



PENGANTAR TEKNIK MESIN

PENULIS :

Aminatus Sa'diyah

Cahyo Wibowo

Zainal Sudirman

Wenny Marthiana

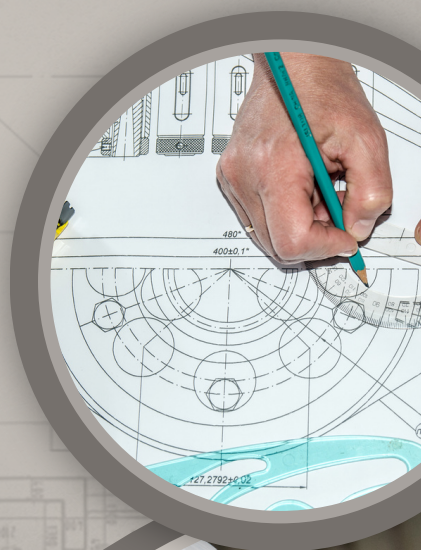
Badaruddin Anwar

Nur Fuadah

Sepriandi Parningotan

Rizki Aulia Nanda

Fahmy Rinanda Saputri



ISBN 978-623-196-402-8



9 786231 984098

PENGANTAR TEKNIK MESIN

**Aminatus Sa'diyah
Cahyo Wibowo
Zainal Sudirman
Wenny Marthiana
Badaruddin Anwar
Nur Fuadah
Sepriandi Parningotan
Rizki Aulia Nanda
Fahmy Rinanda Saputri**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

PENGANTAR TEKNIK MESIN

Penulis :

Aminatus Sa'diyah
Cahyo Wibowo
Zainal Sudirman
Wenny Marthiana
Badaruddin Anwar
Nur Fuadah
Sepriandi Parningotan
Rizki Aulia Nanda
Fahmy Rinanda Saputri

ISBN : 978-623-198-409-8

Editor : Mila Sari, M.Si.

Dede Ahsani, S.T.

Penyunting: Yuliatr Novita, M.Hum.

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

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tengah
Padang Sumatera Barat
Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id
Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Juni 2023

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

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Pengantar Teknik Mesin dapat diselesaikan dengan kerjasama tim penulis. Buku ini pengantar teknik mesin, sejarah teknik mesin, teori dan perkembangan teknik mesin, profesi teknik mesin, analisis mekanis, bahan dan pengolahan, teknik rekayasa, robotik, mesin canggih di era digital.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, Juni 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENGANTAR TEKNIK MESIN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Teori Dasar Permesinan	2
1.2.1 Mekanika	2
1.2.2 Thermodinamika	5
1.3 Rekayasa Permesinan	9
DAFTAR PUSTAKA	10
BAB 2 SEJARAH TEKNIK MESIN	13
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Sejarah	13
2.2.1 Manufaktur sebelum tahun 1800-an	18
2.2.2 Kerajaan Inggris	18
2.3 Perkembangan Teknologi	19
2.4 Studi Kasus: Richard Arkwright	22
2.5 Pengembangan Mesin Untuk Produksi Tenaga	23
2.6 Kondisi Tenaga Kerja (Buruh pabrik)	24
2.6.1 Perbaikan pekerja pabrik	25
2.6.2 Pertumbuhan kota	26
2.7 Perkembangan Teknik Mesin secara Teknologi Abad-21	28
2.7.1 Perkembangan regulasi	31
2.7.2 Aspek pendidikan	32
2.8 Penutup	33
DAFTAR PUSTAKA	35
BAB 3 TEORI DAN PERKEMBANGAN TEKNIK MESIN	39
3.1 Pendahuluan	39
3.2 Sejarah Perkembangan Teknik Mesin	40
3.2.1 Zaman Kuno	40
3.2.2 Zaman Modern	41
3.2.3 Zaman Kontemporer	41
3.3 Hubungan Utama Pada Sejarah Perkembangan Teknik Mesin	42
3.3.1 Hubungan alam, masyarakat, sains dan teknologi	42
3.3.2 Kekuatan pendukung di belakang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.	43
3.3.3 Pengaruh masyarakat	44
3.3.4 Teknik Mesin dan Ilmu Pengetahuan Alam.	44
3.3.5 Teknik Mesin dan Bidang Teknologi Terkait.	44
3.4 kemajuan Teori Mesin Sebelum Industri Revolusi	45

3.4.1 Penyempurnaan teori pada mesin sederhana	45
3.4.2 Kemajuan ilmu terkait dengan mesin.....	45
3.5 Teknologi Mekanik Revolusi Industri.....	46
3.5.1 Perkembangan teknik mesin revolusi industri pertama.	46
3.5.2 Perkembangan teknik mesin revolusi industri kedua.	47
3.5.3 Perkembangan teknik mesin revolusi industri ketiga.	48
3.5.4 Perkembangan teknik mesin revolusi industri keempat atau era sekarang.....	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
BAB 4 PROFESI TEKNIK MESIN.....	53
4.1 Pendahuluan	53
4.2. Disiplin Ilmu bidang Teknik Mesin	54
4.3 Profesi Bidang Teknik Mesin	57
4.4 Karier sarjana Teknik Mesin.....	62
4.4 Kompetensi Lulusan Teknik Mesin.....	63
4.5 Kesimpulan.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67
BAB 5 ANALISIS MEKANIS	69
5.1 Pendahuluan	69
5.2 Sifat Mekanik (<i>Mechanical Properties</i>)	69
5.3 Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>).....	70
5.4 Kekuatan Tekan (<i>Compressive strength</i>)	81
5.5 Kekuatan Lengkung (<i>Bending strength</i>)	82
5.6 Kekuatan Impak (<i>Impact strength</i>).....	84
5.7 Kekuatan Puntir (<i>Torsion strength</i>).....	86
5.8 Kekerasan (<i>Hardness</i>).....	88
DAFTAR PUSTAKA.....	93
BAB 6 BAHAN DAN PENGOLAHAN	95
6.1 Perkembangan bahan dan pengolahannya	95
6.2 Bahan.....	97
6.2.1 Sifat bahan	97
6.2.2 Klasifikasi bahan	98
DAFTAR PUSTAKA.....	114
BAB 7 TEKNIK REKAYASA	117
7.1 Klasifikasi Teknik Rekayasa.....	117
7.2 Klasifikasi Teknik Rekayasa.....	120
7.3 Penerapan Ilmu dan Teknologi Rekayasa.....	121
7.4 Teknologi CAE/CAD/CAM	123
7.5 Klasifikasi Material.....	126
7.5.1 Logam dan Paduannya	127
7.5.2 Keramik dan Kaca.....	127
7.5.3 Polimer	128

7.5.4 Semikonduktor	129
7.5.5 Komposit	130
7.6 Klasifikasi Fungsional Material	131
7.7 Sifat Mekanis Material	133
7.8 Karakteristik Thermal Material.....	135
7.9 Karakteristik Elektrik Material.....	136
DAFTAR PUSTAKA.....	138
BAB 8 ROBOTIK.....	139
8.1 Pengantar Robotik.....	139
8.1.1 Definisi robot.....	139
8.1.2 Sistem robotik.....	140
8.1.3 Klasifikasi robotik.....	141
8.1.4 Klasifikasi berdasarkan medan arena	143
8.2 Konstruksi Robotik	145
8.2.1 Desain dan perancangan robotik.....	145
8.2.2 Simulasi desain robotik	146
8.2.3 Detail desain robotik.....	147
8.3 Komponen elektrik robotik	147
8.3.1 Mikrokontroler	148
8.3.2 Sensor	148
8.3.3 Visual.....	149
8.3.5 Aktuaktor	150
8.3.6 Energi.....	150
8.4 Gerak mekanik	151
8.4.1 Gerak mekanik pada robot beroda	151
8.4.2 Gerak robot pada lengan/arm	153
8.5 Pemrograman.....	153
8.5.1 Pemrograman bahasa C	154
8.5.2 Pemrograman input dan output	154
DAFTAR PUSTAKA.....	156
BAB 9 MESIN CANGGIH DI ERA DIGITAL	159
9.1 Era Digital.....	159
9.1.1 Transformasi Digital.....	160
9.1.2 Tantangan dan Resiko pada Era Digital.....	161
9.1.3 Perkembangan Mesin hingga Era Digital	162
9.2 Mesin Canggih	163
9.3 Potensi Perkembangan Mesin Canggih di Era Digital	171
9.4 Manfaat Mesin Canggih di Era Digital.....	172
9.5 Kelemahan Mesin Canggih di Era Digital	173
9.6 Adaptasi dengan Mesin Canggih di Era Digital	175
9.7 Mesin Canggih pada Bidang Pendidikan	176
9.8 Mesin Canggih pada Bidang Industri	177
9.9 Mesin Canggih pada Gedung/Pusat Perbelanjaan	178

9.10 Mesin Canggih pada Kawasan Pemukiman	180
9.11 Mesin Canggih pada Kawasan Perkotaan.....	181
9.12 Mesin Canggih pada Pusat Kesehatan.....	182
9.13 Mesin Canggih pada Bidang Transportasi	184
DAFTAR PUSTAKA.....	186
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Transmisibilitas	3
Gambar 1.2. Viskositas	6
Gambar 1.3. Pompa fluida	7
Gambar 1.4. Steam power plant.....	7
Gambar 1.5. Perpindahan panas pada pelat komposit	8
Gambar 1.6. Konduktivitas thermal berbagai bahan	8
Gambar 1.7. Superconducting motor	9
Gambar 2.1. Pembangunan Piramida pada abad ke-27 atau sekitar 2630 SM yang masih menggunakan tenaga manusia	14
Gambar 2.2. Sebuah crane tradisional digerakkan oleh tenaga manusia.....	14
Gambar 2.3. Membangun bangunan pada jaman mesir kuno	15
Gambar 2.4. Keledai untuk menggerakkan penggilingan biji-bijian.....	15
Gambar 2.5. Mesin perontok gandum yang digerakkan oleh tenaga kuda	15
Gambar 2.6. Proses Pemintalan benang dilakukan secara manual	16
Gambar 2.7. Aktivitas perbengkelan masih menggunakan manual.....	16
Gambar 2.8. Industri bahan baku mesiu	17
Gambar 2.9. Pemintalan benang tradisional	17
Gambar 2.10. Pemintalan benang dan alat tenun bukan mesin	17
Gambar 2.11. Centennial celebrations of the Stockton & Darlington Railway, 1925	19
Gambar 2.12. Evolusi material dari zaman ke zaman Sejak 10.000 SM sampai dengan 2020 M	20
Gambar 2.13. Kereta kuda sebagai alat transportasi darat.....	20
Gambar 2.14. Kuda menarik gerobak yang mengangkut bahan logistik untuk industry tepung	21
Gambar 2.15. Replika lokomotif uap buatan George Stephenson's	22
Gambar 2.16. Mesin pemintal yang digerakkan oleh turbin air yang disebut dengan Water Frame	23
Gambar 2.17. Pekerja wanita dan anak-anak dengan upah kerja yang sangat murah	25
Gambar 2.18. Aspek perkembangan Teknik mesin.....	28
Gambar 2.19. Pandai besi kuno	30
Gambar 2.20. Pandai besi modern (blacksmith)	31
Gambar 2.12. Penggunaan crane modern dalam pekerjaan pembangunan jembatan.....	32
Gambar 3.1. Alam dan Masyarakat Manusia	43
Gambar 4.1. Kombinasi Skill pada Bidang Engineering	54
Gambar 5.1. Kurva antara tegangan tarik dengan regangan Tarik bahan.....	71
Gambar 5.2. Grafik Tegangan-Regangan Bahan Elastis.....	73

Gambar 5.3. Grafik pengujian Tarik.....	75
Gambar 5.4. (Universal Testing Machine)	75
Gambar 5.5. diagram pengujian Tarik	76
Gambar 5.6. Standar dimensi sampel uji Tarik	76
Gambar 5.7. Bentuk grafik hasil pengujian Tarik	77
Gambar 5.8. Hubungan Tegangan dan Regangan dari hasil	80
Gambar 5.9. skema uji kekakuan	83
Gambar 5.10. Proses Uji Impak	85
Gambar 5.11. Macam-macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impact	86
Gambar 5.11. Skema Uji Puntir	87
Gambar 6.1 Klasifikasi Bahan dalam industry	91
Gambar 6.2. Logam besi	100
Gambar 6.3. Logam non ferro	102
Gambar 6.4. Produk Keramik	106
Gambar 6.5. Polimer	106
Gambar 6.6. Material Komposit.....	112
Gambar 6.7. Semi Konduktor.....	113
Gambar 7.1. J85 GE 17A Turbojet Engine	121
Gambar 7.2 Aplikasi Material Logam di Bidang Teknik	127
Gambar 7.3 Produk dengan bahan dasar keramik dan kaca	128
Gambar 7.4 Aplikasi polimer dalam suatu produk	129
Gambar 7.5 Perangkat Semikonduktor.....	130
Gambar 7.6 Produk dengan Bahan Komposit	130
Gambar 7.7 Diagram tegangan-regangan antara bahan ulet dan getas	133
Gambar 8.1 Robot ASIMO.....	140
Gambar 8.2 Sistem Robotik.....	141
Gambar 8.3. Penerapan lengan robot	142
Gambar 8.4. Robot Mobile	142
Gambar 8.5. Robot Kombinasi	143
Gambar 8.6. Robot Humanoid	143
Gambar 8.7 Robot darat industry	144
Gambar 8.8 Robot Penjelajah Laut.....	144
Gambar 8.9 Drone.....	145
Gambar 8.10 Desain Robotik	145
Gambar 8.11 Pengujian simulasi tegangan pada robot	147
Gambar 8.12 Contoh Detail Desain	147
Gambar 8.13 Komponen Elektrikal	148
Gambar 8.14 Mikrokontroler	148
Gambar 8.15 Sensor.....	149
Gambar 8.16 Visual kamera pada robot	149
Gambar 8.17 Aktuaktor Motor DC.....	150
Gambar 8.18. Ilustrasi torsi.....	152

Gambar 8.19 Lengan robot artikulasi.....	153
Gambar 8.20 Pemrograman Bahasa C.....	154
Gambar 8.21 Pemrograman input dan output.....	155

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Pertumbuhan populasi penduduk Kota di Inggris sejak 1801-2011 akibat perkembangan Industri.....	27
Tabel 2.2. Contoh perkembangan dalam teknik mesin.....	29
Tabel 4.1. Disiplin Ilmu Bidang Teknik Mesin	55
Tabel 4.2. Sepuluh Besar Prestasi Profesi Teknik Mesin Disusun oleh Perhimpunan Insinyur Mekanik Amerika (ASME)	59
Tabel 4.3. Prospek Profesi Teknik Mesin	62
Tabel 5.1. Hardnesss Testing Techniques	91
Tabel 5.1. Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.....	84

BAB 1

PENGANTAR TEKNIK MESIN

Oleh Aminatus Sa'diyah

1.1 Pendahuluan

Teknik Mesin merupakan bidang ilmu yang berfokus pada permesinan dasar dan terapannya. Berbagai sistem mekanik memerlukan suatu perencanaan dan perancangan yang baik agar sistem tidak mengalami kegagalan atau failure. Mekanika struktur menjadi dasar ilmu yang harus dikuasai dalam mempelajari teknik mesin, dimana dalam mekanika dipelajari pengaruh gaya luar yang bekerja dalam suatu sistem. Selanjutnya, akan dibahas mengenai thermodinamika sebagai landasan ilmu konversi dan konservasi energi dalam permesinan. Serta terapan mekanika dan thermodinamika dalam kelistrikan untuk menghasilkan rekayasa permesinan dalam ilmu terapan baik sains maupun teknik.

Ilmu yang dipelajari dalam pengantar teknik mesin, menjadi penunjang dalam pembentukan karakter profesi seorang insinyur. Kemampuan soft skill maupun hard skill harus terpenuhi sebagai acuan standard insinyur mesin ketika bekerja di bidang permesinan, diantaranya mampu mengaplikasikan dasar pengetahuan teknik seperti Science dan engineering. Selain itu diharapkan juga mampu menerapkan ilmu sosial dan psikososial sebagai bentuk penerapan perilaku insinyur yang humanis (Sunardi, 2014).

Bidang-bidang yang dipelajari dalam teknik mesin diantaranya adalah perancangan konstruksi, berbagai jenis dan tipe mesin seperti motor bakar dan mesin pendingin, peralatan

hidrolik dan pneumatik, pesawat angkat-angkut, pesawat terbang, perkapalan serta manufaktur. Masing-masing bidang memiliki teknik keilmuan dasar yang sama, berbeda pada penerapan, rekayasa teknik dan aplikasinya.

1.2 Teori Dasar Permesinan

Ilmu dan teori dasar yang harus dikuasai oleh seorang insinyur permesinan meliputi mekanika, thermodinamika, system kelistrikan, dan teknik rekayasa permesinan. Teori dasar tersebut mencakup Science yang membahas ilmu Fisika, Kimia serta Matematika, Engineering science, Applied engineering, dan humanities and social science. Ilmu-ilmu dasar ini dibutuhkan oleh insinyur untuk dapat bekerja secara professional dalam bidang yang ditekuninya yakni teknik mesin. (Sunnyoto, 2008)

1.2.1 Mekanika

Ilmu mekanika dalam dasar teori mesin, mempelajari tentang statika dan mekanika kekuatan bahan. Secara umum, mekanika terbagi menjadi 3 bagian utama yaitu mekanika benda tegar, mekanika benda terdeformasi dan mekanika fluida. Mekanika benda tegar terbagi menjadi dua yakni statika dan dinamika. Dalam statika dipelajari kesetimbangan sebuah benda dalam keadaan diam, sedangkan dalam dinamika dipelajari kesetimbangan benda dalam keadaan bergerak. Statika mengasumsikan bahwa benda bersifat tegar sempurna, meskipun pada kenyataannya benda mengalami deformasi sangat kecil. (Baidowi, 2020)

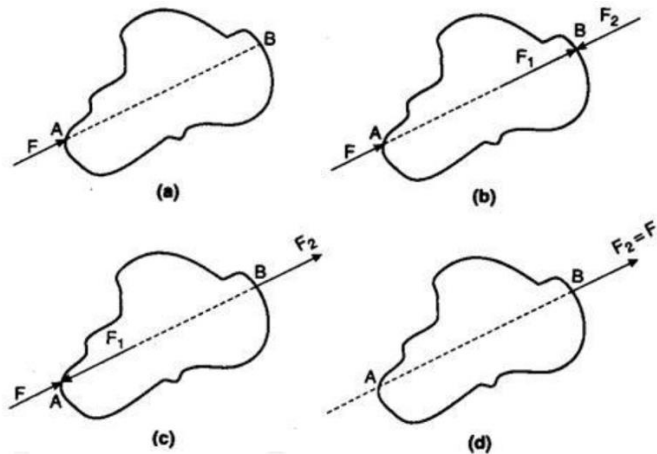
Ilmu mekanika membahas mengenai berbagai macam prinsip dasar Fisika terkait resultan gaya, transmisibilitas, hukum Newton, serta hukum gravitasi. Resultan gaya merupakan salah satu besaran yang memiliki peran penting dalam analisis mekanika, yang dinyatakan sebagai suatu reaksi dua gaya atau

lebih terhadap suatu partikel. Penjumlahan gaya dapat dinyatakan dalam perumusan teori jajar genjang atau polygon dengan persamaan umum resultan sebagai berikut

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2 \cos \theta}$$

Dimana sudut antara F_1 dan F_2 disebut sebagai sudut teta

Prinsip transmisibilitas menyatakan bahwa gerak suatu benda tidak akan berubah jika diganti dengan gaya lain yang memiliki besar dan arah yang sama. Dalam sistem ini berlaku prinsip ekivalensi gaya. (Djarmiko, 2018)



Gambar 1.1. Transmisibilitas
(Sumber : (Sunardi, 2014))

Hukum Newton yang digunakan dalam mekanika permesinan terdiri dari 3 yaitu Hukum Newton 1 yang menyatakan bahwa jika suatu resultan gaya beraksi pada sebuah partikel sama dengan nol, maka partikel tersebut akan bergerak dengan kecepatan konstan atau tetap diam pada posisi dan kedudukannya. Pada hukum ke-2 Newton menyatakan bahwa jika sebuah partikel memperoleh gaya, maka benda akan

mengalami percepatan yang sebanding dengan besar gaya yang mengenyainya, dan berbanding terbalik dengan massa benda. Sehingga pernyataan ini dapat dituliskan sebagai berikut

$$a = \frac{F}{m}$$

Dengan a merupakan percepatan benda [m/s^2], F adalah gaya [N], dan m merupakan massa benda [kg].

Hukum ke-3 Newton menyatakan bahwa jika gaya aksi dan reaksi yang terjadi pada benda memiliki besar yang sama dengan garis aksi sama dan berlawanan arah. Beberapa gaya yang berlaku dalam suatu benda dapat dituliskan sebagai gaya resultan yang saling berpengaruh satu sama lain, sehingga berlaku perumusan resultan gaya dengan teori jajar genjang dan polygon. Analisis resultan gaya dapat diuraikan dengan menggunakan garis vektor gaya dalam koordinat kartesian.

Analisis mekanika selanjutnya adalah mengenai keseimbangan partikel / benda tegar atau rigid body. Jika resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel sama dengan nol, maka partikel tersebut berada dalam kondisi setimbang. Sehingga dapat dituliskan sebagai

$$\sum F_x = 0; \sum F_y = 0$$

Penerapan dari analisis mekanika dapat ditemukan pada studi kasus statika struktur dan kegagalan struktur, dimana perhitungan mekanik sangat diperlukan untuk mencegah terjadinya kecelakaan sebagai contoh dalam konstruksi bangunan. (Drs. Suparman, 2020)

Konstruksi bangunan yang sering dianalisis dalam mekanika meliputi kekuatan bahan dan aplikasinya. Kekuatan bahan berkaitan dengan hubungan gaya luar terhadap gaya internal dalam bahan tersebut. Dalam teori, bahan tidak mungkin

bersifat getas, sehingga suatu bahan dapat mengalami deformasi meskipun dengan nilai yang sangat kecil. Pemilihan material sangat diperlukan untuk menciptakan kinerja mesin yang optimal dengan tingkat kegagalan konstruksi yang kecil.

1.2.2 Thermodinamika

Bidang ilmu yang sangat erat kaitannya dengan permesinan adalah Mekanika Fluida dan thermodinamika, dimana di dalamnya dipelajari tentang sifat fluida yang mengalir dalam suatu sistem beserta dengan energinya. Analisis mekanika fluida didasarkan pada penerapan analisis mekanika yang menghubungkan antara konservasi massa, energi dan momentum. Sehingga mekanika fluida secara khusus terbagi menjadi statika fluida yang mempelajari fluida dalam keadaan diam atau kecepatan konstan, kinematika fluida yang berkaitan dengan kecepatan dan gaya serta energi. Sedangkan dinamika fluida mempelajari tentang kecepatan dan percepatan yang dimiliki oleh fluida. (Warokka, 2020)

Sifat-sifat fluida yang berpengaruh terhadap mekanika dan dinamika fluida diantaranya densitas atau massa jenis yang dinyatakan sebagai suatu perbandingan massa terhadap volume suatu zat. Selain itu berlaku prinsip kompresibilitas yang menyatakan bahwa jika suatu fluida terkompresi maka tekanan akan meningkat sehingga massa jenis pun akan meningkat. Kompresibilitas merupakan suatu perubahan volume akibat perubahan tekanan yang terjadi pada fluida.

