

- **Deskripsi:** Mode stand-by atau hibernasi adalah mode operasi di mana peralatan atau mesin berada dalam keadaan siaga tetapi tidak beroperasi penuh. Pada mode ini, konsumsi energi peralatan dapat dikurangi secara signifikan dibandingkan dengan saat beroperasi normal.
- **Contoh Penerapan:** Pada sebuah kantor, komputer-komputer diprogram untuk masuk ke mode stand-by atau hibernasi setelah periode inaktivitas tertentu. Ini membantu mengurangi konsumsi energi selama jam kerja ketika komputer tidak digunakan secara aktif, tanpa mengganggu kinerja atau produktivitas pengguna.

b. Pengaturan Jadwal Operasional:

- **Deskripsi:** Mengatur jadwal operasional peralatan berarti menentukan waktu-waktu tertentu di mana peralatan dihidupkan atau dimatikan berdasarkan kebutuhan produksi atau penggunaan yang dijadwalkan.
- **Contoh Penerapan:** Pada sebuah pabrik manufaktur, mesin-mesin produksi **besar** dijadwalkan untuk beroperasi hanya selama jam produksi utama, sementara pada malam hari atau

akhir pekan, mesin-mesin tersebut dimatikan atau diatur ke mode stand-by untuk menghemat energi.

c. Penggunaan Sensor dan Otomasi:

- **Deskripsi:** Penggunaan sensor dan sistem otomasi **dapat** membantu dalam mengidentifikasi saat-saat di mana peralatan dibutuhkan dan mengatur operasinya secara otomatis berdasarkan permintaan atau kondisi lingkungan.
- **Contoh Penerapan:** Pada sistem pencahayaan di sebuah gedung perkantoran, sensor gerak dipasang untuk mendeteksi kehadiran orang di ruangan. Ketika **sensor** mendeteksi bahwa tidak ada orang di ruangan, sistem pencahayaan secara otomatis mengurangi intensitas atau mematikan lampu untuk menghemat energi.

d. Pengaturan Peralatan dengan Sistem Pintar:

- **Deskripsi:** Sistem pintar menggunakan teknologi terkini seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) untuk mengoptimalkan penggunaan energi peralatan berdasarkan pola penggunaan, kondisi **lingkungan**, dan faktor-faktor lainnya.
- **Contoh Penerapan:** Pada sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) di sebuah bangunan komersial, sistem pintar menggunakan data cuaca dan pola penggunaan ruangan untuk mengatur suhu dan ventilasi secara otomatis, meminimalkan konsumsi energi tanpa mengurangi kenyamanan penghuni bangunan.

Dengan menerapkan jadwal operasional yang cerdas menggunakan sistem otomasi, perusahaan dapat mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu, menghemat

biaya operasional, dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan mereka.

5. Pendidikan dan Pelatihan

Melibatkan personel dalam program pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan energi yang efisien dan memberikan keterampilan untuk mengidentifikasi dan mengimplementasikan praktik-praktik hemat energi.

Pendidikan dan pelatihan merupakan langkah penting dalam membangun kesadaran dan keterampilan dalam pengelolaan energi yang efisien di tempat kerja. Ini melibatkan mengajarkan personel tentang pentingnya efisiensi energi, memperkenalkan mereka pada praktik-praktik hemat energi, dan memberikan keterampilan untuk mengidentifikasi serta mengimplementasikan solusi energi yang efisien. Berikut adalah uraian detail beserta contoh penerapannya:

a. Pemahaman Tentang Efisiensi Energi:

- **Deskripsi:** Program pendidikan dan pelatihan dimulai dengan memperkenalkan konsep dan prinsip dasar efisiensi energi kepada personel. Ini termasuk pemahaman tentang sumber daya energi, dampak lingkungan dari konsumsi energi berlebihan, dan pentingnya pengelolaan energi yang efisien di tempat kerja.
- **Contoh Penerapan:** Sebuah perusahaan mengadakan sesi pelatihan untuk semua karyawan tentang pentingnya efisiensi energi dalam operasi sehari-hari mereka. Mereka menyampaikan informasi tentang cara-cara kecil untuk menghemat energi, seperti mematikan peralatan saat tidak digunakan atau menyesuaikan suhu ruangan agar sesuai dengan kebutuhan.

b. Identifikasi Peluang Hemat Energi:

- **Deskripsi:** Program pendidikan dan pelatihan juga mencakup pengajaran keterampilan untuk mengidentifikasi peluang hemat energi di lingkungan kerja. Ini melibatkan mengajarkan cara menganalisis sistem dan proses untuk menemukan area-area di mana energi dapat dihemat.
- **Contoh Penerapan:** Sebuah pabrik mengadakan workshop untuk tim teknisi mereka tentang cara mengidentifikasi kebocoran energi dalam sistem permesinan. Mereka dilatih untuk menggunakan alat pemantauan energi dan teknik inspeksi visual untuk menemukan kebocoran udara pada peralatan dan sistem pipa.

c. Pengembangan Keterampilan Implementasi:

- **Deskripsi:** Selain memahami konsep-konsep efisiensi energi, personel juga perlu dilatih dalam keterampilan teknis yang diperlukan untuk mengimplementasikan praktik-praktik hemat energi. Ini bisa termasuk pemeliharaan peralatan yang efisien energi, penggunaan teknologi hemat energi, atau pengaturan sistem otomatisasi untuk mengelola konsumsi energi.
- **Contoh Penerapan:** Sebuah tim teknisi di sebuah hotel dilatih dalam perawatan dan pemeliharaan sistem HVAC dengan fokus pada efisiensi energi. Mereka belajar tentang pengaturan suhu yang **optimal**, perawatan filter udara, dan pemeliharaan rutin untuk memastikan sistem HVAC beroperasi secara efisien.

d. Kontinuitas Pendidikan dan Pelatihan:

- **Deskripsi:** Program pendidikan dan pelatihan mengharuskan untuk berkelanjutan, karena teknologi dan praktik efisiensi energi terus

berkembang. Personel perlu terus menerima pembaruan tentang inovasi terbaru dan praktik terbaik dalam manajemen energi.

- **Contoh Penerapan:** Sebuah perusahaan membangun program pendidikan dan pelatihan berkelanjutan tentang efisiensi energi, termasuk webinar rutin, bahan bacaan, dan sesi pelatihan langsung. Mereka juga mendorong partisipasi dalam seminar dan konferensi industri terkait energi untuk memastikan personel tetap update dengan perkembangan terbaru.

Dengan melibatkan personel dalam program pendidikan dan pelatihan yang komprehensif tentang efisiensi energi, perusahaan dapat menciptakan budaya kesadaran energi yang kuat, meningkatkan keterampilan teknis personel, dan menghasilkan penghematan energi yang signifikan dalam operasi mereka.

Dengan menerapkan manajemen energi yang efektif dalam sistem otomasi permesinan, perusahaan dapat mengurangi biaya operasional, meningkatkan keberlanjutan lingkungan, dan meningkatkan daya saing mereka di pasar.

7.3 Tahapan Implementasi Manajemen Energi dalam Sistem Otomasi

Dalam sistem otomasi, manajemen energi melibatkan serangkaian tahapan untuk memastikan penggunaan energi yang efisien dan berkelanjutan. Berikut adalah tahapan-tahapan dalam manajemen energi dalam sistem otomasi:

1. Penetapan Tujuan dan Kebutuhan

- a. Identifikasi tujuan utama dalam pengelolaan energi, seperti pengurangan biaya energi, pemenuhan regulasi lingkungan, atau peningkatan efisiensi operasional.
- b. Tentukan kebutuhan spesifik sistem otomasi yang berkaitan dengan manajemen energi, seperti pemantauan konsumsi energi, pengaturan otomatis peralatan, atau integrasi teknologi hemat energi.

2. Pemantauan Konsumsi Energi

- a. Pasang sensor dan perangkat pemantauan untuk mengukur dan merekam data konsumsi energi dari peralatan otomatisasi.
- b. Gunakan sistem pemantauan energi untuk memantau dan menganalisis data konsumsi energi secara real-time.

3. Analisis Data Energi

- a. Analisis data yang terkumpul untuk mengidentifikasi pola konsumsi energi, tren, dan area-area di mana penggunaan energi dapat dioptimalkan.
- b. Identifikasi peralatan atau proses yang menggunakan energi secara berlebihan atau tidak efisien.

4. Perencanaan Solusi Hemat Energi

- a. Berdasarkan hasil analisis data, identifikasi dan evaluasi solusi hemat energi yang sesuai dengan kebutuhan dan tujuan sistem otomasi.
- b. Rencanakan implementasi solusi-solusi hemat energi yang dipilih, termasuk penggunaan motor yang efisien, sistem pengaturan kecepatan variabel, atau penggunaan bahan bakar alternatif.

5. Implementasi Solusi Hemat Energi

- a. Integrasikan solusi hemat energi ke dalam sistem otomasi, termasuk konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan.