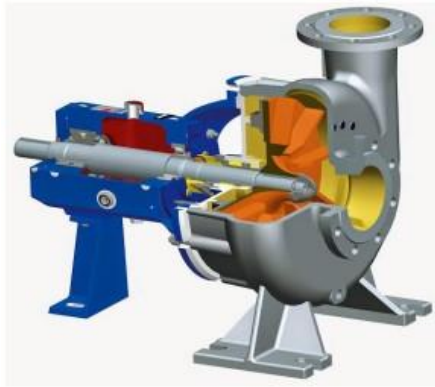
Sifat fluida yang mempengaruhi gaya adalah tegangan permukaan atau *surface tension*. Dimana terdapat suatu lapisan di permukaan suatu fluida yang mampu membedakan antara dua fluida dengan massa jenis yang berbeda, contohnya adalah air dan minyak.



Gambar 1.2. Viskositas
(Sumber : (Thermoblanket, 2020))

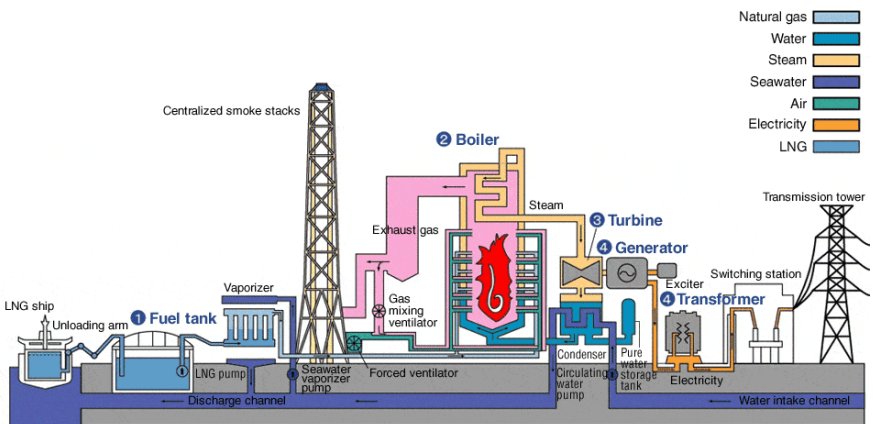
Kapilaritas dan viskositas merupakan sifat fluida yang tidak dapat dipisahkan dalam analisis mekanika. Dua besaran ini sangat mempengaruhi perilaku fluida yang mengalir dalam sistem permesinan. Viskositas merupakan kemampuan melekat suatu fluida terhadap bahan yang dialirinya. Prinsip viskositas sering diaplikasikan dalam dunia perpipaian atau piping engineering, digunakan untuk mengetahui rugi energi akibat transport fluida dalam saluran pipa, kanal, dll. (Safitri, 2015)

Fluida yang mengalir dapat berbentuk sebagai energi, contohnya adalah perpindahan kalor. Perpindahan kalor digunakan untuk memperkirakan laju energi dalam suatu proses permesinan yang biasanya dalam bentuk siklus. Contohnya adalah analisis energi dalam steam power plant, dimana aliran massa yang terjadi adalah uap panas atau steam. Uap panas ini yang akan dikonversi menjadi tenaga pembangkit yang menghasilkan energi listrik.



Gambar 1.3. Pompa fluida
(Sumber : (Maulizar, 2021))

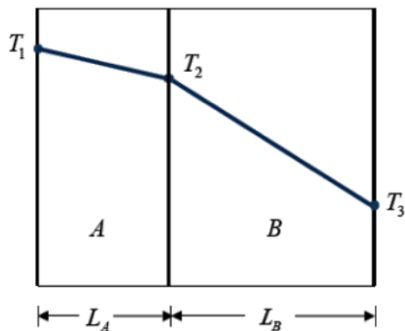
Perpindahan panas yang dipelajari dalam teknik mesin meliputi konduksi, konveksi dan radiasi. Ke-3 nya dapat dianalisis dengan menggunakan prinsip hukum thermodinamika.



Gambar 1.4. Steam power plant
(Sumber : (Thermodyneboilers, 2019))

1.2.3 Sistem Kelistrikan

Perpindahan panas yang dianalisis dalam thermodinamika, dapat dianalogikan dengan aliran listrik. Konduktivitas yang mengalir pada material pelat komposit dengan konduktivitas thermal yang berbeda menyebabkan terjadinya laju aliran panas yang dapat dihitung dengan persamaan k.



Gambar 1.5. Perpindahan panas pada pelat komposit
(Sumber : (Sunardi, 2014))

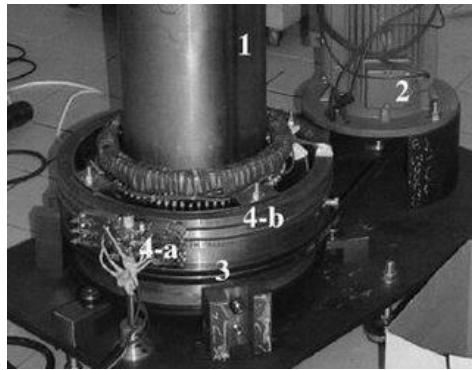
Bahan	Konduktifitas Panas	
Tembaga	386	
Aluminum	204	
Baja tahan karat	15	
Pyrex glass	1.09	
Air	0.611	
Fiberglass	0.038	
Polystyrene	0.028	
Udara	0.027	

Gambar 1.6. Konduktivitas thermal berbagai bahan
(Sumber : (Belajar, 2022))

1.3 Rekayasa Permesinan

Ilmu rekayasa permesinan melibatkan material sebagai komponen penting yang dapat diperoleh dari alam. Ilmu material mempelajari hubungan antara struktur material dengan sifat yang dimilikinya. Sedangkan teknologi material mempelajari korelasi struktur, desain dan rekayasa untuk menghasilkan sifat material baru sesuai kebutuhan. Material dapat diklasifikasikan menjadi 5 kelompok diantaranya logam dan paduannya, keramik dan kaca, polimer dan plastik, semikonduktor dan komposit. (Sugiyanto, 2017)

Semikonduktor banyak diaplikasikan dalam berbagai industri modern, dengan bahan dasar silikon, germanium, dan gallium. Contoh penerapannya adalah sebagai bahan komponen elektronik dan komputer yang banyak digunakan pada ilmu robotik. Rekayasa superkonduktor diaplikasikan pada motor, generator, dan mesin lainnya. (Wahyuni, 2007)



Gambar 1.7. *Superconducting motor*
(Sumber : (Zyga, 2007))

DAFTAR PUSTAKA

- Sunardi, S. M. (2014). *Pengantar Teknik Mesin*. Cilegon: Untirta.
- Sunyoto. (2008). *Teknik Mesin Industri*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Baidowi, A. (2020). *DESAIN SISTEM MEKANIK UNTUK FLEKSIBILITAS OPERASIONAL PADA PLATFORM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT (PLTAL)*. Surabaya: ITS.
- Djarmiko, A. B. (2018). *PENELITIAN TRANSMISIBILITAS ALAT PEREDAM GETARAN PADA MUATAN ROKET RX 550 LAPAN (RESEARCH TRANSMISSIBILITY OF VIBRATION DAMPERS EQUIPMENTS ON ROCKET RX 550 LAPAN)*. Bogor: LAPAN.
- Drs. Suparman, M. (2020). *Mekanika*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Warokka, A. (2020). *Termodinamika Teknik*. Manado: Polimdo Press.
- Thermoblanket. (2020, 10). *HOW TO REDUCE THE VISCOSITY OF LIQUIDS IN DRUMS AND IBCS*. Retrieved from Thermoblanket, Electro-Heating Specialist: <https://thermoblanket.com.au/reducing-viscosity/>
- Safitri, I. (2015). PEMBELAJARAN TEKANAN HIDROSTATIK, KAPILARITAS, DAN DEBIT ZAT CAIR MELALUI POWER POINT, VIDEO, DAN MODUL EKSPERIMEN. *Edu Science*, 13-18.
- Maulizar, R. (2021, April). *Pompa Fluida*. Retrieved from Aeroengineering: <https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/pompa-fluida/>
- Thermodyneboilers. (2019, July). *Steam Power Station: Components, Application, and Working Mechanism*. Retrieved from Thermodyneboilers: <https://www.thermodyneboilers.com/steam-power-station/>
- Belajar, R. (2022). *RANGKAIAN ARUS BOLAK-BALIK*. Retrieved from Rumah Belajar: <https://sumberbelajar.belajar.kemdikbud.go.id/sumberbelajar/tampil/Rangkaian-Arus-Bolak-Balik-/konten2.html>
- Sugiyanto. (2017). REKAYASA MESIN UNTUK INDUSTRI KECIL PAKAN TERNAK UNGGAS DI KLATEN. *Prosiding SNATIF* (pp. 857-861). Kudus: Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.

- Wahyuni, T. (2007). *STUDI PEMAKAIAN SUPERKONDUKTOR PADA GENERATOR ARUS BOLAK- BALIK*. Majalengka: Fakultas Teknik Universitas Majalengka .
- Zyga, L. (2007, May 24). *Superconducting motor to increase power density*. Retrieved from Phys.org: <https://phys.org/news/2007-05-superconducting-motor-power-density.html>

BAB 2

SEJARAH TEKNIK MESIN

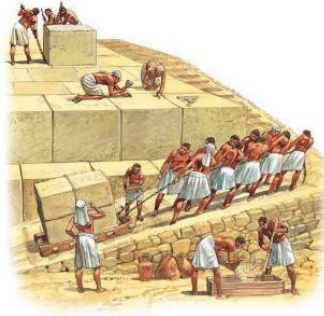
Oleh Cahyo Wibowo

2.1 Pendahuluan

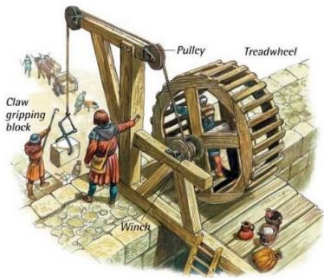
Mesin banyak digunakan di hampir setiap aspek masyarakat manusia, seperti, manufaktur, makanan minuman, industry pertahanan, transportasi, komunikasi dan kehidupan sehari-hari. Teknik mesin adalah cabang ilmu pengetahuan teknik yang berkaitan dengan desain, pemilihan bahan, proses pembuatan, pemasangan, pengoperasian , pemeliharaan mesin serta dengan proses manufaktur. Ini terutama berkaitan dengan kekuatan dan gerak.

2.2 Sejarah

Pada era sebelum abad ke-81 semua kegiatan manusia masih mengandalkan tenaga manusia, tenaga dari hewan dan tenaga yang dihasilkan oleh lingkungan seperti api, air dan angin. Hal ini dikarenakan kemampuan ilmu pengetahuan manusia pada saat itu belum memadai.

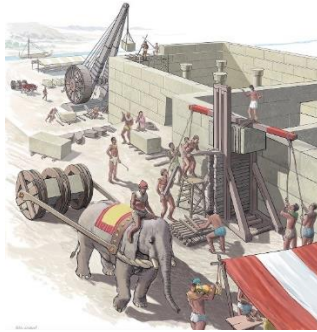


Gambar 2.1. Pembangunan Piramida pada abad ke-27 atau sekitar 2630 SM yang masih menggunakan tenaga manusia
(Sumber : <https://engineeringdiscoveries.com/>)



Gambar 2.2. Sebuah crane tradisional digerakkan oleh tenaga manusia.
(Sumber : <https://engineeringdiscoveries.com/>)

Tenaga manusia digunakan untuk mengangkat, menarik, mendorong dan menggerakkan suatu alat untuk melakukan kegiatan di seluruh bidang produksi, tambang, bangunan dan lain-lain.



Gambar 2.3. Membangun bangunan pada jaman mesir kuno
(Sumber : <https://truerealitynow.com/>)

Tenaga dari hewan untuk menarik dan menggerakkan alat-alat angkat dan alat angkut serta alat produksi.



Gambar 2.4. Keledai untuk menggerakkan penggilingan biji-bijian
(Sumber : www.wikipwdia.com)

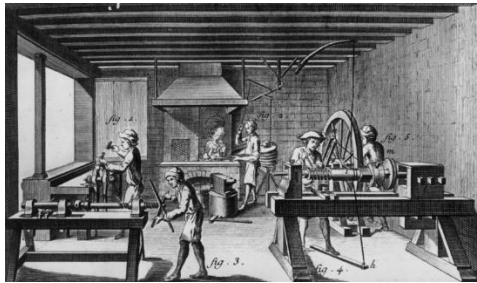


Gambar 2.5. Mesin perontok gandum yang digerakkan oleh tenaga kuda ((Sumber : Dictionnaire d'arts industriels))

Penemuan mesin uap di akhir abad ke-18, yang menjadi sumber kekuatan utama bagi Revolusi Industri, memberikan dorongan yang sangat besar bagi perkembangan semua jenis mesin. Sebagai hasilnya, sebuah klasifikasi besar teknik baru yang berhubungan dengan perkakas dan mesin dikembangkan, menerima pengakuan formal pada tahun 1847 dalam pendirian Institution of Mechanical Engineers di Birmingham, Eng.



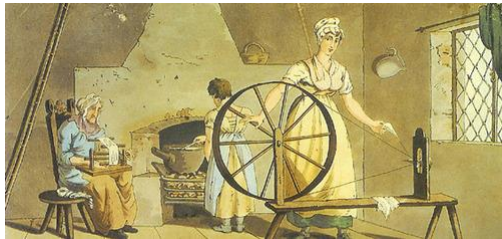
Gambar 2.6. Proses Pemintalan benang dilakukan secara manual
(Sumber : Hulton Archive/Getty Images)



Gambar 2.7. Aktivitas perbengkelan masih menggunakan manual
(Sumber : Hulton Archive/Getty Images)



Gambar 2.8. Industri bahan baku mesiu
(Sumber : Hulton Archive/Getty Images)



Gambar 2.9. Pemintalan benang tradisional
(Sumber : Hulton Archive/Getty Images)



Gambar 2.10. Pemintalan benang dan alat tenun bukan mesin
(<https://www.britannica.com>)

2.2.1 Manufaktur sebelum tahun 1800-an

Sebagian besar pembuatan tekstil berlangsung di rumah. Ini disebut sistem domestik dan padat karya. Produksi berskala kecil dan barang biasanya dijual di pasar lokal. Tetapi Inggris juga merupakan produsen wol terkemuka di Eropa. Tekstil yang dibuat di Inggris sering dijual di Eropa atau dikirim ke India dan koloni Amerika.

Sejak pertengahan 1700-an dan seterusnya, permesinan mulai dikembangkan untuk mempercepat proses produksi dan memproduksi dalam skala yang lebih besar, juga disebut sebagai sistem pabrik. Periode ini dikenal sebagai Revolusi Industri, meskipun beberapa sejarawan mengatakan istilah ini menyesatkan, karena perubahan terjadi dalam jangka waktu yang lama sehingga tidak boleh disebut revolusi.

2.2.2 Kerajaan Inggris

Pada pertengahan 1700-an, Inggris menjadi kerajaan paling kuat di dunia. Beberapa sejarawan berpendapat bahwa kerajaan Inggris dan perdagangan globalnya berkontribusi pada Revolusi Industri. Misalnya, populasi koloni Inggris di Amerika Utara berkembang pesat, dan mereka membeli banyak barang yang diproduksi di Inggris, menciptakan pasar yang lebih besar untuk barang-barang tersebut. Uang yang dihasilkan dari perdagangan budak digunakan untuk membangun rel kereta api di Inggris. Kekayaan yang dihasilkan oleh kekaisaran mendorong industrialisasi di Inggris.

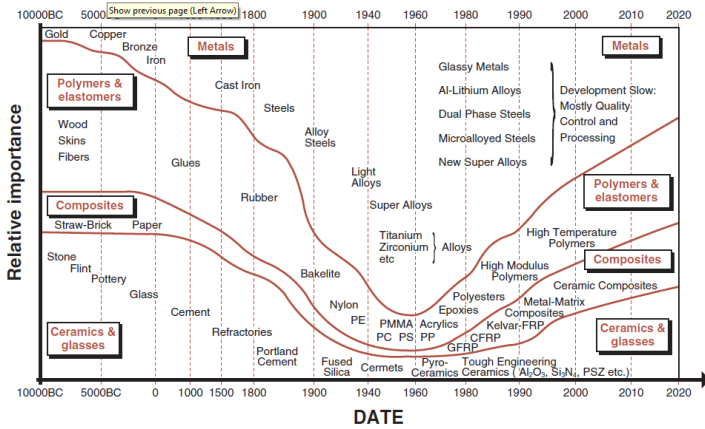


Gambar 2.11. Centennial celebrations of the Stockton & Darlington Railway, 1925
(<https://www.britannica.com>)

2.3 Perkembangan Teknologi

Pada tahun 1778, James Watt dan Matthew Boulton menemukan mesin uap yang dapat menggerakkan mesin pabrik secara efisien. Batubara dibakar untuk memanaskan air untuk menghasilkan uap. Hal ini menyebabkan peningkatan besar dalam permintaan batubara. Pabrik dibuka di dekat pasokan air dan batu bara sehingga mereka dapat menggerakkan mesin mereka. Tambang batu bara dibuka di utara Inggris, Midlands, dan Wales selatan. Tapi kondisi di tambang batu bara berbahaya. Ada risiko runtuhnya terowongan dan gas beracun atau mudah meledak di tambang. Pabrik bertenaga uap dapat memproduksi lebih banyak tekstil lebih cepat, sehingga pemilik pabrik dapat menjual produk mereka ke pasar yang lebih luas, baik di Inggris maupun di luar negeri. Ini mendorong perbaikan dalam transportasi.

Perkembangan Teknik mesin dari tidak terlepas dari perkembangan material yang digunakan sejak sebelum masehi hingga sekarang abad ke-22 setelah masehi.



Gambar 2.12. Evolusi material dari zaman ke zaman Sejak 10.000 SM sampai dengan 2020 M
(Sumber : Michael F. Ashby)

Ada perubahan transportasi besar-besaran di tahun 1700-an dan 1800-an.



Gambar 2.13. Kereta kuda sebagai alat tranpostasi darat
(Sumber: <https://id.pinterest.com/>)



Gambar 2.14. Kuda menarik gerobak yang mengangkut bahan logistik untuk industry tepung.
(Sumber : Tasmanian flour mill)

Jalan: Sebelum tahun 1700-an jalan sering berlumpur, dan tidak dapat dilalui dalam cuaca buruk di musim dingin. Kuda dan gerobak digunakan untuk mengangkut barang melalui jalan darat. Sejak tahun 1700-an, Turnpike Trusts telah didirikan dan mereka membangun jalan tol. Mereka meminta orang untuk menggunakan jalan dan melakukan perbaikan dengan uang yang terkumpul. John Macadam menemukan aspal pada tahun 1820-an yang berarti jalan mulai membaik dan lebih mudah digunakan dalam segala cuaca.

Kanal: Pada 1759, Duke of Bridgewater membayar kanal yang akan digali untuk membawa batu bara ke pabriknya di Manchester. Kanal adalah cara pengangkutan barang dalam jumlah besar sekaligus menggunakan saluran air. Jauh lebih banyak barang yang dapat diangkut dalam sekali perjalanan di kanal daripada melalui jalan darat.

Kereta Api: Perkembangan transportasi yang paling signifikan pada tahun 1800-an adalah penemuan rel kereta api. Pada tahun 1829, George Stephenson mengikuti kompetisi untuk merancang mesin lokomotif. Desainnya, bernama 'the Rocket', memenangkan kompetisi. Dia melanjutkan untuk merancang dan

membangun kereta api Liverpool-Manchester, yang mengurangi waktu tempuh dari empat jam melalui jalan darat menjadi hanya dua jam dengan kereta api.

Perkembangan kereta api berarti biaya pengangkutan barang lebih murah dan lebih mudah, semakin menambah pertumbuhan pabrik.



Gambar 2.15. Replika lokomotif uap buatan Goerge Stephenson's
(Sumber : George and Robert Stephenson: the railway revolution)

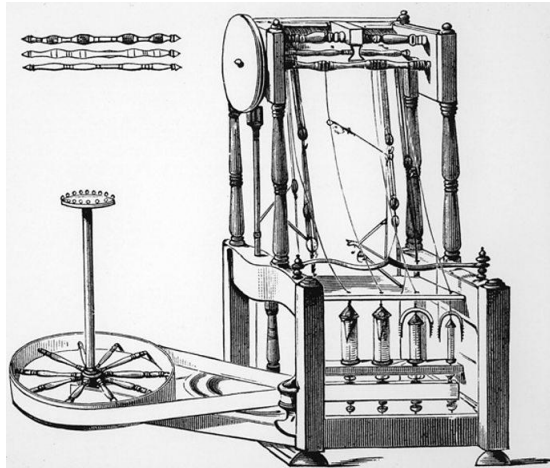
2.4 Studi Kasus: Richard Arkwright

Pada 1764, James Hargreaves menemukan Jenny yang berputar. Ini adalah terobosan dalam produksi kain yang dapat menghasilkan delapan kali lebih banyak bahan dari roda pemintalan tunggal.

Richard Arkwright adalah pembuat wig. Saat bepergian ke negara itu, ia melihat manfaat dari pemintalan Jenny. Pada 1767, ia datang dengan mesin pemintalannya sendiri, disebut bingkai air. Mesin baru ini ditenagai oleh air dan mampu memutar 128

benang sekaligus, membuatnya jauh lebih cepat daripada Jenny yang berputar. Utasnya juga jauh lebih kuat.

Arkwright membuka sebuah pabrik di Cromford di Derbyshire, dan membangun rumah-rumah di dekat pabrik bagi para pekerja untuk tinggal. Ini adalah awal dari pergeseran di mana lebih banyak orang Inggris pindah dari daerah pedesaan ke daerah perkotaan untuk mencari pekerjaan. Bingkai air Arkwright merevolusi kehidupan pabrik karena mesin tidak harus dioperasikan oleh pekerja terampil. Ini adalah contoh pergeseran dari produksi kecil ke manufaktur massal berkelanjutan.



Gambar 2.16. Mesin pemintal yang digerakkan oleh turbin air yang disebut dengan Water Frame

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

2.5 Pengembangan Mesin Untuk Produksi Tenaga

Mesin uap menyediakan cara praktis pertama untuk menghasilkan tenaga dari panas untuk menambah sumber tenaga lama dari otot, angin, dan air. Salah satu tantangan pertama bagi profesi baru teknik mesin adalah meningkatkan efisiensi dan

daya termal; ini dilakukan terutama dengan pengembangan turbin uap dan ketel uap besar terkait. Abad ke-20 telah menyaksikan pertumbuhan pesat yang berkelanjutan dalam output daya turbin untuk menggerakkan generator listrik, bersama dengan peningkatan efisiensi termal yang stabil dan pengurangan biaya modal per kilowatt pembangkit listrik besar. Akhirnya, insinyur mesin memperoleh sumber daya energi nuklir, yang penerapannya menuntut standar keandalan dan keamanan yang luar biasa yang melibatkan solusi dari masalah yang sama sekali baru (lihat teknik nuklir).

Insinyur mekanik juga bertanggung jawab atas mesin pembakaran internal yang jauh lebih kecil, baik mesin bolak-balik (bensin dan solar) maupun mesin putar (turbin gas dan Wankel), dengan aplikasi transportasi yang tersebar luas. Di bidang transportasi umumnya, di udara dan ruang serta di darat dan laut, insinyur mesin telah menciptakan peralatan dan pembangkit listrik, semakin berkolaborasi dengan insinyur listrik, terutama dalam pengembangan sistem kontrol yang sesuai.