- b. Uji coba solusi hemat energi untuk memastikan kinerja dan kepatuhan terhadap tujuan yang ditetapkan.

6. Pengaturan Jadwal Operasional yang Cerdas

Gunakan sistem otomasi untuk mengatur jadwal operasional peralatan sehingga digunakan hanya pada saat diperlukan, dan aktifkan mode stand-by atau hibernasi saat tidak dalam penggunaan aktif.

7. Pendidikan dan Pelatihan:

Libatkan personel dalam program pendidikan dan pelatihan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan energi yang efisien dan memberikan keterampilan untuk mengidentifikasi serta mengimplementasikan praktik-praktik hemat energi.

8. Evaluasi dan Peningkatan:

- a. Lakukan evaluasi berkala terhadap efektivitas langkah-langkah manajemen energi yang telah diimplementasikan.
- b. Identifikasi area-area untuk perbaikan dan peningkatan lanjutan dalam manajemen energi, serta rencanakan langkah-langkah untuk terus meningkatkan efisiensi energi.

Dengan mengikuti tahapan-tahapan ini, perusahaan dapat mengelola energi secara lebih efisien dalam sistem otomasi mereka, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan keberlanjutan lingkungan operasi mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Johny Muharam dkk. 2005. Penggunaan Dan Pemeliharaan Peralatan dan Perlengkapan Tempat Kerja. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Zevy D. Maran. 2008. Peralatan Bengkel Otomotif. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Barnes, B.R., 2005, Analysing Service Quality: The Case of Post-Graduate Chinese Students, Journal Leeds University Business School.
- Berndt, A., 2009, Investigating Service Quality Dimensions In South African Motor Vehicle Servicing, African Journal of Marketing Management.
- Bojanic, D., dan Rosen, D. (1994), Measuring Service Quality In Restaurants: an Application of The SERVQUAL Instrument, Hospitality Research Journal.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Humayatul Ummah Syarif, ST., MT

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Fajar

Penulis lahir di Ujung Padang tanggal 23 Juli 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Fajar. Menyelesaikan pendidikan D3 Politeknik Makassar 1990. Melanjutkan S1 Teknik Mesin Program Ekstension (2000-2003) pada Universitas Hasanuddin. Kuliah S2 (2004-2008) pada Universitas Hasanuddin. Melanjutkan S3 di Universitas Hasanuddin (2011-2015). Melaksanakan Program Sandwich di Universitas Miyasaki (September-desember 2014). Pengalaman kerja Bukaka Teknik Utama di Jakarta (1991-1995) setelah itu bekerja PT. Kalla Electrical System (1995 -1999). Bergabung di organisasi Persatuan Insinyur Indonesia (PII) dari tahun 2016 -sampai sekarang. Sekarang bekerja sebagai Dosen tetap di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar.

BIODATA PENULIS



Ifan Wiranto, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

Penulis lahir di Manado pada tanggal 28 Januari 1972. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan program Magister pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol di Institut Teknologi Bandung. Penulis menekuni bidang Rekayasa Kontrol dan Kecerdasan Tiruan. Beberapa mata kuliah yang diampu penulis baik di dalam program studi maupun diluar program studi adalah Kalkulus, Matematika Teknik, Fisika Dasar, Aljabar Linier, Teknik Kendali Dasar, Isyarat dan Sistem, Medan Elektromagnetis, Kecerdasan Buatan, Pengantar logika Fuzzy, Kontrol Optimal, serta Probabilitas dan Statistika.

BIODATA PENULIS



Cahyo Wibowo, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Mpu Tantular Jakarta

Cahyo Wibowo, putra dari Alm. Bapak Suratno dan Ibu Sutarni terlahir di Wonogiri, 14 September 1972, Sejak lulus jurusan Teknik mesin program pascasarjana Universitas Pancasila pada Tahun 2018. Kini penulis sedang bekerja di perusahaan swasta bidang *engineering* sektor energi yaitu *compressed natural gas* dan bekerja paruh waktu juga sebagai dosen tetap program studi Teknik mesin di Universitas Mpu tantular Jakarta. Kini kesibukan penulis ialah lebih menghabiskan waktu untuk bekerja di bidang *engineering* di perusahaan yang saat ini bekerja serta mengajar dan menulis. Karya-karya yang telah dibuat dimuat di media *online*, jurnal nasional, jurnal internasional dan jurnal nasional bereputasi. Penulis juga aktif mengembangkan mesin-mesin dan peralatan yang digunakan dalam bisnis *compressed natural gas*. Pada beberapa kesempatan penulis melakukan penelitian sesuai bidangnya dan beberapa telah diurnalkan selain itu sebagai bagian dari masyarakat di lingkungan tempat tinggalnya penulis juga melaksanakan pengabdian kepada masyarakat.

BIODATA PENULIS



Mustopa Kamal, S.St.Pi.,M.Tr.Pi

Dosen Program Studi Permesinan Perikanan
Politeknik Ahli Usaha Perikanan

Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 06 Oktober 1986 sebagai anak ke-2 dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Hasan dan Ibu Nur Laela. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jl. Rawajati Timur II No 69 Pancoran Jakarta Selatan DKI Jakarta. Penulis menempuh pendidikan sarjana terapan Program Studi Permesinan Perikanan Sekolah Tinggi Perikanan lulus tahun 2008. Pada tahun 2019, Penulis melanjutkan pendidikan pasca sarjana pada program studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Politeknik Ahli Usaha Perikanan dan menamatkan pada tahun 2021.

Setelah menamatkan pendidikan pasca sarjana, Penulis mengabdikan dirinya sebagai dosen pada Politeknik Ahli Usaha Perikanan sampai sekarang. Sejak tahun 2022, penulis mengampu mata kuliah Mesin dan peralatan Perikanan, Fisika Terapan, Pengendalian Sistem Permesinan Kapal Penangkap Ikan, Pesawat Bantu Kapal, Konstruksi dan Stabilitas Kapal Penangkap Ikan. Tahun 2023-Sekarang Penulis Mendapat tugas tambahan sebagai Sekretaris Program Studi Permesinan Perikanan.

BIODATA PENULIS



Rizki Aulia Nanda, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Buana Perjuangan Karawang

Penulis lahir di Panton Labu 26 November 1996 Provinsi Aceh. Penulis merupakan dosen tetap Universitas Buana Perjuangan Karawang Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik. Penulis menyelesaikan S1 pada Program Studi Teknik Mesin dan S2 Magister Teknik Mesin Universitas Syiah Kuala Banda Aceh dengan keahlian Bidang Mekatronika Sistem Kendali dan Pemrograman dan Pengembangan Robotik. Pada S1 dan S2 Menyelesaikan tugas akhir dengan judul pengembangan Robotik Otomatis untuk penanaman bibit pada tumbuhan. Sehingga penulis memegang mata kuliah di sistem kendali otomasi, mekatronika dan pemrograman dasar robotik.

BIODATA PENULIS



Ir. Hamdan Gani, S.Kom., MT., Ph.D

Dosen Program Studi Otomasi Sistem Permesinan
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Ujung Pandang tanggal 23 November 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Program Studi Otomasi Sistem Permesinan Politeknik ATI Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Informatika UIN Alauddin Makassar, S2 pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Hasanuddin dan Melanjutkan S3 di Kyushu University Jepang dan terakhir melanjutkan pendidikan profesi Insinyur pada Universitas Muslim Indonesia (UMI).

BIODATA PENULIS



Dr. Drs. Suyatno, MT

Dosen Jurusan Teknik Mesin, FTSP
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Dr. Drs. Suyatno, MT, lahir di Aceh Tamiang tanggal 23 November 1963. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri dan Kebumian (FTIK) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura (USTJ). Menyelesaikan Pendidikan S1 Jurusan Teknik Mesin di Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (FPTK) IKIP Padang pada tahun 1989. Menyelesaikan Pendidikan S2 Jurusan Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM) pada tahun 2003. Menyelesaikan Pendidikan S3 Program Studi Ilmu Manajemen di Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB) Universitas Cenderawasih (UNCEN) pada tahun 2023.

Penulis menjadi dosen Akademi Teknik Jayapura (ATJ) tahun 1991-1995, dosen Sekolah Tinggi Teknik Jayapura (STTJ) tahun 1996-1998, dosen Institut Sains dan Teknologi Jayapura (ISTJ) tahun 1999-2003, dosen Universitas sains dan Teknologi Jayapura (USTJ) tahun 2003-sekarang. Penulis menjabat sebagai Kepala UPT Komputer ATJ tahun 1992-1995, Kepala Perpustakaan STTJ tahun 1996-1998, Ketua Jurusan Teknik Mesin ISTJ tahun 1999-2002, Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Kebumian (FTIK) USTJ tahun 2003-2008, Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) USTJ tahun 2009-2011, Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Manajemen

(FIKOM) USTJ tahun 2012-2016, Wakil Rektor IV Bidang Kerjasama USTJ tahun 2017-2022, Wakil Rektor I Bidang Akademik USTJ tahun 2023-sekarang.