2.6 Kondisi Tenaga Kerja (Buruh pabrik)

Pada tahun 1800-an, menjadi umum untuk mempekerjakan perempuan dan anak-anak untuk bekerja di pabrik. Sebelum Revolusi Industri, semua kecuali wanita terkaya bekerja. Namun, pekerjaan ini biasanya di rumah atau ladang, dan sering terjadi bersama anggota keluarga lainnya. Ketika pabrik-pabrik yang tersebar di seluruh Midlands, North West dan Skotlandia, banyak yang menawarkan kesempatan kerja kepada wanita, khususnya pabrik tekstil. Di daerah-daerah ini, wanita muda bisa mendapatkan upah tinggi, yang memberi mereka lebih banyak kemandirian daripada yang dialami generasi sebelumnya. Mungkin sulit untuk menggabungkan bekerja di pabrik dengan merawat anak-anak kecil; Beberapa wanita akan meninggalkan

anak kecil dalam merawat kerabat wanita atau membawa mereka untuk bekerja bersama mereka. Untuk mengetahui lebih lanjut tentang kehidupan wanita di abad ke -19, baca panduan ini.



Gambar 2.17 Pekerja wanita dan anak-anak dengan upah kerja yang sangat murah

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

Anak-anak murah untuk dipekerjakan dan tangan kecil mereka dapat mengoperasikan mesin secara efektif. Sayangnya, kondisi di pabrik sangat berbahaya. Misalnya:

1. Hari-hari panjang. Anak-anak sering harus bekerja shift 12-14 jam, enam hari seminggu.
2. Ada sangat sedikit peralatan keselamatan, sehingga anak-anak bisa terluka parah atau dibunuh oleh mesin yang bergerak cepat.
3. Pembayaran rendah. Pekerja anak menerima rata -rata 3 *shilling* (36p) seminggu.
4. Jika anak-anak lelah dan mulai bekerja perlahan, ada hukuman yang ketat. Anak-anak sering dipukuli, atau bahkan telinga dipaku ke sepotong kayu.

2.6.1 Perbaikan pekerja pabrik

Seiring waktu, ada perubahan pada cara pekerja di pabrik diperlakukan. Pemilik pabrik individu mulai melakukan perbaikan. Robert Owen memiliki pabrik kapas di New Lanark.

Dia memperkenalkan hari kerja delapan jam untuk pekerjaanya dan memberikan pendidikan gratis untuk semua karyawan. Pada akhirnya ada perubahan kunci dalam hukum yang meningkatkan kondisi pabrik antara lain :

1819 Factory Act: Ini melarang pabrik dari mempekerjakan anak di bawah usia sembilan tahun dan menetapkan maksimal 12 jam kerja sehari untuk anak-anak berusia sembilan hingga 16 tahun.

1833 Komisi Pabrik: Ini adalah penyelidikan terhadap kondisi yang dihadapi pekerja, yang dipimpin oleh Michael Sadler dan juga dikenal sebagai The Sadler Report. Ditemukan ada beberapa contoh baik pekerja yang dirawat dengan baik, tetapi mereka mendengar banyak akun tentang perlakuan mengerikan. Banyak pekerja menghadapi kelainan fisik karena sifat pekerjaan mereka, berisiko penyakit dan menerima pendidikan yang buruk. Komisi ini mengarah ke tindakan pabrik lain pada tahun 1833.

1833 Undang-Undang Pabrik: Anak-anak yang dilarang ini dari segala usia yang bekerja sebelum jam 5:30 pagi atau setelah 20:30, memperkenalkan istirahat makan siang selama satu jam, menjadikan pendidikan hak bagi semua anak dan memperkenalkan sistem inspeksi pabrik untuk memeriksa apakah kondisinya ditingkatkan.

1901 Undang -Undang Pabrik: Pabrik -pabrik yang dilarang ini mempekerjakan anak -anak di bawah usia 12 tahun dan membuat aturan lebih lanjut seputar peralatan keselamatan. Misalnya, semua pabrik membutuhkan pintu darurat jika terjadi kebakaran atau keadaan darurat.

2.6.2 Pertumbuhan kota

Dari tahun 1700 hingga 1900, ada perubahan besar pada orang yang tinggal di desa untuk pindah ke kota -kota dan kota - kota untuk bekerja. Pada 1801 sebuah sensus selesai. Data dari

ini menunjukkan pertumbuhan ukuran kota dan dapat dibandingkan dengan kota-kota modern.

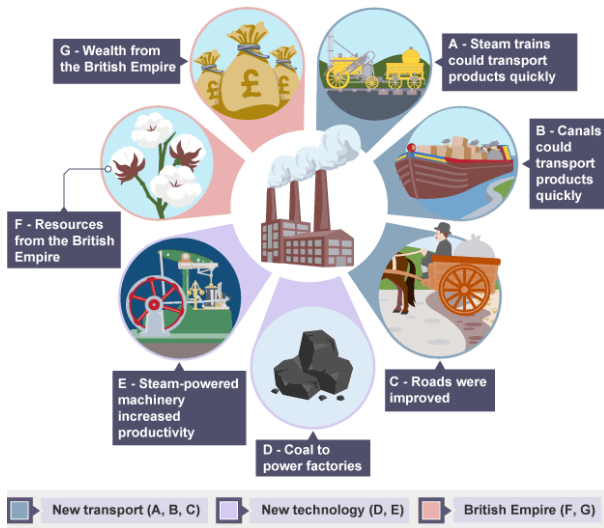
Tabel 2.1. Pertumbuhan populasi penduduk Kota di Inggris sejak 1801-2011 akibat perkembangan Industri

City	Population in 1801	Population in 1901	Population in 2011
London	959,000	6,339,500	9,787,426
Manchester	90,000	543,900	2,553,379
Liverpool	80,000	702,200	864,122
Birmingham	74,000	522,200	1,085,810

Sumber : <https://www.britannica.com/>

Rumah untuk pekerja pabrik sering dibangun oleh pemilik pabrik dan berkualitas buruk. Mereka sempit dan keluarga sering tinggal di ruangan yang sama. Beberapa bahkan harus tinggal di ruang bawah tanah yang lembab. Sanitasi buruk dan penyakit itu umum. Ada beberapa wabah kolera di tahun 1800-an karena pasokan air berkualitas buruk. Undang-Undang Kesehatan Masyarakat disahkan pada tahun 1875, yang menetapkan standar bagi pihak berwenang setempat untuk meningkatkan pasokan air, limbah dan mengatakan setiap kota harus menunjuk petugas medis.

2.7 Perkembangan Teknik Mesin secara Teknologi Abad-21



Gambar 2.18. Aspek perkembangan Teknik mesin
(Sumber : www.google.com)

Tabel 2.2. Contoh perkembangan dalam teknik mesin

Era Tradisional	Era Pertengahan	Abad Modern
Roda Gigi Kayu	Roda Gigi Logam	Roda Gigi Polymer
Body angkutan berebahan kayu, bambu dan sejenisnya	Body Aluminium	Body polymer, komposite
Alat komunikasi dengan suara-suara atau bebunyian, pengiriman pesan menggunakan burung merpati	Telegram, Telepon kabel	SMS, Email, Digital/Smartphone
Penggerak mula oleh manusia, hewan, aliran air	Mesin uap, Mesin OTO	Mesin Listrik
Alat bubut manual	Alat bubut mesin	CNC
Menulis dengan tangan	Menulis dengan mesin ketik dan Mesin ketik listrik	Computer, laptop
Sistem transmisi roda gigi	Transmisi Rantai, V Belt	Transmisi otomatis
Lampu penerangan obor/minyak	Lampu Bolam	Lampu LCD
Menara Pengawas visual	Teropong	Drone

Namun demikian perkembangan teknik mesin yang membawa dampak positif bukan berarti tidak membawa dampak negatif antara lain :

1. Kerusakan lingkungan akibat perkembangan revolusi industri justru tidak diimbangi dengan perbaikan lingkungan secara signifikan sehingga dampak pemanasan global dan terjadinya ketidakseimbangan alam terjadi hingga saat ini.
2. Perang dan perebutan wilayah kekuasaan yang menghasilkan bahan tambang, bahan pertanian dan energi serat sumber daya alam.
3. Di sisi lain juga berdampak kemiskinan, keterbelakangan, kelaparan dll.

Contoh perkembangan Teknik Mesin :

Pandai besi modern menggunakan tungku canggih untuk melebur logam, yang kemudian mereka buat menjadi perkakas, aksesoris, karya seni, dan bahkan senjata replika. Banyak pandai besi mempraktikkan keterampilan mereka secara profesional, tetapi lebih banyak lagi yang menggunakan pandai besi sebagai hobi dan membuat atau menjual karya seni mereka dalam skala yang lebih kecil.



Gambar 2.19. Pandai besi kuno
(Sumber : <https://spiritironworks.com>)

Pandai besi modern menggunakan tungku canggih untuk melebur logam, yang kemudian mereka buat menjadi perkakas, aksesoris, karya seni, dan bahkan senjata replika. Banyak pandai

besi mempraktikkan keterampilan mereka secara profesional, tetapi lebih banyak lagi yang menggunakan pandai besi sebagai hobi dan membuat atau menjual karya seni mereka dalam skala yang lebih kecil



Gambar 2.20. Pandai besi modern (blacksmith)
(Sumber : <https://bendmagazine.com/>)

2.7.1 Perkembangan regulasi

Dalam sebuah pemerintahan regulasi atau undang-undang yang berkaitan dengan pengembangan bidang teknik mesin sangat mempengaruhi berhasil atau tidaknya kemajuan yang akan dicapai. Misalnya regulasi yang digunakan mengacu kepada TRL (technology readiness level) atau kesiapan menggunakan tahapan teknologi. Di negara-negara maju standar yang dibuat sangat tinggi dan dilaksanakan dengan sangat ketat serta dapat diterima oleh negara-negara konsumen, sehingga nilai jual tinggi, jumlah permintaan tinggi yang pada akhirnya akan menguntungkan negara produsen dari semua aspek. Dari perkembangan tersebut maka negara-negara penyuplai bahan baku juga akan mendapatkan keuntungan. Hal inilah yang membuat sebuah negara akan membuat regulasi untuk memproteksi dirinya sendiri agar bahan baku dapat di proses di negara sendiri untuk kebutuhan dalam negeri dan sisanya di ekspor. Prinsip ini akan sangat menguntungkan jika regulasi yang dibuat tepat sesuai dengan tujuan dari negara tersebut. Contoh regulasi misalnya :

1. Bahan tambang tertentu tidak boleh di jual
2. Bahan mentah tidak boleh di jual
3. Bahan setengah jadi tidak boleh di jual
4. Hanya boleh menjual ke luar negeri dalam bentuk bahan jadi
5. Hanya boleh ekspor bahan jadi yang tidak diproduksi di dalam negeri
6. DST



Gambar 2.12. Penggunaan crane modern dalam pekerjaan pembanguna jembatan

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

2.7.2 Aspek pendidikan

Pada era saat ini perkembangan ilmu pengetahuan tentang Teknik mesin didasari oleh kebutuhan yang sangat kompleks sehingga diperlukan dasar dasar ilmu pengetahuan untuk mendukung bidang Teknik mesin tersebut. Selain itu cabang ilmu Teknik mesin di berbagai perguruan tinggi program Pendidikan Teknik mesin (Wibowo, Sukarno, Nursanti, & Dewadi, 2022) juga banyak berkembang seiring perkembangan Pendidikan Tinggi antar lain :

1. Perancangan Mekanik dan Konstruksi (Ashby, 2005)

2. Proses Manufaktur dan Sistem Produksi (Dewadi, Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W, 2016)
3. Konversi energi (Wibowo & Dewadi, Design Pressure Reduction System (PRS) untuk Compressed Natural Gas (CNG) Kapasitas 30 Nm³/h dalam Sisi Teknis dan Ekonomis, 2022)
4. Ilmu Bahan / Metalurgi (Farak, 2013)
5. Kimia industry (Perry, Maloney, & Green, 1999)

2.8 Penutup

Perkembangan Teknik Mesin sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain; Manusia, perkembangan tingkat kecerdasan manusia dan manusia mau belajar serta bekerjasama sehingga meningkatkan kemampuan wawasan, cara berpikir dan kreatifitas. Material, meningkatnya kemampuan sumber daya manusia sehingga kemampuan manusia mengelola sumber daya alam dan sumber-sumber energi di dunia. Material yang digunakan saat ini sudah memadukan antara hasil tambang dengan tumbuhan. Mesin, semakin cerdas manusia, semakin berkembangnya material sehingga kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat mempengaruhi perkembangan mesin dari abad ke abad, bahkan sekarang perkembangan sangat cepat hanya dalam perhitungan tahun. Metode kerja atau cara kerja manusia juga semakin cerdas, dengan perkembangan teknologi saat ini. Manusia dimudahkan dalam merencanakan, menghitung, membuat, memasang, menggunakan, memelihara dan menghasilkan produk-produk barang maupun jasa. *Environment* (lingkungan), perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memiliki dampak terhadap lingkungan, baik yang berdampak langsung maupun tidak langsung, dampak jangka Panjang dan jangka pendek. Manusia saat ini sudah mulai memikirkan

kelangsungan hidup yang tetap mempertahankan dan memperbaiki lingkungan agar tidak mengalami kerusakan.

Seluruh aspek perkembangan Teknik mesin sangat dipengaruhi oleh finansial atau keuangan, perkembangan Teknik mesin dapat meningkatkan keuangan baik dari sisi pembelanjaan maupun pendapatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Farahdiansari, A. P., Dewadi, F. M., & Rahdiana, N. (2021). Analisis Unjuk Kerja BBM dengan Eco-Racing sebagai Campuran BBM yang Ekonomis. *JTMMX*, II(1), 1-5.
- Wibowo, C., Sukarno, S., Nursanti, Y. B., & Dewadi, F. M. (2022). Kebutuhan Perguruan Tinggi di Wonogiri sebagai Bagian dari Pengembangan Sumber Daya Manusia. *VISIONER : Jurnal Penelitian Komunikasi dan Sosial Politik*, IV(1), 20-27.
- Abbas, A., Prayitno, P., Butarbutar, F., Nurkim, N., Prumanto, D., Dewadi, F. M., . . . Windarto, A. P. (2020). Implementation of clustering unsupervised learning using KMeans mapping techniques. Medan: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.
- Ashby, M. F. (2005). *Materials Selection in Materials Selection in* . Londong: Elsevier.
- Biantoro, B. (2023). *Merdeka.com*. Retrieved Oktober 12, 2016, from <https://www.merdeka.com/teknologi/hebat-china-kembangkan-reaktor-nuklir-terkecil-di-dunia.html>
- Britanica.com. (2023, March). <https://www.britannica.com/>. Retrieved from <https://www.britannica.com/:https://www.britannica.com/summary/steam-engine>
- Dewadi, F. M. (2016). *Perancangan Mesin Roll Pelat Dengan Penggerak Motor Listrik Ac 1 Fasa Kapasitas Daya Listrik 180 W*. Jakarta: Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.
- Dewadi, F. M. (2021). Efisiensi Pada Sepeda Listrik Dengan Dinamo Sepeda Sebagai Generator. *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, IV(1), 13-23.
- Dewadi, F. M. (2022). Klasifikasi Perpindahan Panas. In R. Pido (Ed.), *Perpindahan Panas: Dasar dan Praktisi dari Perspektif Akademisi dan Praktisi* (pp. 1-8). Bandung: Indie Press.
- Dewadi, F. M., Dahlan, D., & Maulana, E. (2019). Frame e-Bike Optimization Capacity 48V. *JOJAPS*, XIV, 129-138.

- Dimiyati, D., Ashiedieque, A. D., Khoirudin, Sukarman, Dewadi, F. M., Rahdiana, N., . . . Suropto, H. (2021). Evaluasi Kekuatan Resistance Spot Welding Pada Proses Tailor Welded Blankss Menggunakan Mill-Steel Berbeda Ketebalan. *Borobudur Engineering Research (BENR)*, I(1), 96-107.
- ETICON. (2021). *eticon.co.id*. Retrieved September 2, 2021, from <https://eticon.co.id/mengenal-panel-surya/>
- Farag, D. M. (2013). *Materials and Process Selection for Engineering Design*. Milton Park, in Oxfordshire: CRS Press.
- KEITHMOBLEY, R. (2008). *Maintenance Engineering Handbook 7th Edition*. Tennessee: MC Graw Hill.
- Khoirudin, Sukarman, Murtalim, Dewadi, F. M., Rahdiana, N., Rais, A., . . . Abbas, A. (2021). A Report on Metal Forming Technology Transfer from Expert to Industry for Improving Production Efficiency. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, I(2), 96-103.
- Meliyani, R., Riyana, M., Parkhurst, H., Rahmah, H., Purnama, P. M., Sulistyono, E., . . . Djamilah, S. (2022). *Indonesia Patent No. 000409479*.
- Mulyadi, D., & Dewadi, F. M. (2021). Analisis Rancangan Sel Surya untuk Kebutuhan Cadangan Energi Listrik di Kolam Wilayah Graha Raya Bintaro, Tangerang Selatan. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore*, II(1), 6-12.
- Murtalim. (2020). Analisis Unjuk Kerja Eco Racing sebagai Suplemen Penghemat Bahan Bakar. Malang: Universitas Widyagama Malang.
- Murtalim, Dewadi, F. M., Amir, & Sigalingging, W. S. (2021). Pengaruh Parameter Temperatur Quenching terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Rear Hub Spindles. *Buana Ilmu*, V(2), 101-118.
- Nanda, R. A., Supriyanto, A., Dewadi, F. M., Jati, R. R., & Kurniawan, L. A. (2022). Perancangan dan Perakitan Elektronika Mikrokontroler berbasis IOT untuk Studi Pengukuran Sistem HVAC. *JTMMX*, VII(1), 43-55.
- Prismono. (2023). *Perominer*. Retrieved Maret 2, 2021, from <https://petrominer.com/ini-turbin-gas-berbahan-bakar-amonia-pertama-di-dunia/>

- Raja Ma'arof, R. A., Saputra, O. A., Dewadi, F. M., & Noor, A. (2021). *Engaging Students: Blending Class Activities with Industry-linked Teaching Approach in Occupational Safety and Health Course Delivery*. Kuala Lumpur: Universiti Kuala Lumpur.
- Rizaty, M. A. (2022). *databooks*. Retrieved 02 15, 2022, from <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/02/15/daftar-negara-produsen-litium-terbesar-di-skala-global>
- Sukarman, Dewadi, F. M., Supriyanto, A., Sunandar, & Karyadi. (2021). Pengaruh Penahanan Suhu Reaktor pada Pengujian LDPE dengan Debit Air 46 L/Min. *JTMMX*, II(1), 19-27.
- Wibowo, C., & Dewadi, F. M. (2022). Design Pressure Reduction System (PRS) untuk Compressed Natural Gas (CNG) Kapasitas 30 Nm³/h dalam Sisi Teknis dan Ekonomis. *TEKINFO: Jurnal Penelitian Teknik dan Informatika*, II(2), 60-65.
- Yusuf, M. Y. (2022). *IDX Channel*. Retrieved 6 6, 2022, from <https://www.idxchannel.com/economics/negara-paling-maju-di-dunia-2022-masih-didominasi-negara-eropa>

BAB 3

TEORI DAN PERKEMBANGAN TEKNIK MESIN

Oleh Zainal Sudirman

3.1 Pendahuluan

Mesin banyak digunakan di hampir setiap aspek masyarakat manusia, seperti industri, pertahanan, dan kehidupan sehari-hari. Mahasiswa teknik mesin di seluruh dunia jumlahnya jutaan. Orang yang bekerja pada pekerjaan yang berhubungan dengan mesin, termasuk produksi, pemeliharaan, penelitian dan pendidikan, dll. diperkirakan dalam skala puluhan juta. Jumlah orang yang memiliki peluang untuk mengoperasikan mesin pun lebih banyak lagi. Kendaraan otomotif yang beroperasi di seluruh dunia diperkirakan lebih dari 1 miliar.

Tulisan ini bermaksud untuk memaparkan sejarah perkembangan dan evolusi teknik mesin. Tujuannya adalah untuk menyediakan buku referensi yang komprehensif bagi para insinyur, guru dan siswa di bidang teknik mesin yang memiliki minat untuk mempelajari sejarah perkembangan profesi mereka. Teknik Mesin atau *Mechanical Engineering* (ME) adalah cabang ilmu terapan dari prinsip fisika yang mempelajari masalah teoretis dan praktis yang muncul dalam pengembangan, desain, pembuatan, pemasangan, pengoperasian, dan pemeliharaan semua jenis mesin dengan ilmu alam dan pengetahuan teknologi. ME sangat praktis, di mana pengalaman teknis yang terbentuk dalam produksi nyata merupakan bagian yang terintegrasi (C Zhang, J Yang, 2020).

3.2 Sejarah Perkembangan Teknik Mesin

Menurut (JLM Sanz et al. 2009) Teknik Mesin merupakan cikal bakal dari banyak cabang Teknik dan terus menjadi pendamping mereka hingga saat ini. Karena itu, pada sejarah mesin mencakup periode sepanjang sejarah umat manusia yang sangat luas, dan dapat dipelajari dari banyak perspektif. Dalam sejarah manusia, perkembangan mesin dapat dibagi menjadi tiga zaman: zaman kuno, zaman modern, dan zaman kontemporer.

3.2.1 Zaman Kuno

Dalam sejarah, titik balik dari penggunaan alat ke penggunaan mesin sederhana kira-kira bertepatan dengan dimulainya Zaman Perunggu. Inilah salah satu pertimbangan untuk memilih awal Zaman Perunggu sebagai titik tolak “zaman purba” dalam buku ini.

Ribuan tahun yang lalu, manusia sudah mampu membuat mesin yang cukup rumit, seperti mortir dan penggilingan untuk penggilingan dan penggilingan biji-bijian dan mesin kerek untuk mengangkat air, kendaraan, kapal dan berbagai senjata. Manusia, hewan, air, dan angin adalah sumber tenaga utama yang menggerakkan mesin.

Ada banyak ide cerdas dan kreasi brilian yang tertanam dalam desain mesin zaman kuno, yang masih menginspirasi dan mencerahkan hingga saat ini. Namun, perkembangan dan evolusi mesin di zaman kuno jelas sangat lambat. Dari sudut pandang teknis murni, salah satu alasan utama kelambatan ini adalah kurangnya tenaga yang berkelanjutan.

Setelah mode produksi Kapitalis muncul pada abad ke-14, evolusi masyarakat, aktivitas ekonomi, dan laju perkembangan mesin dipercepat secara signifikan. Renaisans Eropa terjadi pada abad ke-14 hingga ke-16, sebagai gerakan ideologis yang hebat,

menjadi awal dari serangkaian perubahan sosial yang besar, salah satunya Revolusi Industri.

3.2.2 Zaman Modern

Dalam konteks ini, dua revolusi industri terjadi di Eropa selama abad ke-18 hingga ke-19. Kekuasaan adalah inti dari dua Revolusi Industri. Revolusi Industri Pertama membawa dunia ke zaman uap. Kekuatan baru sangat mempromosikan penggunaan dan penemuan mesin. Kereta api dan kapal uap mulai menghubungkan dunia secara keseluruhan.

Revolusi Industri Kedua membawa dunia ke era listrik. Mobil dan pesawat terbang secara fundamental mengubah masyarakat manusia. Penemuan memasuki periode booming yang belum pernah terjadi sebelumnya. Pembuatan mesin lahir sebagai industri dan berkembang pesat. Mesin adalah pilar utama dari dua Revolusi Industri. Teknik mesin, yang dulunya berupa keterampilan pribadi pengrajin, lambat laun berkembang menjadi disiplin modern berbasis teori, sistematis dan mandiri.

3.2.3 Zaman Kontemporer

Revolusi dalam ilmu pengetahuan dan teknologi umumnya berjalan beriringan, namun terkadang berbelit-belit. Selama paruh atas abad ke-20, sebuah revolusi teknologi baru muncul di cakrawala yang terinspirasi oleh revolusi fisika baru ketika Revolusi Industri kedua masih berlangsung. Beberapa prestasi ikonik Revolusi Industri ke-2 baik dalam teknologi maupun produksi industri, termasuk penemuan pesawat terbang, perkembangan industri mobil, dan munculnya mode produksi massal, semuanya dipicu oleh mesin pembakaran internal.

Teknik mesin berkembang menjadi suatu disiplin dan dikembangkan lebih lanjut dengan akumulasi penemuan, peningkatan teknis, dan pembentukan dan pertumbuhan industri pembuatan mesin.

3.3 Hubungan Utama Pada Sejarah Perkembangan Teknik Mesin

Sejarah suatu teknologi dapat disajikan dalam dua cara, sejarah internal dan sejarah eksternal (Liu et al. 2006). Apa yang disebut "sejarah internal" menyajikan sejarah hanya dari sudut pandang teknologi itu sendiri, sedangkan "sejarah eksternal" memperhitungkan hubungan antara teknologi dan perkembangan ekonomi dan masyarakat.

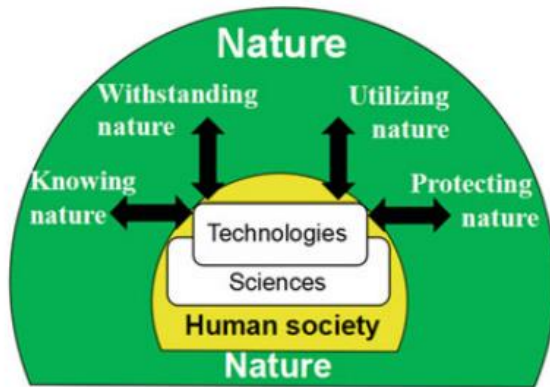
Untuk memahami sejarah perkembangan teknik mesin, harus diperhatikan pada lima faktor penting berikut :

1. Hubungan antara alam, masyarakat dan ilmu pengetahuan dan teknologi,
2. Kekuatan pendukung di belakang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi,
3. Pengaruh masyarakat terhadap perkembangan ekonomi, ilmu pengetahuan dan teknologi,
4. Hubungan antara teknik mesin dan ilmu alam,
5. Hubungan antara teknik mesin dan bidang teknologi yang relevan.

3.3.1 Hubungan alam, masyarakat, sains dan teknologi.

Sains pada umumnya sangat meningkatkan kemampuan manusia untuk memahami alam. Untuk memanfaatkan alam dan menghindari kerusakan, manusia perlu mengandalkan teknologi, yang sebenarnya muncul sebelum ilmu pengetahuan. Setelah kelahiran sains, sains dan teknologi menjadi saling berinteraksi. Di satu sisi, sains telah memberikan bimbingan dan dukungan terhadap perkembangan teknologi; di sisi lain, sejak memperoleh perkembangan dalam proses penggunaan teknologi untuk menjelajahi alam.

Setelah sejarah panjang mengenai dengan alam, manusia menyadari bahwa tindakan harus diambil untuk melindungi alam untuk kepentingan jangka panjang manusia. Maka dalam melindungi alam sangat bergantung pada sains dan teknologi (Gbr. 2.1).



Gambar 3.1. Alam dan Masyarakat Manusia
(Sumber : C Zhang, J Yang, 2020)

3.3.2 Kekuatan pendukung di belakang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Revolusi Industri dimulai dari industri tekstil di Inggris. Mesin uap pertama kali ditemukan dengan tujuan menyediakan daya untuk pompa drainase di tambang batu bara, tetapi mengarah pada pembangunan transportasi kereta api. Penemuan mesin pembakaran internal membuat mobil dan pesawat menjadi kenyataan. Dukungan di balik perkembangan mesin adalah perkembangan ekonomi dan keinginan untuk standar hidup yang lebih tinggi.

Meskipun beberapa perkembangan sains dan teknologi, khususnya pada zaman kuno, didorong oleh kebutuhan langsung akan kehidupan yang lebih baik, kehausan akan pengetahuan

baru juga merupakan pendorong penting bagi perkembangan sains.

3.3.3 Pengaruh masyarakat.

Revolusi Industri yang terjadi di Inggris menyebabkan berdirinya industri pembuatan mesin. Secara umum, perkembangan masyarakat merupakan pendorong bagi ilmu pengetahuan dan teknologi.

Oleh karena itu, sejarah teknik mesin tidak hanya menyusun biografi para penemu terkemuka dan segudang paten penemuan. Di balik gambaran besar sejarah teknik mesin, ada gambaran yang lebih besar tentang sejarah perkembangan sosial terhadap pengaruh masyarakat.

3.3.4 Teknik Mesin dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Teknik mesin adalah disiplin ilmu terapan; itu didasarkan pada ilmu alam, termasuk matematika, fisika (mekanika, termodinamika, Elektromagnetik), dan ilmu sistem. Mekanika khususnya adalah dasar teori yang paling penting.

Pada gilirannya, perkembangan teknik mesin mengedepankan masalah-masalah teoretis yang perlu dipecahkan oleh ilmu alam, yang kadang-kadang menyebabkan lahirnya ilmu baru. Misalnya, teori dinamika diciptakan sebagai jawaban atas kebutuhan untuk mempelajari dinamika kendaraan, pesawat luar angkasa, robot, bahkan tubuh manusia. Juga, kebutuhan akan perhitungan yang semakin kompleks dalam dinamika mendorong pengembangan algoritma numerik baru.

3.3.5 Teknik Mesin dan Bidang Teknologi Terkait.

Pengembangan bidang terkait memiliki pengaruh yang signifikan terhadap teknik mesin. Kemajuan dalam teori elektromagnetik dan penemuan motor pada abad ke-19 sangat

mempengaruhi teknik mesin. Penemuan komputer dan kemajuan dalam teori kontrol, setelah Perang Dunia II, tidak hanya mendorong perkembangan teknik mesin, tetapi juga secara fundamental mengubah keseluruhan gambaran desain dan manufaktur mesin.

Revolusi Teknologi ke-3 yang terjadi setelah Perang Dunia II ditandai oleh teknologi informasi, yang melibatkan teknologi energi baru, teknologi luar angkasa, bioteknologi, teknologi material baru, dan teknologi kelautan. Teknik mesin terkait erat dengan semua bidang ini dan berinteraksi satu sama lain.

3.4 kemajuan Teori Mesin Sebelum Industri Revolusi

3.4.1 Penyempurnaan teori pada mesin sederhana.

Selama Renaisans, orang mulai melihat ada beberapa banyak pekerjaan bermanfaat yang dapat dilakukan oleh mesin sederhana. Ini akhirnya memunculkan konsep baru, pekerjaan mekanis dengan melakukan sedikit analisis teoritis. Pada tahun 1586, Simon Stevin, seorang ilmuwan di Belanda, memperoleh ekspresi keuntungan mekanis dari bidang miring. Akan tetapi, teori mekanik lengkap dari mesin sederhana digarap oleh Galileo Galilei, seorang ilmuwan Italia, pada tahun 1600. Hal ini dinyatakan dalam bukunya *On Mechanics*. Galileo Galilei adalah orang pertama yang memahami bahwa mesin sederhana tidak menciptakan energi, hanya mengubahnya (Krebs 2004). Disinilah awal perkembangan dari teori mengenai mesin.

3.4.2 Kemajuan ilmu terkait dengan mesin.

Hukum gesekan geser klasik pertama kali ditemukan oleh L. da Vinci, dicatat dalam catatannya dan tidak dipublikasikan. Dia juga mempelajari masalah tentang keausan bantalan pada jurnal.

Hukum gesekan klasik ditemukan kembali oleh seorang ilmuwan Prancis, Guillaume Amontons, pada tahun 1699 dan dikembangkan lebih lanjut oleh C.-A. de Coulomb, juga seorang fisikawan Prancis, pada tahun 1785. Coulomb menyelidiki pengaruh faktor-faktor utama terhadap gesekan, termasuk sifat bahan yang bersentuhan dan lapisan permukaannya; luas permukaan; tekanan normal (atau beban); dan lamanya waktu permukaan tetap bersentuhan (Dowson 1997). Dia juga memperkenalkan konsep koefisien gesekan dan menjelaskan fenomena gesekan dengan teorinya tentang ikatan mekanis. Penjelasanannya mendominasi hingga awal abad ke-20. Atas dasar percobaan, G. Galilei pertama kali mengajukan formula kekuatan balok pada tahun 1638, menandai awal dari mekanika bahan. Ini adalah awal dari mekanika elastis (Timoshenko 1953).

3.5 Teknologi Mekanik Revolusi Industri

Lahirnya teknologi paling representatif dari Revolusi Industri pertama, seperti mesin uap, dan industri pembuatan mesin, terkait erat dengan perkembangan industri tekstil, dan pertambangan selama beberapa abad sebelumnya. Inilah latar belakang hasil revolusi industri pertama. Maka disinilah landasan hukum yang penting di mana Revolusi Industri dapat muncul dan berkembang (MacLeod 1989).

3.5.1 Perkembangan teknik mesin revolusi industri pertama.

Revolusi industri pertama terjadi pada abad ke-18 dan ke-19 di Inggris, dan dibidang teknik mesin merupakan salah satu faktor kunci yang memungkinkan terjadinya revolusi ini. Revolusi industri pertama terutama berkaitan dengan pengembangan teknologi mesin untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam produksi barang dan jasa.

Beberapa inovasi kunci yang muncul pada periode ini adalah mesin uap, mesin tenun, mesin pemintal, dan mesin penggilingan. Mesin uap khususnya memainkan peran yang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas industri, karena memungkinkan tenaga mekanik untuk digunakan untuk menggerakkan mesin dan menggantikan tenaga manusia atau hewan. Penemuan mesin uap awalnya untuk kebutuhan dalam pertambangan. Pada Abad Pertengahan industri pertambangan berkembang secara dramatis (Friedel 2007).

Inovasi-inovasi ini membawa perubahan besar dalam cara produksi dan perdagangan dilakukan, dan membuka jalan bagi terjadinya industrialisasi. Karena kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, teknologi mesin terus berkembang dan menjadi semakin canggih seiring berjalannya waktu, mengubah dunia dan memberikan dampak yang besar pada ekonomi, sosial, dan budaya.

3.5.2 Perkembangan teknik mesin revolusi industri kedua.

Revolusi industri kedua terjadi pada abad ke-19 dan awal abad ke-20, di mana teknologi mesin mulai berkembang pesat dan mengubah wajah industri. Beberapa inovasi yang terjadi pada revolusi industri kedua di bidang teknik mesin antara lain:

1. Pembuatan mesin-mesin berukuran besar: pada saat itu, mesin-mesin seperti mesin uap dan mesin listrik mulai diproduksi dalam ukuran yang lebih besar dan lebih efisien. Hal ini memungkinkan produksi massal barang-barang dengan biaya yang lebih murah.
2. Otomatisasi produksi: mesin-mesin ini juga memungkinkan proses produksi menjadi lebih otomatis, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia dan mempercepat proses produksi.

3. Teknologi transportasi: revolusi industri kedua juga melahirkan teknologi transportasi baru seperti mobil dan pesawat terbang, yang semakin memudahkan pengiriman barang dan mempercepat pergerakan manusia.
4. Perkembangan teknologi bahan bakar: pada masa ini, bahan bakar seperti minyak bumi mulai diproduksi secara massal, sehingga memungkinkan penggunaan mesin-mesin yang lebih besar dan lebih efisien.

Revolusi industri kedua di bidang teknik mesin memainkan peran yang sangat penting dalam mengubah industri dari sistem produksi yang manual menjadi sistem produksi yang lebih otomatis dan efisien. Hal ini membuka jalan bagi kemajuan teknologi dan inovasi di berbagai sektor industri.

3.5.3 Perkembangan teknik mesin revolusi industri ketiga.

Revolusi industri ketiga, juga dikenal sebagai Revolusi Digital, dimulai pada akhir abad ke-20 dan terus berlanjut hingga saat ini. Teknik mesin yang mendorong perkembangan Revolusi Industri Ketiga terutama berkaitan dengan teknologi informasi dan komunikasi (ICT), dan beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Mikroprosesor: Kemampuan untuk membuat mikroprosesor yang semakin kecil dan lebih cepat memungkinkan penggunaan komputer dalam skala yang lebih luas, termasuk di industri. Hal ini membawa efisiensi dalam produksi dan pengolahan data.
2. Robotika: Kemajuan dalam teknologi robotika memungkinkan pengembangan robot yang lebih fleksibel, akurat, dan efisien. Robot industri digunakan dalam proses produksi, termasuk dalam proses pengelasan, perakitan, dan pengemasan.

3. CAD/CAM: Perkembangan sistem desain dan manufaktur komputer (CAD/CAM) memungkinkan perancang untuk merancang produk dalam lingkungan virtual dan mengotomatiskan proses produksi, termasuk pembuatan peralatan dan komponen.
4. CNC: Teknik pengendalian numerik komputer (CNC) digunakan dalam proses produksi untuk mengotomatiskan proses pemotongan, bor, dan penggilingan, dan meningkatkan kecepatan dan akurasi produksi.
5. Simulasi: Teknik simulasi komputer digunakan dalam proses desain dan pengujian produk, termasuk pengujian kinerja, ketahanan, dan keamanan. Ini memungkinkan perusahaan untuk mengurangi waktu dan biaya dalam pengembangan produk baru.
6. Internet: Kemampuan untuk terhubung secara global melalui internet membuka peluang baru untuk perdagangan dan kolaborasi internasional, memungkinkan akses ke sumber daya dan informasi yang lebih luas, dan mempercepat pertukaran informasi dan pemrosesan data.
7. Big Data: Perkembangan dalam teknologi pengumpulan, analisis, dan visualisasi data memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih akurat dan efektif, termasuk dalam industri. Teknologi big data juga dapat digunakan untuk memprediksi tren pasar dan kebutuhan konsumen.
8. Cloud Computing: Kemajuan dalam teknologi cloud computing memungkinkan pengolahan data dan aplikasi dilakukan pada server jarak jauh, dan memungkinkan akses ke informasi dan sumber daya dari mana saja dan kapan saja.

Kombinasi teknologi ini telah membawa banyak perubahan dalam industri, memungkinkan produksi yang lebih efisien, pengambilan keputusan yang lebih cepat, dan akses ke sumber daya dan informasi yang lebih luas.

3.5.4 Perkembangan teknik mesin revolusi industri keempat atau era sekarang.

Teknik mesin adalah disiplin ilmu yang berkembang pesat, dan terus mengalami perubahan dalam era sekarang. Beberapa teori perkembangan teknik mesin yang signifikan dalam era sekarang antara lain:

1. Teknologi Industri 4.0: Teknologi Industri 4.0 atau "Revolution of Industry 4.0" adalah terobosan teknologi yang menjadi pendorong utama perkembangan teknik mesin di era sekarang. Teknologi ini menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi dengan teknologi produksi untuk menciptakan sistem produksi yang lebih efisien dan terintegrasi.
2. Material Baru: Material baru seperti bahan komposit, material nano, dan material superkuat semakin populer di industri teknik mesin karena sifat-sifatnya yang unik dan berbeda dari material konvensional. Material baru ini membuka peluang baru dalam perancangan komponen dan sistem yang lebih efisien dan efektif.
3. Teknologi Pemrosesan dan Pembuatan: Teknologi pemrosesan dan pembuatan, seperti teknologi pencetakan 3D, teknologi CNC, dan teknologi robotik semakin berkembang dan mempermudah proses produksi di industri teknik mesin. Teknologi-teknologi ini memungkinkan produksi massal dengan biaya yang lebih murah, sementara tetap menjaga kualitas dan presisi.

4. Keterhubungan Sistem: Keterhubungan sistem atau sistem terintegrasi merupakan hal yang penting dalam era sekarang. Sistem terintegrasi memungkinkan data dan informasi diproses secara real-time, dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan cepat dalam sistem produksi.
5. Energi dan Lingkungan: Pada era sekarang, teknik mesin harus mempertimbangkan dampak lingkungan dari proses produksi. Hal ini memunculkan teknologi-teknologi baru seperti energi terbarukan, teknologi hijau, dan efisiensi energi dalam proses produksi.

Semua teori ini saling berkaitan dan membentuk perkembangan teknik mesin di era sekarang yang lebih canggih dan terintegrasi. Integrasi teknik mesin dengan disiplin ilmu lain menciptakan beberapa jenis mekanisme baru yang tidak dapat dikategorikan sebagai mekanisme tradisional. Mekanisme ini mungkin mengandung elemen hidrolik, pneumatik, piezoelektrik, magnetik, dan fotolistrik. Zou dkk. (2007) menyebut jenis mekanisme ini sebagai “mekanisme dalam arti luas”. Perlu dicatat bahwa studi dalam tipe baru ini mekanismenya masih sangat terbatas, dan masih dalam tahap perkembangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dowson, D. (1997). History of tribology (2nd ed.). London: Professional Engineering Publishing.
- Krebs, R. (2004). Groundbreaking scientific experiments, inventions, and discoveries of the Middle Ages and the Renaissance. Santa Barbara, California: Greenwood Publishing Group.
- Liu, B., et al. (2006). 21 lectures on history of science and technology. Beijing: Tsinghua University Press (in Chinese).
- MacLeod, C. (1989). Inventing the industrial revolution: The English patent system, 1660-1800. New York: Cambridge University Press.
- Sanz, J. L. M., Paz, E. B., Ceccarelli, M., Otero, J. E., Morgado, P. L., Lantada, A. D., ... & Muñoz-García, J. (2009). The Evolution and Development of Mechanical Engineering Through Large Cultural Areas. In International Symposium on History of Machines and Mechanisms: Proceedings of HMM 2008 (pp. 69-82). Springer Netherlands.
- Timoshenko, S. (1953). History of strength of materials. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Zhang, C., & Yang, J. (2020). A history of mechanical engineering. Berlin, Germany: Springer.
- Zou, H., Gao, F., et al. (2007). Progresses in research on contemporary mechanism. Beijing: Higher Education Press. (in Chinese).

BAB 4

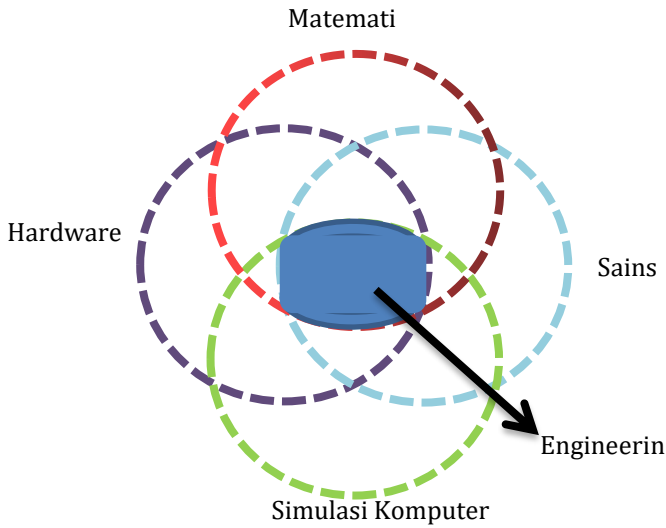
PROFESI TEKNIK MESIN

Oleh Wenny Marthiana

4.1 Pendahuluan

Agar lebih memahami mengenai apa saja bidang kerja dan profesi lulusan Teknik Mesin, akan dibahas lebih dulu apa itu Teknik Mesin. Teknik Mesin secara teknis dinyatakan sebagai suatu aplikasi dalam penerapan prinsip serta teknik pemecahan masalah teknik untuk berbagai objek dimulai dari perancangan, proses manufaktur sampai ke *marketplace*. Dalam analisis kegiatan-kegiatan tersebut bidang teknik mesin menggunakan prinsip-prinsip gerak, energi dan gaya. Prinsip tersebut digunakan untuk memastikan agar hasil rancangan berfungsi dengan aman, efisien, handal serta biaya yang kompetitif.

Kata “engineering” berasal dari bahasa latin “ingeniere” yang memiliki arti merancang (to design) dan merencana (to devise). Para insinyur/*engineer* dalam mengembangkan teknologi baru dan lebih baik, pada tingkat dasar telah menerapkan pengetahuan dalam bidang matematika, sains, material, prinsip ilmiah, simulasi komputer serta keterampilan berkomunikasi dan bisnis. Hal tersebut untuk mengurangi aktivitas eksperimen *trial and error* yang membutuhkan banyak waktu. Melalui analisis ilmiah tersebut kegiatan perancangan dapat lebih cepat, akurat serta ekonomis.



Gambar 4.1. Kombinasi *Skill* pada Bidang *Engineering*
(Sumber : Jonathan Wickert)

Selain terkonsentrasi pada keempat *skill* yang diperlihatkan pada gambar 4.1, kemampuan yang juga harus dimiliki pada bidang teknik mesin adalah kemampuan analitis, kemampuan *problem solving*, kemampuan kreativitas, analisis serta pengetahuan dasar bidang teknik.

4.2. Disiplin Ilmu bidang Teknik Mesin

Disiplin ilmu pada bidang Teknik Mesin sangat luas. Beberapa diantaranya seperti terlihat pada tabel 4.1, namun tak terbatas padang bidang tersebut.

Tabel 4.1. Disiplin Ilmu Bidang Teknik Mesin

No	Bidang Ilmu	No	Bidang Ilmu
1	Akustik	11	Komposit
2	Analisis struktural	12	Manufaktur dan manufaktur aditif
3	Bioteknologi	13	Mekanik
4	Computer Aided Design (CAD)	14	Nano teknologi
5	Desain	15	Otomasi
6	Dirgantara	16	Otomotif
7	Energi	17	Perencanaan produksi
8	Ergonomi	18	Robotika
9	Keamanan syber	19	Sistem Kendali
10	Kesehatan manusia	20	Sistem Otonom

(Sumber: Michigan Technological University)

Bidang dalam Teknik Mesin

Bidang yang dipelajari pada perkuliahan di jurusan teknik mesin meliputi sifat-sifat dari Gaya, Material, Energi, Fluida, Gerak dan penerapan bidang-bidang tersebut dalam perancangan atau perencanaan suatu produk yang bertujuan meningkatkan taraf hidup manusia.

Secara umum bidang yang terlibat pada teknik mesin seperti:

Bidang statika, bidang ini berfokus pada bagaimana gaya ditransmisikan ke dan diseluruh struktur dimana sistem berada pada kondisi tak ada pergerakan. **Bidang Dinamika**, setelah sistem bergerak, dilakukan analisis dinamika, atau kecepatan, percepatan, dan gaya apa yang dihasilkan. Selanjutnya

Kinematika, bidang ini memeriksa bagaimana suatu mekanisme berperilaku saat bergerak melalui rentang gerakannya.

Ilmu material, bidang ini mempelajari pemilihan material yang paling sesuai untuk berbagai aplikasi. Bagian material meliputi kekuatan material seperti pengujian terhadap beban penopang, kekakuan, kerapuhan, dan properti lainnya dimana properti tersebut sangat penting terutama pada bahan konstruksi, otomotif bahkan bidang medis.

Thermodinamika, bidang ini membahas bagaimana energi diubah menjadi daya yang berguna, menentukan energi yang hilang dalam proses perubahannya. Sementara itu *heat transfer*, membahas mengenai proses perpindahan panas. Proses tersebut sangat penting dalam banyak aplikasi dan memerlukan pengumpulan serta analisis data suhu dan distribusinya selama berjalan nya perpindahan panas.

Mekanika fluida, bidang ini mengamati berbagai sifat fluida seperti penurunan tekanan dari aliran fluida dan gaya hambat aerodinamis.

Manufaktur, pada bidang ini dilakukan analisis proses terbaik dalam proses manufaktur yang lebih efisien. **Metode laboratorium** berfokus pada pengembangan bagaimana mengukur produk dan proses thermal dan mekanik. Sementara itu, perancangan mesin mengembangkan peralatan skala proses. **Teknik Elektro** berfokus yang berhubungan dengan sirkuit. **Vibrasi**, bidang yang memprediksi terjadinya getaran (yang terjadi akibat kerja peralatan, proses manufaktur dan kelistrikan) serta cara mengendalikan getaran tersebut.

Ekonomi Teknik, bagian ini menganalisis agar rancangan teknik dapat relevan dan bermanfaat di dunia nyata melalui estimasi biaya manufaktur, siklus hidup material, rancangan dan produk rekayasa lainnya.

4.3 Profesi Bidang Teknik Mesin

Ruang lingkup profesi seorang sarjana teknik mesin sangat luas, kebutuhan *skill* dan pengetahuan yang dimiliki dengan beragam tingkatan. Berikut ini beberapa profesi yang dapat dipilih sebagai sarjana bidang teknik mesin yaitu:

1. *Research and Development*

Profesi ini bertanggung jawab dalam melaksanakan riset serta mengembangkan teknologi mesin, *engine* maupun mekanisme tertentu untuk tujuan khusus, sebagai contoh mengembangkan mesin dengan teknologi yang ramah lingkungan, lebih efisien atau berbahan bakar energi terbarukan.

2. Tenaga Profesional Bidang Mesin Pembangkit Termal

Sarjana Teknik Mesin berpeluang menjadi tenaga profesional yang mampu membuat perencanaan, pengoperasian dan perawatan mesin-mesin pembangkit termal. Menghasilkan mesin pembakaran internal, turbin uap dan gas, serta mesin jet dan roket. Selain itu dapat juga sebagai tenaga ahli dalam mengembangkan mesin seperti peralatan pendingin dan AC, robot yang digunakan di bidang manufaktur, peralatan mesin, sistem penanganan bahan, dan industri peralatan produksi.

3. Tenaga Ahli Pemeliharaan Mesin

Sebagai tenaga pemeliharaan mesin seorang sarjana teknik mesin bertanggung jawab memastikan bahwa aset dapat beroperasi dengan performa optimum setiap saat.

Peralatan yang ada dapat mencapai umur produktif dengan biaya pemeliharaan seminimal mungkin.

4. Perancang

Seorang perancang bertanggung jawab untuk menghasilkan rancangan yang dapat diproses manufaktur. Seorang perancang mampu merencanakan, merancang, merekayasa ulang, dan mengembangkan teknologi tepat guna yang kompetitif dengan memanfaatkan *software* aplikasi dan analisis *engineering*.

5. System analyst

Tanggung jawab sebagai system analyst adalah menganalisis sistem mesin disuatu pabrik atau perusahaan agar mampu bekerja secara aman dan memiliki efisiensi yang tinggi.

6. Dosen

Seorang sarjana Teknik Mesin juga dapat berprofesi sebagai dosen.

7. Perencanaan Bidang Manufaktur

Manufaktur Mampu merencanakan, merancang, menganalisis, dan menerapkan teknologi manufaktur yang efektif dan efisien dengan memanfaatkan software aplikasi dan analisis *engineering*.

8. Tenaga ahli bidang Energy

Sebagai ahli bidang energy, Profesi dibidang ini bertanggung jawab dalam perencanaan, penciptaan, konversi energi, penyimpanan dan perpindahan energi dalam industri sebagai penyalur tenaga listrik seperti gas alam, minyak dan energi alternatif.

9. Tenaga di Industri Alat Berat

Bekerja dibidang alat berat dapat dipilih oleh lulusan teknik mesin dengan baik sebagai *designer*, pengoperasian alat maupun pemeliharaan.

10. Penguji Spesimen Produksi

Bekerja dibidang ini bertanggung jawab terhadap pengujian spesimen hasil produksi untuk menentukan performa produk sebagai dasar keputusan penentuan kesesuaian material dan proses yang dipilih sesuai dengan rancangan produk yang diinginkan.

Perhimpunan Insinyur Mekanik Amerika (ASME) telah melakukan survei sehubungan dengan identifikasi pencapaian utama dari para insinyur anggotanya. Dari hasil survei tersebut diperoleh sepuluh besar capaian profesi insinyur Teknik Mesin, seperti dinyatakan pada tabel 4.2.

Tabel 4.2. Sepuluh Besar Prestasi Profesi Teknik Mesin
Disusun oleh Perhimpunan Insinyur Mekanik Amerika (ASME)

No	Profesi
1	Otomotif
2	Program Apollo
3	Pembangkit Listrik
4	Mekanisasi Pertanian
5	Pesawat Terbang
6	Produksi Massal Sirkuit Terpadu
7	Pendingin Udara dan Refrigerasi
8	Teknologi Rekayasa berbantuan Komputer
9	Bioteknologi
10	Kode dan Standar

(
Sumber : Majalah Teknik Mesin , ASME)

1. **Otomotif.** Pengembangan dan komersialisasi bidang otomotif dinilai sebagai pencapaian profesi yang paling signifikan pada abad kedua puluh. Dua faktor yang memiliki andil besar atas pertumbuhan teknologi otomotif yaitu

bertenaga tinggi, mesin ringan dan proses yang efisien untuk manufaktur massal.

Persaingan dalam pengembangan dibidang otomotif meliputi peningkatan kemampuan *engine*, *safety*, penghematan bahan bakar, kenyamanan, maupun kontrol emisi. Untuk saat ini kemajuan teknologi otomotif semakin berkembang seperti adanya system hybrid kendaraan gas listrik, rem *antilock*, ban *run-flat*, kantong udara, meluasnya penggunaan bahan komposit, kontrol komputer dari sistem injeksi bahan bakar, sistem navigasi berbasis satelit, *timing* katup variabel, dan sel bahan bakar.

2. **Program Apollo.** Merupakan kendaraan pertama yang dirancang bangun dan diterbangkan ke luar angkasa. Karena kemajuan teknologi serta dampak budaya yang mendalam, program Apollo dipilih menempati posisi kedua dalam pencapaian yang paling berpengaruh di abad kedua puluh.
3. **Pembangkit Listrik.** Salah satu aspek keberhasilan sarjana teknik mesin adalah pengembangan mesin konversi energi, salah satunya melalui pembangkit tenaga listrik. Sarjana teknik mesin berhasil memanipulasi energi kimia yang tersimpan dalam berbagai sumber seperti batu bara, gas alam, minyak bumi, energi kinetik angin menjadi penghasil energi listrik dan nuklir baik di pembangkit listrik, kapal selam, pesawat ruang angkasa serta lainnya. Dengan berkurangnya sumber daya alam, saat ini sarjana teknik mesin telah mengembangkan energi listrik dari sumber energi baru terbarukan seperti dari energi surya, energi angin dan ombak.
4. **Mekanisasi Pertanian.** Sarjana teknik mesin berhasil mengembangkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi di industri pertanian secara signifikan. Otomatisasi dimulai dengan diperkenalkannya traktor dalam bidang pertanian. Kemajuan selanjutnya diikuti dengan kemampuan memprediksi cuaca, manajemen pengelolaan tanaman dan

pengendalian hama secara digital. Perkembangan teknologi tersebut berdampak terhadap kemajuan di sektor ekonomi lainnya seperti makanan, minuman, perdagangan, ekspedisi serta perawatan kesehatan.

5. **Pesawat Terbang.** Pencapaian profesi sarjana teknik mesin berikutnya adalah pengembangan teknologi terkait industri pesawat terbang yang bertenaga dan aman. Salah satu kontribusi utama teknologi penerbangan yaitu pada bidang propulsi. Untuk kebutuhan pesawat militer, sarjana teknik mesin telah merancang pesawat dengan performa tinggi termasuk *turbofan*, sistem pembakaran, turbin serta sistem kendali yang canggih

6. **Sirkuit Terpadu.**

Kemampuan lain sarjana teknik mesin adalah penciptaan teknologi manufaktur untuk membuat sirkuit terpadu dengan skala mikro dan *nano*, sehingga memungkinkan bagian mesin yang bergerak dapat dibuat sangat kecil.

7. **Pendingin udara dan Refrigerasi**

Pengembangan pada sistem Teknologi pendingin udara dan sistem refegirasi yang efisien merupakan hasil lain dari kemampuan sarjana Teknik mesin. Dengan perkembangan tersebut dihasilkan mesin dengan pemeliharaan yang lebih sederhana, dilengkapi dengan pendeteksi kebocoran cairan pendingin, Penggunaan freon memungkinkan sistem refrigerasi untuk digunakan di perumahan. Perkembangan penggunaan refrigeran saat ini sudah diarahkan ke materi yang lebih ramah lingkungan. Perpindahan panas dan konversi energi dimanfaatkan oleh sarjana teknik mesin untuk merancang sistem refrigerasi selama transportasi.

1. Computer-Aided Engineering Technology

memiliki akses ke disain dan analisis berbantuan komputer yang canggih dan berbasis data informasi.

2. Bioengineering/ Bioteknologi

Bioteknologi menghubungkan bidang teknik dengan ilmu kehidupan dan kedokteran. Prinsip teknik, alat analisis, dan metode desain diterapkan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi pada sistem biologis. Pada bidang bioteknologi sarjana teknik mesin terlibat dalam menciptakan teknologi untuk memperluas industri farmasi dan kesehatan, termasuk penemuan obat, genomik, pengembangan organ buatan, pencitraan ultrasonik, penggantian sendi buatan, alat pacu jantung, katup jantung buatan, operasi dengan bantuan robot, dan operasi laser.

3. Kode dan standar. Prestasi berikutnya adalah pengembangan kode dan standar agar produk yang dibuat dapat kompatibel dengan *hardware* yang dibuat oleh manufaktur lain.

4.4 Karier sarjana Teknik Mesin

Pada *sub* bab 4.3 diuraikan beberapa bidang unggulan yang pernah dicapai oleh sarjana teknik mesin, untuk pencapaian bidang tersebut dapat ditempuh melalui beberapa posisi karir. Beberapa Prospek Profesi Lulusan Teknik Mesin mesin seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Prospek Profesi Teknik Mesin

No	Karier	No	Karir
1	<i>Product Engineer</i>	11	<i>Applications Engineer</i>
2	<i>Design Engineer</i>	12	<i>Facilities Design Engineer</i>
3	<i>Systems Engineer</i>	13	<i>Product Applications Engineer</i>

No	Karier	No	Karir
4	<i>Power Engineer</i>	14	<i>Mechanical Product Engineer</i>
5	<i>Manufacturing Engineer</i>	15	<i>Mechanical Device Engineer</i>
6	<i>Packaging Engineer</i>	16	<i>Energy Efficiency Engineer</i>
7	<i>Renewable Energy Consultant</i>	17	<i>Process Development Engineer</i>
8	<i>Electro-Mechanical Engineer</i>	18	<i>Mechatronics Engineer</i>
9	<i>Principal Engineer</i>	19	<i>Sales Engineer</i>
10	<i>Project Capture Engineer</i>	20	<i>Plant Engineer</i>

(sumber: Introduction to Mechanical Engineering)

4.4 Kompetensi Lulusan Teknik Mesin

Untuk menunjang keberhasilan seorang sarjana teknik mesin maka diperlukan pengetahuan dasar serta kompetensi yang sesuai bidang kerja yang ditekuni. Kompetensi yang diperlukan tak terbatas pada:

1. Pengetahuan dan pemahaman Ilmu dasar, meliputi Matematika, Fisika, Termodinamika dan Perpindahan Panas, Material Teknik dan Kekuatan Material, *Gear* Sistem. Mekanika Fluida, Mekanika Struktur, Mekanisme Kegagalan, Sistem Engineering.
2. Pengetahuan Praktis, yaitu pengetahuan dan pemahaman bagaimana menerapkan prinsip utama teknik mesin dalam penyelesaian masalah di dunia nyata
3. Pengetahuan dan pemahaman terhadap *software* yang berguna dalam bidang teknik mesin. Beberapa *software* tersebut seperti:

- a. *Mathcad* -- Program untuk pengolahan data numerik.
 - b. *Excel* -- Untuk tabulasi data, perhitungan cepat, hingga pemrograman dasar
 - c. *CAD (Computer Aided Design)* -- software yang difokuskan pada disain hingga 3D. contoh program yang digunakan seperti SolidWorks, Unigraphics NX, CATIA, dan Auto desk Inventor.
 - d. *FEA (Finite Element Analysis)* -- Software untuk keperluan analisis struktural, yang memungkinkan menganalisis tekanan dan defleksi pada struktur yang kompleks. Contoh populer termasuk ANSYS dan Nastran.
 - e. *MATLAB* -- Software untuk melakukan analisis numerik yang lebih kompleks yang rumit atau tak dapat dilakukan menggunakan matematika sederhana.
4. Kemampuan Pemecahan Masalah. Salah satu tanggung jawab utama seorang sarjana teknik mesin adalah memecahkan masalah, apakah itu masalah besar atau kecil. Masalah besar seperti bagaimana mengembangkan sistem yang dibutuhkan untuk menjalankan fungsi pada lingkungan operasi agar sesuai jadwal secara efisien. Masalah kecil adalah masalah yang muncul selama pengembangan sistem tersebut, contoh:
- a. Pengembangan Konsep: Rancangan sistem apa yang paling sesuai dengan kebutuhan.
 - b. Rancangan Detail: Bagaimana merancang komponen yang dibutuhkan tersebut, penyesuaian *interface* dengan komponen lainnya, menjaga agar bobot rancangan sesuai batasan dengan biaya yang terjangkau.
 - c. Analisis: Bagaimana menentukan semua kasus pembeban yang terjadi pada komponen serta memastikan struktur komponen mampu menahan beban yang terjadi
 - d. Pengujian: Bagaimana pengujian komponen dapat menunjukkan memastikan bahwa komponen tersebut mampu menerima beban yang diberikan dan

menjalankan fungsinya. Jika pengujian komponen gagal, bagaimana cara terbaik untuk melanjutkan proyek yang dijalankan.

e. Produksi: Bagaimana menemukan *vendor* atau pembuat komponen yang tepat tepat waktu, sesuai anggaran, dan produk sesuai dengan rancangan.

5. Memiliki kreativitas, yaitu mampu melahirkan ide rancangan baru baik untuk perbaikan produk yang ada atau inovasi produk baru.
6. Memiliki kemampuan berkomunikasi. Komunikasi yang diperlukan baik lisan maupun tulisan. Secara lisan diperlukan untuk mengkomunikasikan ide-ide secara jelas, logis, dan profesional kepada pelanggan, manajemen maupun anggota tim lainnya. Komunikasi dapat berupa presentasi maupun diskusi. Komunikasi tertulis dilakukan dalam bentuk pelaporan (laporan hasil analisis, prosedur pengujian, manual kerja, materi presentasi).
7. Kemampuan bekerja dalam tim dan berkolaborasi. Diperlukan untuk berkolaborasi dengan orang lain baik pada bidang yang sama atau antar bidang.
8. Kemampuan manajemen waktu. Diperlukan kemampuan pengaturan waktu agar dapat menghasilkan produk berkualitas dalam kerangka waktu yang ditetapkan.
9. Keingintahuan intelektual. Dengan memiliki rasa keingintahuan yang besar, mendorong seseorang untuk selalu belajar dan meningkatkan kemampuan mereka
10. Memiliki kemampuan *Leadership*. Yaitu kemampuan untuk memimpin atau dipimpin. Sebagai seorang pemimpin bertanggung jawab terhadap anggotanya, mengambil keputusan atas nama tim, serta mengawasi peran tiap anggota timnya, menjadi inspirasi dan contoh bagi anggota tim.

4.5 Kesimpulan

Bab ini dimaksudkan memberi perspektif tentang tujuan, tantangan, tanggung jawab, penghargaan, dan kepuasan menjadi seorang sarjana teknik, khususnya teknik mesin. Sebagai seorang sarjana teknik mesin harus memiliki pengetahuan dan pemahaman dalam hal rancang bangun produk atau sistem sesuai bidangnya yang berkontribusi terhadap perbaikan hidup manusia. Kemampuan *softskill* dalam hal pemecahan masalah dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan dalam kesehariannya serta mampu mengkomunikasikan hasil pekerjaannya kepada orang lain baik melalui gambar, laporan tertulis, presentasi secara jelas dan mudah dipahami. Disiplin teknik mesin dianggap bidang yang paling fleksibel sehingga memiliki keleluasaan masuk ke bidang lain terutama bagi lulusan yang memiliki kompetensi yang baik.

Perkembangan teknologi dan Informasi akan berpengaruh pada semua bidang, sehingga diperlukan kemampuan bidang teknik mesin untuk beradaptasi sesuai perkembangan tersebut terutama agar dapat memenangkan persaingan kerja secara global.

DAFTAR PUSTAKA

- Cholaseuk,Dulyachot.Introduction to Mechanical Engineering Profession.
http://www.me.engr.tu.ac.th/Intro_to_ME.pdf
- Landmand, Drew. An Introduction to Mechanical Engineering. Departement of Mechanical and Aerospace Engineering. OLD DOMINION UNIVERSITY.
<https://drive.google.com/file/d/1nbjAfzXie1YWHXYpjkLZtyc3CEX2ol5p/view>
- Michigan Technological University. Mechanical Engineering-Engineering Mechanics. What is Mechanical.Engineering.
<https://www.mtu.edu/mechanical/engineering/>
- Middle East Technical University. 2022. Introduction To Mechanical Engineering (Power Point Presentation).
<https://www.studypool.com/documents/11048255/08-introduction-to-mechanical-engineering-power-point-presentation-author-middle-east-technical-university>
- Ronney, Paul., D. 2005. Basics Of Mechanical Engineering: Integrating Science, Technology And Common Sense.
<http://ronney.usc.edu/ame101/>
- Wickert, Jonathan., & Kemper, L. 2013. An Introduction to Mechanical Engineering, Third Edition. Stamford: , Global Engineering Publisher.
<https://mechanicalc.com/posts/mechanical-engineering-skills>.

BAB 5

ANALISIS MEKANIS

Oleh Badaruddin Anwar

5.1 Pendahuluan

Suatu bahan dalam penggunaannya sehari-hari, sangatlah sulit menghindari adanya beban yang diterima oleh bahan tersebut, baik beban statis maupun beban dinamis. Dalam pokok bahasan ini tentu sehubungan dengan beban dinamis yang terjadi atau diterima oleh suatu bahan, adalah beban mekanik.

Bahan yang menerima suatu beban mekanik maka lama kelamaan akan terjadi deformasi pada bahan tersebut akibat dari beban mekanik, untuk mengetahui kekuatan mekanik pada bahan yang menerima beban mekanik, maka perlu menganalisis kekuatan mekanik bahan dengan cara menentukan sifat-sifat mekanik suatu bahan. sifat-sifat mekanik (*mechanical properties*) diantaranya; kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), elastisitas (*elasticity*), plastisitas (*plasticity*) & ketangguhan (*toughness & resilience*)

5.2 Sifat Mekanik (*Mechanical Properties*)

Sifat elastis, plastis, kekuatan dan kekakuan merupakan sifat mekanik suatu bahan akibat dari adanya pembebanan yang diterima bahan tersebut. sifat elastisitas suatu material adalah suatu material mampu berdeformasi namun tidak terjadi perubahan yang permanen apabila tegangan ditiadakan. kemampuan suatu material dalam menyerap energi pada daerah elastis disebut dengan resilience. Sedangkan kemampuan suatu

material untuk berdeformasi secara permanen tanpa terjadi perpatahan disebut plastisitas. besarnya keuletan (*ductility*) dapat ditunjukkan dengan besarnya ukuran plastisitas. ketangguhan (*taughness*) merupakan energi yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu material.

Kekuatan adalah kemampuan dari bahan untuk menahan pembebanan tanpa terjadi kerusakan (*failure*), disebut kekuatan. kerusakan suatu bahan disebabkan oleh tegangan atau deformasi yang berlebihan. deformasi tersebut diukur melalui tegangan yang terjadi pada material dalam kondisi tertentu. sedangkan besarnya deformasi elastis yang terjadi dibawah pembebanan dan diukur melalui modulus elastis, disebut kekakuan.

5.3 Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kemampuan suatu material dalam menerima beban tarik tanpa terjadi kerusakan kekuatan tarik. Kekuatan Tarik suatu bahan dapat ditentukan oleh besarnya gaya maksimum dibagi dengan besarnya luas penampang awal sebelum terjadinya deformasi.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A_0} \quad (5.1)$$

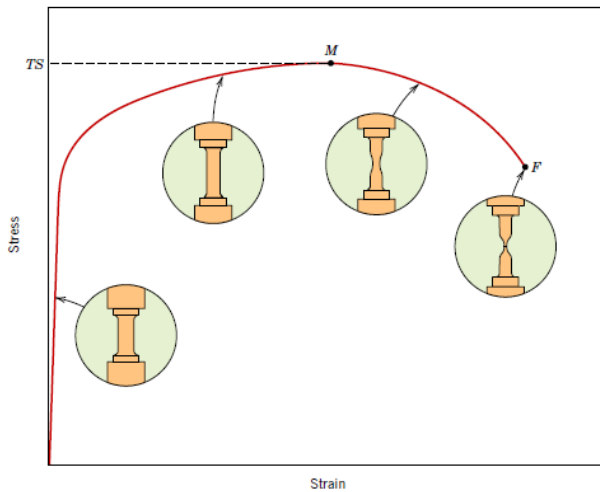
Keterangan :

σ = Kekuatan tarik bahan (kgf/mm²)

F_{max} = Tegangan maksimum (kgf)

A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²)

Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*). Bentuk umum kurva tegangan-regangan ditunjukkan Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Kurva antara tegangan tarik dengan regangan Tarik bahan (Callister, 2013)

Modulus elastisitas, Elongation at Break yang didapat dari hasil pengujian tarik. Modulus elastisitas suatu bahan dapat diartikan sebagai ketahanan suatu material tersebut saat terjadinya deformasi elastik, sehingga semakin besar modulus elastisitasnya maka semakin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan itu. Sifat mulur suatu bahan merupakan pertambahan panjang suatu bahan atau regangan yang dihasilkan oleh ukuran panjang spesimen akibat gaya yang diberikan.

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (5.2)$$

Keterangan :

ε = Kemuluran atau regangan (%)

l_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)

l_f = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Pertambahan panjang yang terjadi pada spesimen uji akibat karena beban penarikan sampai sesaat sebelum spesimen uji tersebut mengalami perpatahan, disebut *Elongation at Break*.

Pengujian tarik merupakan pengujian mekanik secara statis dimana sampel ditarik dengan pembebanan kedua ujungnya. gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton) secara kontinyu sampai bahan uji yang ditarik putus. guna untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari bahan yang diuji.

Pertambahan panjang (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula disebut regangan. Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang biasa dinyatakan dalam persen.

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (5.3)$$

Keterangan:

ε = regangan (%)

Δl = pertambahan panjang (m)

l_0 = panjang mula-mula (m)

l = panjang akhir (m)

Tegangan (*stress*) adalah Perbandingan gaya pada sampel terhadap luaspenampang pada saat pemberian gaya, sehingga kekuatan tarik suatu bahan ditetapkan dengan gaya tarik maksimum dibagi dengan luas penampang mula-mula disebut kekuatan tarik, dengan persamaan sebagai berikut (Roger Brown, 2002) :

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_o} \quad (5.4)$$

σ_m = Tegangan tarik maksimum (kg/mm²)

P_m = Gaya tarik maksimum (kg)

A_o = Luas penampang awal (mm²)

Gaya maksimum adalah besarnya gaya yang masih dapat ditahan oleh sampel sebelum putus. Tegangan perpatahan adalah perbandingan gaya perpatahan mula-mula. Gaya perpatahan adalah besarnya gaya saat sampel putus. Persamaan dapatdituliskan sebagai berikut :

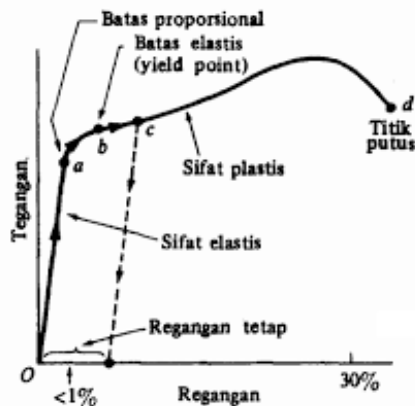
$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \quad (5.5)$$

Keterangan:

σ_u = Tegangan perpatahan (kg/mm²)

P_u = Gaya Perpatahan (kg)

A_o = Luas penampang awal (mm²)



Gambar 5.2. Grafik Tegangan-Regangan Bahan Elastis.

Grafik ini menunjukkan bahwa hubungan antara tegangan dan regangan mulai dari titik osampai titk a adalah daerah elastis, dimana daerah tersebut berlaku hukum Hooke. batas plastisitas pada titik a yang ditentukan sebagai tegangan terbesar yang dapat ditahan oleh suatu bahan tanpa mengalami regangan permanen apabila beban ditiadakan. maka bahan kembali seperti semula. Titik b merupakan tegangan tarik maksimum yang masih bisa ditahan oleh bahan. Titik c merupakan titik dimana bahan terjadi putus/patah. Penambahan beban menyebabkan melampaui titik a akan sangat menambah regangan sampai tercapai titik c atau bahan putus. terjadinya deformasi plastis mulai titik a sampai c dikatakan bahan mengalami deformasi plastis. Jika jarak titik o dan a besar, maka bahan itu dikatakan ulet (*ductile*). Jika bahan terjadi putus segera setelah melewati batas elastis maka bahan itu termasuk bahan rapuh/getas.

Besarnya modulus elastisitas pada daerah ini dapat ditulis dengan persamaan:

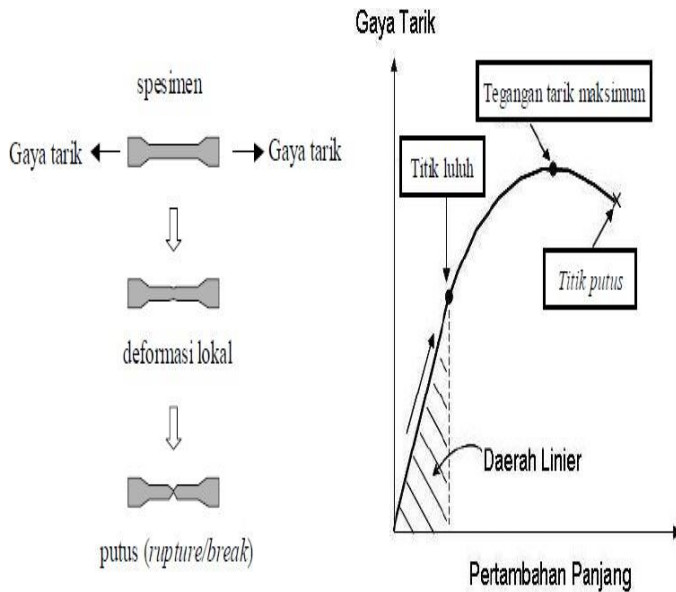
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (5.6)$$

E = Modulus Elastisitas (Young) (kg/mm^2)

σ = Tegangan (kg/mm^2)

ε = Regangan

Modulus Young merupakan ketahanan suatu material terhadap deformasi elastis. Makin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat besarnya tegangan.

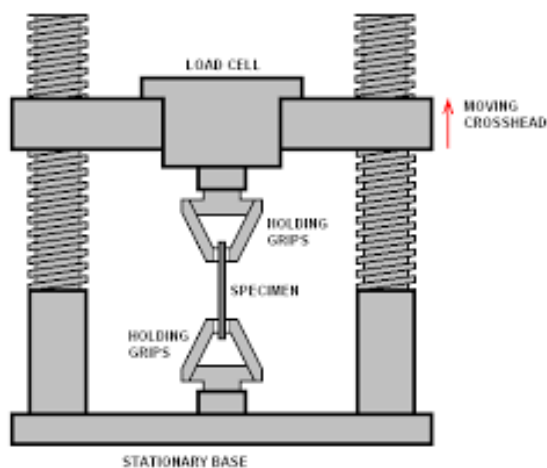


Gambar 5.3. Grafik pengujian Tarik

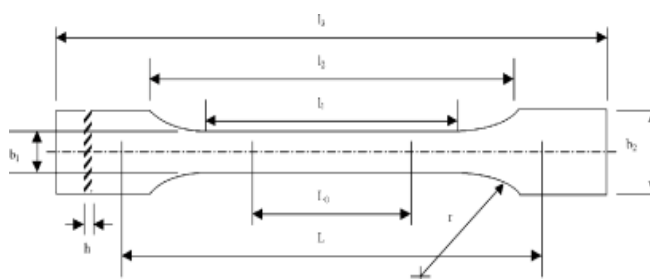
Dalam prosedur pengujian, semua kondisi yang mempengaruhi pengujian harus tercatat dan terkontrol tetap konstan.



Gambar 5.4. (Universal Testing Machine)



Gambar 5.5. diagram pengujian tarik

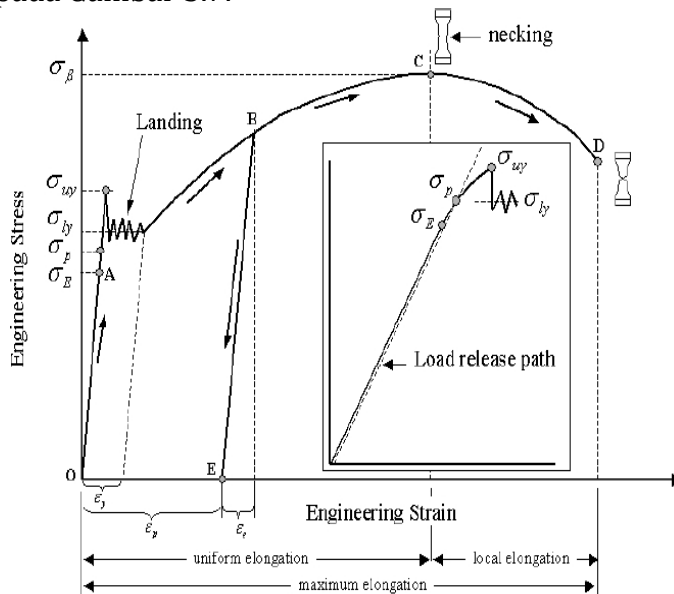


	Type 1A (mm)	Type 1B (mm)
l_3	≥ 150	≥ 150
l_2	104 to 113	106 to 120
l_1	80 ± 2	60 ± 0.5
b_2	20 ± 0.2	20 ± 0.2
b_1	10 ± 0.2	10 ± 0.2
h	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.2
L_0	50.0 ± 0.5	50.0 ± 0.5
L	115.0 ± 1	$l_2 + 5$
r	20 to 25	≥ 60

Gambar 5.6. Standar dimensi sampel uji tarik

Prinsip kerja pengujian tarik:

- Benda uji tarik standar dicekam pada alat kedua ujungnya
- pembebanan tarik dilakukan searah sumbu benda uji tarik
- laju pembebanan diatur secara kontinyu
- Specimen ditarik sampai putus
- Data hasil pengujian diolah dan ditransfer dalam bentuk grafik hasil uji tarik, berupa besar pembebanan, pertambahan panjang (*elongation*), Pengecilan Penampang (*Reduction of area*) dan elastisitas bahan.
- Analisa teknik, data yang diperoleh dari uji tarik dapat diolah sesuai keperluan dan dapat digeneralisasi seperti pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Bentuk grafik hasil pengujian tarik

Sifat mekanik dari hasil pengujian tarik dari Gambar 5.7, dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Batas elastis σ_E (*elastic limit*)

Dalam Gambar 5.7 dinyatakan dengan titik A titik elastis. besarnya tegangan dan regangan proporsional terjadi deformasi elastis, pemberian beban terhadap bahan sampai pada titik A, kemudian beban dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali pada posisi semula, yaitu regangan “nol” pada titik O. Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan atau terjadi deformasi plastis. Terdapat konvensi batas regangan permanen sehingga masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005%. Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini.

- Batas proporsional σ_p (*proportional limit*) Titik sampai di mana penerapan hukum Hook masih bisa ditolerir. biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
- Deformasi plastis (*plastic deformation*) Yaitu perubahan bentuk secara permanen. bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.
- Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*) Tegangan maksimum bahan sebelum fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*), Tegangan rata-rata daerah landing sebelum fase deformasi plastis. disebut tegangan luluh (*yield stress*).
- Regangan luluh ϵ_y (*yield strain*) Regangan permanen pada saat fase deformasi plastis.
- Regangan elastis ϵ_e (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- Regangan plastis ϵ_p (*plastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan

- regangan yang terjadi sebagai perubahan permanen bahan.
- Regangan total (total strain) adalah ketika bebandidlepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis. sehingga gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$. Perhatikan beban dengan arah OABE, adalah regangan total.
 - Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*) Pada Gambar ditunjukkan dengan titik C (σ_b), merupakan besar tegangan maksimum yang dihasilkan oleh uji tarik.
 - Kekuatan patah (*breaking strength*) merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah, seperti pada Gambar ditunjukkan dengan titik D.

Pada pengujian tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan, daerah ini disebut daerah linier atau linear zone. pertambahan panjang vs beban membentuk kurva mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

- Rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) tetap konstan.
- Tegangan yang terjadi disebut batas rentang atau batas leleh.
- Kekuatan tarik maksimum (*ultimite tensile strength*) adalah besarnya beban maksimum dibagi dengan besarnya luas penampang spesimen.

Modulus Elastisitas

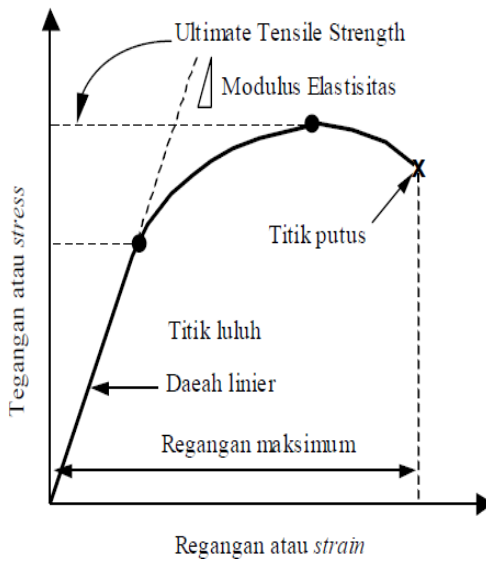
Modulus elastisitas adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan terjadinya deformasi permanen akibat dari pembebanan. batas tegangan ketika bahan tidak kembali lagi ke

bentuk semula setelah tegangan dihilangkan, disebut batas elastisitas.

Elastisitas : Tegangan Tarik dibagi Regangan

$$E = \sigma / \epsilon$$

Elastisitas (E) adalah gradien kurva pada daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama "Modulus Elastisitas" atau "Young Modulus".



Gambar 5.8. Hubungan Tegangan dan Regangan dari hasil

5.4 Kekuatan Tekan (*Compressive strength*)

Pengujian tekan merupakan pengujian yang digunakan untuk menguji material dengan memberikan beban tekan secara kontinu dan perlahan sampai bahan tersebut terjadi perubahan panjang menjadi pendek (deformasi) hingga material rusak. Uji tekan merupakan kebalikan arah dari pada pengujian tarik dan digunakan untuk mendapatkan beberapa sifat mekanis bahan yang penting dalam desain antara lain kekuatan tekan σ_c (*compressive strength*), kekuatan luluh σ_y (*yield strength*), ketangguhan (*toughness*) dan keuletan (*Ductility*).

Tegangan teknik σ_c didefinisikan melalui hubungan :

$$\sigma_c = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

Keterangan:

σ_c = Tegangan teknik (Mpa) atau (psi)

F = Beban yang bekerja (N) atau (lbf)

A_0 = Luas penampang awal sebelum beban diberikan (m^2 atau in^2).

Regangan teknik atau biasa disebut regangan didefinisikan melalui hubungan :

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

L_0 = Panjang awal sebelum beban diberikan
(mm)

l_i = Perpanjangan seketika saat beban tekan diberikan (mm).

Ductility (Keuletan) diukur dengan melihat besarnya deformasi plastis yang terjadi sampai spesimen uji rusak akibat tekan. Keuletan dapat digambarkan dalam bentuk persentase perpanjangan (% *EL*) maupun persentase reduksi penampang (% *AR*) yakni :

$$\%EL = \left(\frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$

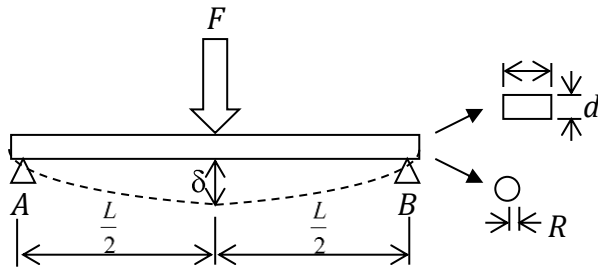
l_f adalah panjang spesimen saat terjadi tekan dan *l₀* adalah panjang spesimen awal.

$$\%AR = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100\% \quad (4)$$

A₀ adalah luas penampang spesimen awal dan *A_f* adalah luas penampang spesimen saat terjadi tekan.

5.5 Kekuatan Lengkung (*Bending strength*)

Pengujian lengkung adalah pengujian pada specimen diberikan beban penekan tepat pada pertengahan batang dan pada kedua ujungnya diberi tumpuan, pengujian ini dikenal dengan istilah teknik pembebanan tiga titik (***three-point loading technique***), dan ada pula (***four-point loading technique***). Pada titik pembebanan di tengah batang, permukaan luar spesimen bagian atas akan mengalami tegangan tekan, sementara pada permukaan luar spesimen bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. dan sumbu spesimen tetap normal. Besarnya tegangan ditentukan oleh ketebalan spesimen, momen lentur, dan momen inersia penampang bahan uji. Tegangan tarik maksimum terjadi pada permukaan terluar spesimen bagian bawah sejajar dengan sumbu beban penekan. pada gambar 6.9 menunjukkan untuk bahan persegi dan bulat.”



Gambar 5.9. skema uji kekakuan

Besarnya tegangan lentur yang terjadi pada spesimen dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (1)$$

Keterangan :

M = momen lentur maksimum (kg/mm)

c = jarak ke sumbu spesimen (mm)

I = momen inersia penampang (kgm²)

σ = Tegangan lentur (kg/mm²)

b = lebar spesimen uji (mm)

d = tebal spesimen uji (mm)

R = jari-jari spesimen (mm)

Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk jenis bentuk penampang persegi dan bulat dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 5.1. Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.

Penampang	M	c	I	σ
Persegi empat	$\frac{F.L}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{b.d^3}{12}$	$\frac{3F.L}{2b.d^2}$
Bulat	$\frac{F.L}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{F.L}{\pi R^3}$

Sumber : Callister, 1997

5.6 Kekuatan Impak (*Impact strength*)

Pengujian impak suatu bahan diberi takikan (*notch*). Besaran yang didapatkan dalam pengujian ini adalah harga impak (kerja persatuan luas). pengujian impak bahan menunjukkan sifat getas pada temperatur rendah (misalnya: cryogenic temperature range). hal ini dapat ditentukan temperatur transisi dari sifat ulet ke sifat getas. Besarnya energi impak dihitung dengan mengukur selisih tinggi ayun bandul sebelum dan sesudah terjadi impak.

$$EI = m.g.(h_1 - h_2) \quad (1)$$

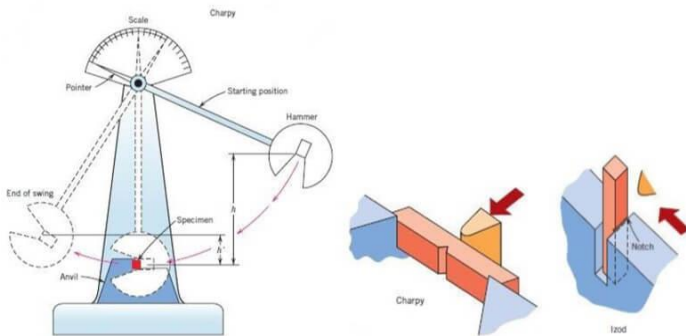
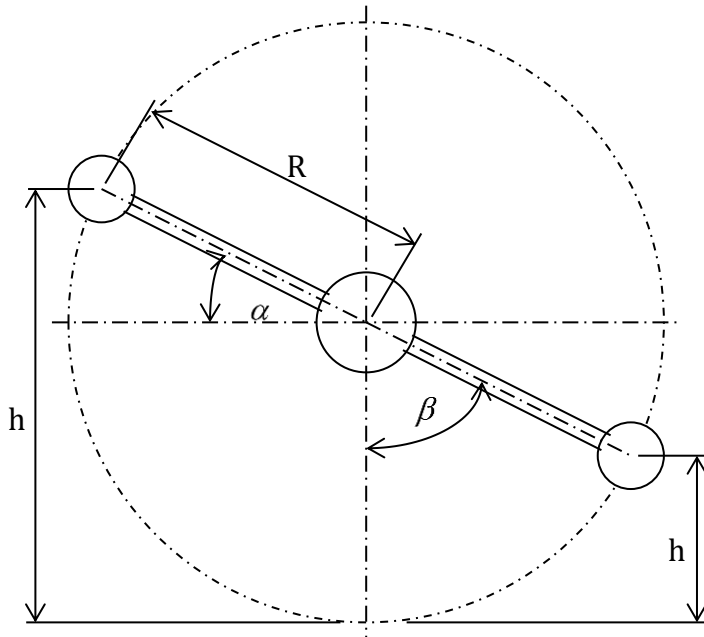
$$HI = \frac{EI}{A} \quad (2)$$

$$h_1 = R + R.\sin \alpha \quad (3)$$

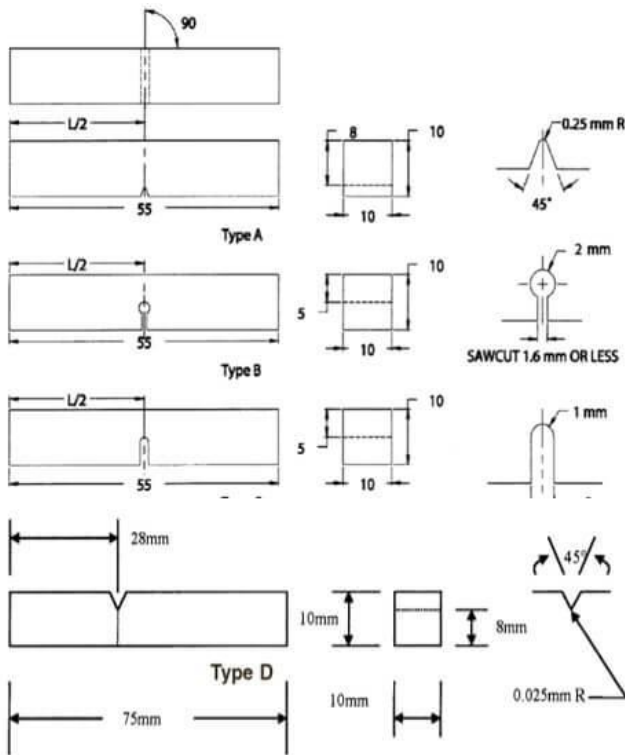
$$h_2 = R - R.\cos \beta \quad (4)$$

Keterangan : EI = energi Impak (Joule)
m = massa bandul (kg)
g = gaya gravitasi bumi (m/s²)
h₁ = tinggi bandul awal (m)
h₂ = tinggi bandul setelah impak (m)
HI = harga Impak (J/mm²)

- A = luas penampang patahan (mm^2) = $h \times l$
 R = panjang lengan ayun (m)
 α = sudut sebelum tumbukan (derajat)
 β = sudut sesudah tumbukan (derajat)



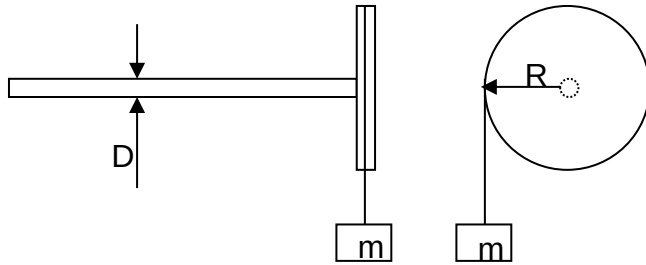
Gambar 5.10. Proses Uji Impak



Gambar 5.11. Macam-macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impact

5.7 Kekuatan Puntir (*Torsion strength*)

Kekuatan puntir adalah didapatkan dengan melakukan pengujian pada bahan yang mengalami beban puntir. Keuntungan pengujian puntir adalah fenomena pengecilan setempat dan fenomena barelling tidak terjadi, serta reduksi penampang yang terjadi tidak terlalu besar. Selain untuk menentukan tegangan alir material, uji puntir dapat juga digunakan untuk mendapatkan kurva tegangan geser-regangan geser material.



Gambar 5.11. Skema Uji Puntir

Besarnya momen puntir M_T (kg.mm) dihitung dengan persamaan :

$$M_T = m..R \quad (1)$$

Dimana; m: massa (kg); R: jari-jari lingkaran (mm)

Besarnya tegangan geser τ (kg/mm²) dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi D^3} \quad (2)$$

Dimana; D: diameter poros (mm) d

Besarnya regangan geser γ dihitung dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{\theta.D}{2L} \quad (3)$$

Dimana: θ : Sudut puntir (radian); L : panjang poros (mm)

Modulus Geser G (kg/mm²) dihitung dengan persamaan :

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (4)$$

5.8 Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan bahan, yaitu pengukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis lokal (setempat) berupa bekas penekanan yang kecil atau goresan. Teknik pengujian kuantitatif digunakan *indentor*/penekan kecil yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji, di bawah pengaruh beban yang terkontrol dan lama penekanan tertentu. Kedalaman atau ukuran bekas penekanan kemudian diukur, yang kemudian dihubungkan sebagai angka kekerasan material; semakin lunak material, semakin besar dan semakin dalam bekas penekanan, dan semakin kecil angka kekerasannya.

Uji Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan rockwell adalah suatu metode yang digunakan dalam uji kekerasan bahan untuk mendapatkan nilai kekerasan bahan. Beberapa jenis skala dapat digunakan untuk berbagai jenis kombinasi pembebanan indentor yang digunakan, untuk setiap jenis logam dan paduannya, dari yang keras sampai yang lunak. Indentor bentuk bola baja yang dikeraskan mempunyai ukuran diameter $1/16$, $1/8$, $1/4$ dan $1/2$ in. (1.588, 3.175, 6.350 dan 12.70 mm) dan indentor kerucut intan yang digunakan untuk logam keras.

Pengukuran kekerasan logam dengan sistem ini dihitung dengan melihat perbedaan kedalaman penekanan yang dihasilkan dari pembebanan minor yang dilanjutkan dengan pemberian beban mayor; penggunaan beban minor ini meningkatkan keakuratan pengujian sesuai besarnya beban mayor dan minor, jenis pengujian ini terdiri atas dua jenis yaitu **Rockwell** dan **Superficial Rockwell**. Untuk Rockwell beban minornya 10 kg, beban mayornya 60, 100 dan 150 kg. Setiap skala ditandai dengan huruf alphabet; beberapa diantaranya diberikan dalam tabel 6.2. sesuai dengan jenis indentor dan pembebanan. Superficial test menggunakan beban minor 3 kg, beban mayornya

15, 30 dan 45 kg. Skalanya ditandai dengan 15, 30 atau 45 (sesuai beban), diikuti dengan N, T, W, X atau Y, tergantung pada jenis indenter. Superficial test biasanya digunakan untuk spesimen yang tipis.

Dalam mengukur kekerasan bahan baik cara rockwell maupun superficial, harga kekerasan dan simbol skalanya harus diuliskan. Skalanya disimbolkan dengan HR diikuti dengan identifikasi skala yang sesuai. Misalnya 80 HRB menunjukkan angka kekerasan rockwell 80 pada skala B, dan 60 HR30W menandakan kekerasan superficial 60 pada skala 30W.

Pada setiap skala, range angka kekerasan bisa sampai 130; namun untuk angka kekerasan di atas 100 atau di bawah 20 pada setiap skala biasanya kurang akurat; dan karena skala-skala ini saling overlap, pada beberapa kondisi lebih baik untuk menggunakan skala lain yang lebih keras atau lebih lunak.

Peralatan uji kekerasan rockwell dapat berjalan secara otomatis, angka kekerasan langsung terbaca, dan setiap waktu pengukuran hanya beberapa detik. Peralatan yang modern mempunyai variasi waktu dalam pemberian beban. Variabel-variabel ini harus diperhatikan dalam mendapatkan data kekerasan material.

Uji Kekerasan Brinell

Uji kekerasan Brinell, sebagaimana pada uji kekerasan Rockwell, juga menggunakan bola baja yang dikeraskan yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji. Diameter bola baja penekan yang dikeraskan (atau karbida tungsten) adalah 10 mm (0.394 in.). Standar variasi beban dari 500 sampai 3000 kg dengan kenaikan beban 500 kg. Selama pengujian, beban dijaga konstan untuk beberapa saat (antara 10 sampai dengan 30 detik). Material yang lebih keras membutuhkan penggunaan beban yang lebih besar. Angka kekerasan Brinell, HB, adalah

fungsi dari besar beban dan diameter bekas penekanan yang dihasilkan (lihat tabel 6.2). Diameter bekas penekanan ini diukur dengan mikroskop tegangan rendah, dengan melihat skala yang terdapat pada lubang pengamatan di mikroskop. Hasil pengukuran diameter tersebut kemudian dikonversi ke harga HB yang sesuai dengan menggunakan grafik; hanya satu skala yang menggunakan teknik ini, sementara yang lain dihitung dengan menggunakan persamaan pada tabel 6.2.

Tebal spesimen minimum dan posisi penekanan relatif terhadap tepi material dan jarak antara penekanan sama dengan uji kekerasan Rockwell. Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil penekanan yang baik, permukaan material harus cukup halus dan rata.

Pada uji brinell kemungkinan terjadi *flatening*/gepeng pada indenter jika material uji cukup keras dan pada material uji yang lunak kemungkinan bisa terjadi *flow of material*, sehingga dalam pengujian harus hati-hati.

Uji Knoop dan Vickers Microhardness

Dua teknik pengujian kekerasan yang lain adalah Knoop (dibaca *nuup*) dan Vickers (biasa juga disebut piramida intan). Pada setiap pengujian, indenter piramida intan yang kecil ditekankan pada permukaan benda uji. Beban yang digunakan harus lebih kecil dari Rockwell atau Brinell, bervariasi antara 1 sampai 1000 gram. Bekas penekanan kemudian dilihat pada mikroskop dan diukur. Hasil pengukuran dikonversi menjadi nilai kekerasan (Tabel 6.2). Untuk pengujian ini, persiapan spesimen harus hati-hati (dengan digerinda dan dipolis) untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata sehingga hasil pengujian akurat. Kekerasan Knoop biasanya disimbolkan dengan HK dan Vickers adalah HV, dan skala kekerasan keduanya hampir sama. Knoop dan Vickers disebut sebagai metode pengujian kekerasan mikro karena beban dan ukuran indenter

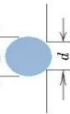
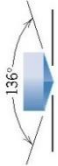
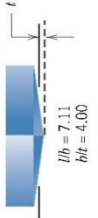
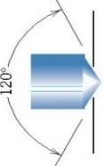
yang kecil. Keduanya cocok untuk mengukur kekerasan spesimen yang kecil, pada titik tertentu. Selain itu Knoop juga digunakan untuk mengukur kekerasan material yang rapuh seperti keramik.

Selain ketiga metode pengujian kekerasan di atas, ada juga cara yang lain, namun tidak dibahas di sini antara lain: *ultrasonic microhardness*, *dynamic atau scleroscope*, dan durometer (untuk material plastik dan elastomer), serta pengujian kekerasan gores.

Konversi Kekerasan

Angka kekerasan untuk setiap metode dapat dikonversi ke angka kekerasan yang lain. Konversi data kekerasan diperoleh dari eksperimen untuk beberapa tipe dan karakteristik material. Konversi data kekerasan untuk baja, beberapa diantaranya diperlihatkan pada (Tabel 6.2) untuk Knoop, Brinell dan dua skala Rockwell, skala Mohs. Tabel konversi yang lebih detail untuk logam dan paduan yang lain dapat dilihat pada ASTM Standard E 140 "*standard Hardness Conversion Tables for Metals*".

Tabel 5.1. Hardness Testing Techniques

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and superficial Rockwell	Diamond conc: $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres		 	60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

^aFor the hardness formulas given, P (the applied load) is in kg, and D , d , d_1 , and l are all in millimeters.

Source: Adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W.D., 1997, Material Science and Engineering, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Callister, W.D., 2013, Material Science and Engineering, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Harsono, W. dan T. Okumura, 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta : Pradnya Paramita.
- Muhib Zainuri, 2008, Kekuatan Bahan, Yogyakarta: Andi
- Samnur, dan Badaruddin. A, 2022, Pengujian Bahan Teknik, Yogyakarta: Deepublish
- Simanjuntak, E., 1999(a), Pengujian Mekanik dan Pengujian Tanpa Merusak, Bandung : Polban.
-1999(b), Pengujian Mekanik dan Analisa Struktur Mikro, Bandung : Polban.
- Syamsul Hadi, 2016, Teknologi Bahan, Yogyakarta: Andi
- Tata Surdia, dan Shinroku, 1985, Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: P.T. Pradnya Paramita
- Vlack, L.V., 1992, Ilmu dan Teknologi Bahan, Jakarta: Erlangga
- Widodo, E. (2022). Buku Ajar Mekanika Komposit dan Bio-Komposit. *Umsida Press*, 1-111.

BAB 6

BAHAN DAN PENGOLAHAN

Oleh Nur Fuadah

6.1 Perkembangan bahan dan pengolahannya

Ilmu bahan adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara bahan atau material dengan sifat-sifat material pembentuknya. Bahan atau material pada sebuah produk memiliki beberapa sifat antara lain konduktifitas termal, kekuatan, densitas, kekerasan, ketangguhan yang dipilih untuk memenuhi syarat dalam mendesain.

Ilmu bahan atau material sangat berperan penting dalam perkembangan peradaban kita. Dalam kehidupan masyarakat di segala aspek, bahan atau material selalu dibutuhkan seperti dalam perumahan, tempat wisata, transportasi, komunikasi, pakaian dan lain-lain.

Perkembangan dan kemajuan masyarakat kita ditunjukkan dengan kemampuan menghasilkan dan merekayasa material. Perkembangan peradaban kita terbagi berdasarkan tingkat perkembangan teknologi material yang dikuasai oleh manusia dari zaman ke zaman. Kita mengetahui bahwa setiap zaman memiliki istilah masing-masing seperti zaman logam dan zaman batu. Zaman logam terbagi ke dalam zaman perunggu dan zaman besi. Sedangkan pada zaman batu, manusia memiliki kemampuan yang terbatas dalam mengolah material, dimana hanya tergantung pada ketersediaan material secara alami yang ada di permukaan bumi misalnya tulang, batu, kulit hewan dan sebagainya.

Peningkatan kemampuan manusia dalam menguasai teknik pengolahan material sehingga mampu memproduksi perlengkapan – perlengkapan berbasis material yang lebih baik. Melalui pemikiran ini, manusia mulai menguasai teknik pembuatan berbagai peralatan berbasis logam sehingga marak masyarakat mulai menggunakan logam. Pada zaman ini terdapat tujuh jenis logam yang diyakini telah dikembangkan pada peradaban awal manusia yaitu tembaga, besi, emas, perak, timah putih (tin), timah hitam (lead) dan air raksa (mercury). Ketujuh logam ini sudah lebih dikenal dalam peradaban karena secara alami logam – logam tersebut terdapat dalam bentuk yang lebih “bebas” di alam atau terkandung secara dominan pada mineralnya sehingga secara sederhana mampu diolah.

Dalam perkembangannya, keberadaan logam – logam dalam kuantitas yang besar semakin langka. Tembaga menjadi sulit ditemukan dalam kondisi bebas di alam. Bijih besi yang berkadar besi tinggi semakin jarang ditemukan. Hal ini menyebabkan biaya pengadaan material semakin tinggi. Terbatasnya ketersediaan material yang ada di alam, memunculkan pemikiran untuk memanfaatkan material secara lebih efektif dan efisien. Penggunaan bahan secara efektif dan efisien ini menuntut adanya penguasaan pengetahuan terhadap sifat – sifat material. Tuntutan yang tinggi terhadap kreatifitas manusia dapat meningkatkan kemampuan manusia dalam pemilihan dan penggunaan bahan guna memproduksi produk – produk berbasis material dengan sifat – sifat yang sesuai kebutuhan serta dengan biaya yang lebih minimal baik dari sisi proses maupun pengadaan materialnya. Manusia mengetahui bahwa kemampuan material dapat ditingkatkan sesuai dengan yang diinginkan melalui serangkaian proses perlakuan panas atau pepaduan dengan material lainnya.

6.2 Bahan

Bahan atau material merupakan kebutuhan bagi manusia mulai zaman dahulu sampai sekarang. Kehidupan manusia selalu berhubungan dengan kebutuhan bahan seperti pada transportasi, rumah, pakaian, komunikasi, rekreasi, produk makanan dan sebagainya.

Perkembangan peradaban manusia juga bisa diukur dari kemampuannya memproduksi dan mengolah bahan untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (zaman batu, perunggu dan sebagainya). Pada tahap awal manusia hanya mampu mengolah bahan apa adanya seperti yang tersedia di alam misalnya : tanah, kulit, batu, kayu dan sebagainya. Dengan perkembangan peradaban manusia bahan-bahan alam tersebut bisa diolah sehingga bisa menghasilkan kualitas bahan yang lebih tinggi.

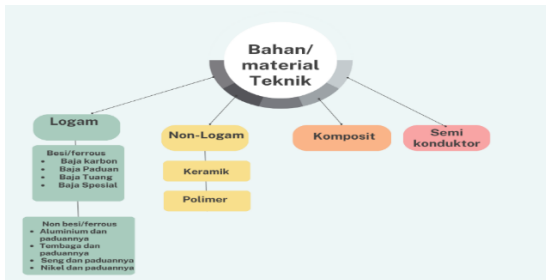
Pada 50 tahun terakhir ini, para saintis menemukan hubungan sifat-sifat bahan dengan elemen struktur bahan. Sehingga mampu diciptakan puluhan ribu jenis bahan yang mempunyai sifat-sifat yang berbeda.

6.2.1 Sifat bahan

Dilihat dari kemampuan bahan menerima perlakuan dari luar. Sifat-sifat bahan padat bisa di kelompokkan atas 6 kategori :

1. sifat mekanik
2. sifat listrik
3. sifat termal / panas
4. sifat optik
5. sifat deterioratif (penurunan kualitas).

6.2.2 Klasifikasi bahan



Gambar 6.1 Klasifikasi Bahan dalam industri

(Sumber:<http://staffnew.uny.ac.id/upload/132048523/pendidikan/1+Kegiatan+Belajar+1.pdf>)

Demi keseragaman, material dapat berbagai tipe yang memiliki karakteristik seperti :

- a) **Logam** dikenal sebagai konduktor yang baik dan kelistrikkannya yang tinggi. Logam tidak transparan atau tembus cahaya dan umumnya dapat dipoles sehingga mengkilap. Umumnya logam relatif berat dan mampu dibentuk.

Dalam hal ini, logam melalui serangkaian proses pengolahan. Proses pengambilan logam dari bijihnya melibatkan tiga tahap utama yaitu (1) penambangan dan penyiapan bijih, (2) Tahap produksi logam dan (3) pemurnian logam.

1. Penambangan dan penyiapan bijih

Setelah proses penambangan dilakukan dilanjutkan dengan tahap penyiapan bijih, dimana mineral dipisahkan dari materi pengotor, limbah – biasanya lumpur dan mineral silikat- dengan metode flotasi. Pada proses ini bijih mentah secara halus digerus dan ditambahkan ke dalam air yang berisi minyak dan deterjen. Setelah diaerasikan bijih tersebut terbawa keatas oleh busa deterjen yang

kemudian dikeringkan untuk mendapatkan bijih matang.

2. Produksi logam

Karena sifat keelektronegatifan yang sangat rendah logam selalu bermuatan positif. Oleh karena itu, proses pengolahan logam, bebas dari mineral atau bijihnya dengan menggunakan proses reduksi pada tahap akhir produksinya. Sebelum dilakukan proses reduksi digunakan teknik-teknik metalurgi agar bijih lebih mudah direduksi menjadi logam bebasnya. Beberapa proses metalurgi yang sering digunakan dalam industri logam adalah pyrometalurgi, hydrometalurgi, elektrometalurgi.

3. Pemurnian Logam

Tahap terakhir dari pengolahan logam adalah proses pemurniannya. Pada proses ini logam mentah atau produk logam yang masih ada pengotor dilakukan proses metalurgi agar meningkat kemurniannya dan komposisi logamnya menjadi lebih jelas. Tujuan dari proses pemurnian ini agar menghasilkan logam tunggal murni. Namun terkadang juga menghasilkan produk campuran yang komponen atom-atomnya terdefinisi, misalnya dalam produksi baja dari besi mentah.

Logam terbagi menjadi 2, yakni:

- Logam ferro
- Logam non ferro

a. **Logam besi** (*ferrous*)

Logam dan paduan yang mengandung besi (Fe) sebagai unsur utama. Besi merupakan logam yang penting dalam bidang teknik, tetapi besi murni terlalu lunak dan rapuh sebagai bahan kerja, konstruksi atau pesawat.

Besi dapat dibagi menjadi:

1. Besi murni dengan simbol kimia Fe yang hanya dapat diperoleh dengan jalan reaksi kimia. 2.
2. Besi teknik adalah yang sudah atau selalu bercampur dengan unsur lain.

Logam ferro juga disebut besi karbon atau baja karbon. Bahan dasarnya adalah unsur besi (Fe) dan karbon (C), tetapi sebenarnya juga mengandung unsur lain seperti : silisium, mangan, fosfor, belerang dan sebagainya yang kadarnya relatif rendah. Unsur-unsur dalam campuran itulah yang mempengaruhi sifat-sifat besi atau baja pada umumnya, tetapi unsur zat arang (karbon) yang paling besar pengaruhnya terhadap besi atau baja terutama kekerasannya. Contoh : besi, baja logam non-besi (*non-ferrous*): logam yang mengandung sedikit atau sama sekali tanpa kadar besi. Contoh : Al, Cu, Zn, Ni, dan lain-lain. Logam terutama logam ferrous merupakan bahan yang paling banyak dipakai dalam dunia teknik mesin, karena pada umumnya kuat, ulet, dan mudah dibuat dalam berbagai bentuk praktis.



Gambar 6.2. Logam besi

(Sumber : <https://ilmuteknik.id/ilmu-teknik-logam-logam-besi-yang-sering-digunakan-dalam-teknik-mesin/>)

b. Logam *non ferro*

Logam *non ferro* atau logam bukan besi adalah logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam *non ferro* murni kebanyakan tidak digunakan begitu saja tanpa dipadukan dengan logam lain, karena biasanya sifat-sifatnya belum memenuhi syarat yang diinginkan.

Logam bukan besi (*non ferrous*) tidak ditemukan sebagai logam murni di alam bebas biasanya terikat sebagai oksida dengan kotoran-kotoran membentuk bijih-bijih. Kita membahas salah satu proses pengolahan logam *non ferro* adalah tembaga.

Tembaga diperoleh diperoleh dari bijih tembaga tembaga yang disebut disebut Chalcopyrit Chalcopyrit. Besi yang ada larut dalam terak dan tembaga tembaga yang tersisa tersisa / matte dituangkan matte dituangkan ke dalam konverter. Udara dihembuskan kedalamnya selama 4 atau 5 jam, kotoran teroksidasi dan besi membentuk terak yang dibuang pada waktu tertentu. Bila udara dihentikan, oksida kupro bereaksi dengan sulfida kupro maka akan membentuk besi blister dan Dioksida belerang. Tembaga blister ini dilebur dan dicor menjadi menjadi slab kemudian diolah secara elektrolitik menjadi tembaga murni.

Logam *non ferro* dikelompokkan menjadi 5 bagian, yaitu :

- Logam berat adalah apabila berat jenisnya lebih besar dari 5 kg/dm³ , misalnya : nikel, kromium, tembaga, timah hitam, Timah putih, seng dan sebagainya.
- Logam ringan adalah apabila berat jenisnya lebih kecil dari 5 kg/dm³ , misalnya : aluminium, magnesium, titanium, kalsium, kalium, natrium, barium dan sebagainya.

- Logam mulia adalah logam yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, digunakan untuk keperluan khusus, misalnya untuk alat tukar (uang), perhiasan dan asesoris lainnya, misalnya : emas, perak, dan platina.
- Logam refraktori atau logam tahan api, logam tersebut biasanya digunakan sebagai unsur paduan untuk alat-alat listrik, silinder line pada motor bakar torak dan alat-alat lainnya yang memerlukan ketahanan panas, Misalnya : wolfram, molibdenum, titanium, dan zirkonium.
- Logam radioaktif yaitu logam yang dapat memancarkan sinar radioaktif yaitu sinar alpha, sinar Beta dan sinar Gama, misalnya : uranium, plutonium dan radium.



Gambar 6.3. Logam non ferro

(Sumber : <https://mas-alahrom.my.id/otomotif/bahan-bahan-logam-non-ferro-non-ferrous-metals/>)

b) Non logam terdiri dari keramik dan polimer

Bahan bukan logam ternyata selalu dibutuhkan, baik dalam teknik bangunan dan mesin, bangunan umum, teknik proses, maupun keperluan lainnya. Bukan logam selain digunakan sebagai bahan pengganti logam untuk beberapa keperluan juga sangat dibutuhkan sebagai bahan utama sesuai

dengan kemampuan yang dimiliki dan sifat-sifatnya yang khas untuk berbagai keperluan. Non Logam juga mengalami serangkaian proses pengolahan hingga menjadi bahan yang dapat digunakan oleh manusia.

Pengolahan non logam dilakukan dengan cara :

- (1) Pengecilan ukuran (*comminution*);
Pencatatan volume hasil pengecilan ukuran (*comminution*) dan pemisahan berdasarkan ukuran (*sizing*).
- (2) Pemilahan (*screening/sizing*);
Dalam hal pengolahan menggunakan alat peremuk (*crusher*), pembatasan kapasitas operasi pengecilan ukuran (*comminution*) dan pemisahan berdasarkan ukuran (*sizing*) tidak boleh lebih dari 95% (sembilan puluh lima persen) dari kapasitas terpasang;
- (3) Pemolesan (*polishing*);
Dalam hal pengolahan menggunakan ayakan (*screening*), pembatasan material yang tidak lolos ayakan sebanyak-banyaknya tidak lebih dari 15% (lima belas persen) dari umpan (*feed*);
- (4) Pembakaran (kalsinasi);
Dalam hal pengolahan menggunakan alat potong (*cutting stone*), ukuran blok yang dipotong memperhatikan kapasitas alat potong.
Non logam terbagi menjadi 2, yakni keramik dan polimer.
 1. Keramik adalah bahan yang terbentuk dari hasil senyawa (*compound*) antara satu atau lebih unsur-unsur logam (termasuk Si dan Ge) dengan satu atau lebih unsur-unsur anorganik bukan logam; Contoh keramik : silikon oksida, aluminium oksida, kalsium oksida, magnesium oksida, kalium oksida dan natrium oksida.

Pada umumnya keramik merupakan campuran antara unsur-unsur logam dan bukan logam dimana ikatan antara atom berupa ikatan kovalen dan ionik. Ikatan keramik lebih kuat dari ikatan logam sehingga sifat-sifat (seperti kekerasan dan ketahanan termal dan listrik). Keramik lebih tinggi daripada logam. Keramik juga terdapat dalam bentuk kristal tunggal atau bentuk polycrystalline yang terdiri atas banyak butiran (*grain*). Ukuran butir mempengaruhi kekuatan dan sifat keramik. Butiran yang halus memiliki kekuatan dan kekerasan lebih dibandingkan dengan keramik dengan butiran biasa. Di alam, bahan baku keramik mengandung berbagai pengotor. Pengotor terlebih dahulu harus dipisahkan sebelum pemrosesan untuk digunakan menjadi produk. Bahan baku yang bebas pengotoran akan menghasilkan keramik yang sifat-sifatnya lebih baik. Ada beberapa bahan yang telah digunakan untuk membuat keramik, diantaranya : *clay, flint dan feldspar*

- *Clay* (tanah liat) telah digunakan sebagai bahan baku untuk membuat keramik pertama kalinya. Clay merupakan struktur menyerupai lembaran butir halus dan contoh yang umum adalah kaolin (berasal dari kata Kao-ling nama sebuah bukit di Cina). White clay (tanah liat berwarna putih) terdiri dari silikat aluminium dengan lapisan ikatan lemah dari ion silikon dan aluminium.
- Flint adalah batu dengan finegrained silica (SiO_2) dan
- Feldspar adalah suatu grup kristalin yang terdiri dari aluminium silicates, potassium, calcium atau sodium

Banyak sekali contoh material keramik seperti semen pada beton hingga magnet permanen.

Keramik telah diaplikasikan di industri. Beberapa jenis keramik telah digunakan oleh industri elektronik dan elektrik karena resistivitas elektrik yang tinggi, kekuatan elektrik dan sifat magnetik yang sesuai untuk aplikasi semacam magnet untuk speaker. Kemampuan keramik untuk mempertahankan kekuatan dan kekakuannya pada temperatur tinggi menjadikan keramik sangat atraktif digunakan pada aplikasi-aplikasi temperatur tinggi. Kemampuan menahan goresan yang baik juga menjadikan keramik sesuai untuk aplikasi-aplikasi seperti *cylinder liners*, *bushing*, *seal*, dan *bearing*. Keramik telah terbukti baik untuk digunakan, terutama pada komponen-komponen turbin gas seperti rotor terbuat dari silicon nitride, silicon carbide, dan PSZ. Pelapisan logam (*coating metal*) merupakan aplikasi lain dari keramik yang diharapkan dapat mengurangi goresan, mencegah korosi dan pembawa panas atau penyalur panas. Sebagai contoh lapisan terluar dari pesawat ulang alik yang dibuat dari serat silika. Keramik juga memiliki densitas rendah, modulus elastik tinggi. Sehingga bobot mesin dapat dikurangi dan disisi lain inersia yang dibangkitkan juga rendah. *Turbocharger* yang dibuat dari keramik lebih ringan 40% daripada menggunakan material konvensional.



Gambar 6.4. Produk Keramik (Sumber : <https://teknikmesinmanufaktur.blogspot.com/2015/03/ap-a-itu-material-keramik-ceramic.html>)

2. Polimer yang umumnya dikenal sebagai plastik adalah senyawa karbon dengan rantai molekul panjang, memiliki berat molekul > 10.000 , tersusun dari monomer yang saling berikatan kovalen, termasuk bahan plastik dan karet. Dikenal karena memiliki densitas yang rendah. Contoh polimer yakni : polietilen, polipropilen, polivinilklorid dan lain-lain. Polimer yang dapat dibentuk kembali dengan pemanasan disebut termoplastik, sedangkan yang tidak dapat dibentuk kembali disebut termoset.



Polimer
Pengertian, Jenis, Contohnya

Gambar 6.5. Polimer
(Sumber : <https://www.pakarkimia.com/polimer/>)

Bahan dengan berat molekul yang besar, mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya rendah disebut sebagai polimer. Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya Tarik-menarik yang kuat disebut ikatan kovalen, dimana setiap atom dari pasangan terikat menyumbangkan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron.

Bahan polimer yang mempunyai berat molekul besar dan berikatan kovalen sama sekali menunjukkan sifat-sifat yang berbeda dari bahan organik yang mempunyai berat molekul rendah. Bahan yang mempunyai berat molekul rendah menjadi cair dengan viskositas rendah atau menguap kalau dipanaskan sedangkan bahan polimer mencair dengan sangat kental dan tidak menguap. Bahan yang tidak bisa berfusi itu terurai karena panas menjadi karbon pada tahap akhir tanpa penguapan.

Sifat-sifat khas bahan polimer pada umumnya adalah sebagai berikut:

1. Mampu cetak adalah baik
Pada temperature relative lebih rendah , bahan dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstrusi dan seterusnya, yang menyebabkan ongkos pembuatan lebih rendah daripada untuk logam dan keramik
2. Banyak diantara polimer bersifat isolasi listrik yang baik. Polimer mungkin juga dibuat konduktor dengan jalan mencampurnya

dengan serbuk logam, butiran karbon dan sebagainya

3. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer rendah dibandingkan dengan logam dan keramik, yaitu 1,0-1,7 yang memungkinkan membuat barang kuat dan ringan.
4. Produk-produk dengan sifat yang cukup berbeda dapat dibuat tergantung pada cara pembuatannya. Dengan mencampur zat peplatis, pengisi dan sebagainya. Sifat-sifat dapat berubah dalam daerah yang luas. Baik sekali dalam ketahanan air dan ketahanan zat kimia. Pemilihan bahan yang baik akan menghasilkan produk yang mempunyai sifat-sifat baik sekali. Contohnya: Politetrafluoroetilen, dsb
5. Umumnya bahan polimer lebih murah
6. Kurang tahan terhadap panas. Hal ini sangat berbeda dengan logam dan keramik
7. Beberapa bahan tahan abrasi atau mempunyai koefisien gesek yang kecil
8. Mudah termuati listrik secara elektrostatis
9. Kekerasan permukaan yang sangat kurang. Bahan polimer yang keras ada, tetapi masih jauh di bawah kekerasan logam dan keramik
10. Kurang tahan terhadap pelarut. Umumnya larut dalam zat pelarut tertentu kecuali beberapa bahan khusus seperti politetrafluoretilen.

c) **Komposit** merupakan campuran bahan yang tersusun dari dua/lebih bahan dasar dalam skala makroskopis yang sifatnya sangat berbeda dengan sifat masing-masing bahan pembentuknya, contohnya : fiberglass, tripleks, semen-pasir, dan lain-lain (misal: keramik dengan polimer). Bahan

komposit alam contohnya : kayu, terdiri dari serat selulose yang berada dalam matriks lignin.

Proses pengolahan dan pembuatan komposit terdiri dari atas dua cara,yaitu :

(1) Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)

(2) Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)

1. Proses Cetakan Terbuka (*Open-Mold Process*)

- *Contact Molding/ Hand Lay Up*

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dengan melalui proses metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat berbentuk anyaman, rajuan atau kain, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar.

- *Vacuum Bag*

Proses *vacuum bag* memiliki proses dengan menghilangkan udara terperangkap dan kelebihan resin

2. Proses Cetakan Tertutup (*Closed mold Processes*)

Salah satu caranya dengan proses cetakan tekan (*compression molding*).

Proses cetakan ini menggunakan *hydraulic* sebagai penekannya. Fiber yang telah di campur dengan resin dimasukkan ke dalam rongga cetakan, kemudian dilakukan penekanan dan pemanasan. Resin thermoset khas yang digunakan dalam prose cetak tekan ini adalah polister, vinil ester, epoxies dan fenolat

Komposit adalah material multi fasa. Namun kebanyakan komposit tersusun dari dua fasa. Salah satu fasa penyusun komposit disebut dengan “matrik” yang secara kontinu mengisolasi fasa lainnya yang dikenal dengan “fasa sebaran (penguatan)”. Fasa penguatan atau sebaran dapat dalam bentuk partikel, serat, atau lembaran. Material penguat dan matrik dapat berupa logam, keramik atau polimer. Biasanya, material-material penguatan adalah material-material yang kuat namun ringan. Sedangkan material untuk matrik merupakan material yang memiliki sifat liat atau dapat dibentuk.

Komposit terdiri dari dua atau lebih bahan-bahan yang terpisah, dikombinasikan dalam berbagai komponen logam, polimer dan keramik. Matriks berfungsi sebagai pelindung, penyokong dan pengikat fasa penguat. Komposit dikenal sebagai bahan teknologi dan bukanlah bahan struktur konvensional, melainkan bahan struktur diperoleh sebagai hasil teknologi pemrosesan bahan. Penemuan teknologi bahan komposit memungkinkan penggunaan bahan industri disesuaikan dengan keperluan yang semakin menantang dalam bidang teknik. Bahan komposit sangat berpotensi karena dapat memberikan gabungan sifat-sifat yang berbeda-beda pada penggunaan yang tidak akan diperoleh melalui penggunaan logam, polimer dan keramik khususnya tentang sifat kekuatan spesifik serta kekakuan spesifik. Sifat-sifat dari komposit sangat tergantung kepada sifat dari fasa-fasa pembentuknya, jumlah relatif masing-masing fasa, bentuk dari fasa, ukuran

fasa dan distribusi ukuran dari fasa-fasa dan sebarannya.

Material komposit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a) Komposit Partikel (*Particles Composite*)

Komposit partikel adalah komposit yang diperkuat oleh partikel. Partikel penguat terdiri dari satu atau lebih dan diikat oleh matriks yang berbeda fasa. Partikel bukan serat dan tidak mempunyai ukuran panjang.

Komposit partikel dapat berupa :

1. partikel logam dalam matriks logam,
2. partikel logam dalam matriks bukan logam seperti polimer, dan keramik,
3. partikel polimer dalam matriks polimer atau
4. partikel keramik dalam matriks polimer.

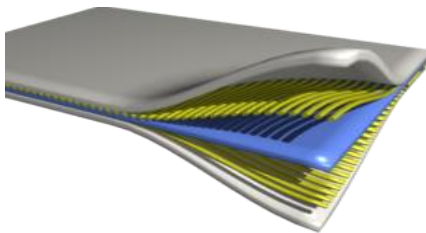
Dari segi ukuran, partikel dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu:

- Kelompok partikel besar ($> 1\text{mm}$) Interaksi antara matriks-partikel tidak bisa dibicarakan pada tingkat atom atau molekul, tetapi lebih kepada mekanika rangkaian kesatuan. Partikel cenderung memelihara pergerakan rantai molekul fasa matriks. Fasa partikel lebih keras dan lebih kaku daripada fasa matriks. Partikel merubah atau memperbaiki sifat-sifat bahan. Kekuatan ikatan antarmuka partikel-matriks (menyerupai komposit diperkuat serat) menentukan tingkat penguatan atas sifat mekanik. Contoh : beton (campuran semen dengan kerikil).

- Kelompok partikel kecil ($0,01 \sim 0,1 \text{ mm}$)
Interaksi antara matriks-partikel bisa dibicarakan pada tingkat atom atau molekul. Partikel kecil menahan pergerakan dislokasi sehingga menguatkan komposit. Ukuran partikel kecil (fasa terserak) mencapai $0,01 \sim 0,1 \text{ }\mu\text{m}$. Penguatan relatif akan terjadi jika fasa terserak (partikel) tersebar secara merata pada matriks. Komposit partikel kecil lebih kuat dan kaku dibandingkan komposit partikel besar. Untuk penguatan komposit hanya diperlukan partikel dalam jumlah kecil (beberapa persen saja). Komposit partikel dalam bentuk fasa terserak dapat berupa logam, bukan logam dan bahan oksida

b) Komposit Serat (*Fibers Composite*)

Komposit serat merupakan komposit yang diperkuat serat. Fasa penguat berbentuk serat dalam/dan diikat oleh matriks. Diameter serat antara $0,01 \sim 10 \text{ }\mu\text{m}$ dengan perbandingan panjang dan diameter (L/d) lebih besar dari 103. Berdasarkan ukuran panjang serat, serat dapat dikategorikan menjadi dua kelompok, yaitu : serat panjang atau kontinu dan serat pendek.

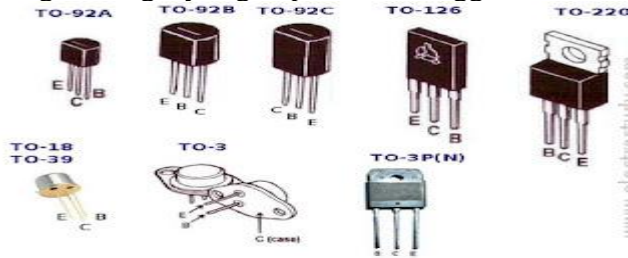


Gambar 6.6. Material Komposit

(Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Material_komposit)

- d) **Semi konduktor** : merupakan bahan-bahan yang mempunyai sifat setengah menghantar. → elektronik : IC, transistor f.

Material semikonduktor merupakan material yang memiliki sifat penghantar setengah menghantar listrik dan isolator. Contohnya pada elektronik yaitu IC, transistor (Gambar 2.7). Sifat penghantar listrik ini sangat sensitif terhadap adanya atom asing. Material semikonduktor ini merupakan material rekayasa yang memberikan terobosan sangat besar dalam dunia industri. Sebagai contoh, ukuran elektronik yang didesain semakin kecil dengan fungsi yang kapabilitas tinggi.



Gambar 6.7. Semi Konduktor

(Sumber : <http://www.erwinedwar.com/2017/11/alat-alat-semikonduktor.html>)

DAFTAR PUSTAKA

- Asbhy M. F. 1987. "Technology of the 1990s: Advanced Materials and Predictive design", Philosophical Transactiona of Tha Royal Society of London.
- Callister Jr., William D. 2007. Material Science and Engineering : An Introduction 7th edition). New York : John Willey & Son, Inc.
- Neely, John E., et all. 2003 . Practical Metallurgy and Materials of Industry , New Jersey : Prentice Hall
- Ashby, Michael et all. 2007. Materials Engineering, Science, Processing and Design. Oxford : Butterworth – Heinemann
- FVlack, Lawrence H, Van. 2004. *Elemen-elemen ilmu dan Rekayasa Material. Terj. Sriati.*
- Ferigno, T. H.1987. Principles of filler selection and use. Dlm.Katz H.S & Milewski J.V (peny). Handbook of Fillers for Plastics. New York : Van Norstrand Reinhold Comp.
- John, V. 1992. Introduction to Engineering Materials. London : The Macmillan Press Lmted.
- Mangonon, P.L., 1999. ' The Principles of materials Selection for Engineering Design,' Printice- Hall International, Inc.
- Paroli, 1997. Material Teknik : <http://repository.usu.ac.id/bitstreal/pdf>. Diakses 4 Februari 2015.
- Samuel J. S., 1991,' Ceramics and Galsses'; Volume 4; ASM International Handbook Committee.
- Schuler,. 1998. "Metal forming handbook " Springer- Verlag Berlin Heidelberg, New York, ISBN 3-540-61185-1.

Surdia, 1995, 'Material Science.
<http://frillarenty.blogspot.com/2010/01/material-science.html>. Diakses 4 Februari 2015

Plueddemann. E.P.1974. Interface in Polymer matrix composite.
Dlm Broutman L.J. & Krock R.H (pnyt). Composite Materials,
6, hlm. xiii xv. New York: Academic Press.

BAB 7

TEKNIK REKAYASA

Oleh Sepriandi Parningotan

7.1 Klasifikasi Teknik Rekayasa

Rekayasa atau Teknik adalah penerapan ilmu pengetahuan untuk kebutuhan manusia. Hal ini dipenuhi melalui pengetahuan, matematika, dan pengalaman praktis yang diterapkan pada desain objek atau proses yang berguna. Rekayasa adalah penerapan prinsip-prinsip ilmiah pada praktik utama, seperti desain, pembuatan, dan pengoperasian struktur dan mesin. Pekerjaan yang menerapkan prinsip-prinsip ilmiah pada desain, konstruksi, dan pemeliharaan mesin, mobil, mesin, dll. (teknik mesin), bangunan, jembatan, jalan, dll. (teknik sipil), mesin listrik dan sistem komunikasi (teknik elektro), mesin dan pabrik kimia (teknik kimia), atau pesawat terbang (teknik penerbangan).

Teknik merupakan terjemahan Bahasa Indonesia untuk kata “Engineering” yang berasal dari kata *Ingeniare* dari Bahasa latin, yang berarti merancang atau menciptakan. Para Insinyur (engineers) menggunakan prinsip-prinsip sains untuk merancang struktur, mesin-mesin dan produk-produk. Mereka biasa mencari cara-cara yang lebih baik dalam memakai sumber daya yang ada dan sering mengembangkan bahan-bahan baru. Para Insinyur telah memiliki peranan langsung dalam terciptanya teknologi modern – alat bantu, bahan, Teknik/cara dan sumber tenaga yang membuat hidup lebih nyaman.

Salah satu cabang tertua dan terbesar dari teknik adalah teknik mesin, sebuah disiplin ilmu yang berhubungan dengan sistem mekanik, mesin bermotor, dan metode manufaktur atau

produksi. Insinyur mesin merancang dan membuat peralatan mesin-mesin yang memproduksi produk dan sistem mesin serta berbagai perangkat mekanis untuk semua cabang industri. Sebagai contoh, insinyur mesin merancang turbin, printer, mesin pemindah tanah, sistem pemrosesan makanan, sistem pendingin dan pengatur suhu ruangan, jantung dan anggota tubuh buatan, serta mesin untuk pesawat terbang, lokomotif diesel, mobil dan truk, serta berbagai kendaraan angkutan umum. Mesin yang dibuat oleh para insinyur mesin membawa dan memindahkan beban, mengangkut orang dan barang, serta menghasilkan energi dan mengubahnya menjadi bentuk lain.

Dalam spesialisasi motor dan tenaga, insinyur mesin terlibat dalam desain, produksi, dan pengoperasian motor turbin hidrolik untuk menggerakkan generator pembangkit listrik tenaga air, serta tungku, turbin, dan pompa untuk menggerakkan pembangkit listrik tenaga uap. Para insinyur ini merancang dan mengoperasikan pembangkit listrik dan menangani masalah penggunaan bahan bakar secara ekonomis, mengubah energi panas menjadi energi mekanik, dan menggunakan energi mekanik ini untuk melakukan pekerjaan yang bermanfaat.

Dalam spesialisasi termodinamika, insinyur mesin menangani masalah penyediaan suhu dan kelembapan yang terkendali untuk rumah, gedung perkantoran, dan pabrik. Mereka merancang sistem dan perangkat yang diperlukan untuk membekukan makanan, dan untuk mengoperasikan gudang berpendingin dan pabrik pembuat es.

Insinyur mesin bekerja sama dengan insinyur industri dan manajer pabrik di berbagai bidang yang melibatkan kegiatan manufaktur, untuk merancang sistem mesin dan mekanik yang imajinatif yang dapat menghasilkan proses produksi yang lebih ekonomis.

Insinyur mesin juga dapat ditemukan bekerja dalam spesialisasi teknik maritim (kelautan); mereka merancang sistem mesin untuk kapal, kapal dagang, kapal penumpang dan kapal perang, dan berbagai kendaraan laut lainnya. Dalam industri otomotif, insinyur mesin merancang dan membangun mobil, truk, dan bus; dalam industri kedirgantaraan, mereka bekerja untuk merancang model baru untuk pesawat terbang dan pesawat ruang angkasa.

Teknik mesin merupakan disiplin ilmu yang sangat luas yang menangani berbagai macam masalah teknik. Para anggotanya sering kali dapat ditemukan bekerja di bidang lintas disiplin seperti otomasi, teknologi komputer, dan sistem mikroelektromekanis (MEMS) yang merupakan bidang lintas disiplin baru yang melibatkan teknik elektro, teknik mesin, dan dalam beberapa kasus juga melibatkan bioteknologi. MEMS dalam bentuk fisiknya adalah perangkat yang relatif kecil yang memiliki komponen listrik dan mekanik. Contoh perangkat MEMS adalah cartridge untuk printer inkjet, akselerometer yang membuka balon pengaman di mobil, dan robot mini. Sistem ini biasanya dilengkapi dengan sensor, karena ukurannya yang kecil, dapat mengukur kondisi lingkungan tanpa menyebabkan perubahan yang signifikan. Contoh mikrosensor dapat ditemukan pada perangkat yang mengukur tekanan udara, percepatan gerak, regangan, suhu, getaran, jarak, suara, dll. Perangkat MEMS biasanya juga dilengkapi dengan mikroaktuator yang berinteraksi dengan lingkungan di sekitar perangkat yang bersangkutan. Mikroaktuator berguna karena jumlah kerja yang mereka lakukan (dan perubahan yang mereka sebabkan) pada lingkungan adalah kecil; itulah mengapa mikroaktuator dapat bekerja dengan sangat presisi. Perangkat MEMS dapat ditempatkan di ruang kecil, seperti di mesin mobil, peralatan rumah tangga, dan bahkan makhluk hidup, untuk mengukur dan mempengaruhi lingkungan di mana mereka berada.

7.2 Klasifikasi Teknik Rekayasa

Material memegang peranan penting dalam kehidupan manusia, baik material yang diperoleh dari alam semesta maupun hasil rekayasa canggih manusia. Material-material tersebut banyak digunakan dalam bangunan, mesin atau produk lainnya.

Bahan mentah diambil dari alam semesta melalui proses penambangan dan kemudian diolah menjadi bahan baku. Penggunaan material harus memperhitungkan kebutuhan energi dan dampaknya terhadap lingkungan sekitar. Untuk itu, diperlukan kematangan dalam merumuskan kebijakan produksi dan kajian teknologi. Hal ini didasari oleh semakin menipisnya cadangan energi nasional dan kesadaran masyarakat akan pentingnya lingkungan yang sehat.

Ilmu material adalah ilmu yang mempelajari korelasi antara struktur material dengan sifat-sifat yang dimilikinya. Sedangkan teknologi material mempelajari korelasi struktur dan sifat, merancang dan merekayasa struktur material untuk menghasilkan sifat yang diinginkan. Seiring dengan berjalannya waktu dan tuntutan perubahan zaman, kedua prinsip keilmuan tersebut melebur menjadi satu, yaitu ilmu dan teknologi material.

Ilmu dan teknologi material meliputi pengembangan dan penerapan pengetahuan mengenai hubungan antara komposisi, struktur dan proses pengolahan material dengan sifat-sifat dan penggunaannya (Djaprie, 1994). Gambar 12.1 di bawah ini menunjukkan sebuah mesin turbojet yang menunjukkan keragaman material yang digunakan dalam satu mesin. Tentu saja akan berbeda antara satu material dengan material lainnya tergantung pada fungsi dan kondisi pelayanan dari masing-masing komponen mesin.



Gambar 7.1. J85 GE 17A Turbojet Engine
(Sumber : Wikipedia)

Seorang insinyur dalam mendesain sebuah sistem mekanik selalu dihadapkan pada banyak pilihan material. Kemampuan untuk memilih material dan proses yang tepat dapat meningkatkan optimalisasi suatu produk. Kondisi layanan, kekuatan, tingkat keamanan, kenyamanan dan faktor lingkungan harus mendapat perhatian serius saat mendesain. Untuk itu seorang insinyur harus memiliki pengetahuan yang cukup tentang sifat dan perilaku material.

7.3 Penerapan Ilmu dan Teknologi Rekayasa

Penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi pada dasarnya adalah menerapkan kemampuan yang direkayasa oleh alam untuk membawa suatu keadaan (berupa materi, energi, gerak dan manusia secara terpadu) ke keadaan lain yang lebih efisien dan bermanfaat bagi umat manusia. Kegiatannya berupa penerapan kemampuan manusia dalam proses produksi dan menciptakan produk dengan ketahanan ekosistem sebagai upaya dasar untuk lebih mengembangkan ekonomi dan kesejahteraannya.

Perbedaan antara sains, teknik, dan teknologi tidak selalu jelas. Sains adalah penyelidikan atau studi yang beralasan tentang fenomena, yang bertujuan untuk menemukan prinsip-prinsip yang melekat pada elemen-elemen fenomenal di dunia dengan menggunakan teknik-teknik formal seperti metode ilmiah. Teknologi tidak harus merupakan hasil dari sains saja, karena teknologi harus memenuhi persyaratan seperti kegunaan, kegunaan, dan keamanan. Rekayasa adalah proses yang berorientasi pada tujuan untuk merancang, dan membuat peralatan, dan sistem untuk mengeksploitasi fenomena alam dalam konteks praktis manusia, sering kali (tetapi tidak selalu) menggunakan hasil dan teknik sains.

Pengembangan teknologi dapat diambil dari berbagai bidang pengetahuan, termasuk pengetahuan ilmiah, teknik, matematika, linguistik, dan sejarah, untuk mencapai hasil yang praktis. Teknologi sering kali merupakan konsekuensi dari sains, dan teknik - meskipun teknologi sebagai aktivitas manusia sering kali mendahului kedua ranah tersebut. Sebagai contoh, sains dapat mempelajari aliran elektron dalam konduktor listrik, dengan menggunakan peralatan dan pengetahuan yang sudah ada sebelumnya. Pengetahuan yang baru ditemukan ini kemudian dapat digunakan oleh para insinyur dan teknisi untuk menciptakan alat dan mesin baru, seperti semikonduktor, komputer, dan bentuk teknologi canggih lainnya. Dalam hal ini, ilmuwan dan insinyur dapat dipandang sebagai "ahli teknologi"; ketiga domain ini sering kali dapat dipandang sebagai satu kesatuan untuk tujuan penelitian dan referensi.

Hubungan yang tepat antara ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya telah diperdebatkan oleh para ilmuwan, sejarawan, dan pembuat kebijakan pada akhir abad ke-20, sebagian karena perdebatan tersebut dapat memberikan informasi tentang biaya ilmu pengetahuan dasar dan ilmu pengetahuan terapan. Setelah Perang Dunia II, misalnya, di

Amerika Serikat, ada anggapan luas bahwa teknologi hanyalah "ilmu pengetahuan terapan" dan bahwa mendanai ilmu pengetahuan dasar berarti menuai hasil teknologi pada waktunya. Artikulasi filosofi ini dapat ditemukan secara eksplisit dalam risalah Vannevar Bush tentang kebijakan sains pascaperang, *Science-The Endless Frontier*: "Produk baru, industri baru, dan lebih banyak pekerjaan membutuhkan pengetahuan tambahan dan berkelanjutan tentang hukum alam... Pengetahuan baru yang penting ini hanya dapat diperoleh melalui penelitian ilmiah dasar." Namun, pada akhir 1960-an, pandangan ini muncul dengan latar belakang serangan langsung, yang mengarah pada berbagai inisiatif untuk mendanai sains untuk tujuan tertentu (inisiatif ini ditolak oleh komunitas ilmiah). Masalah ini masih diperdebatkan-meskipun sebagian besar analis menolak model bahwa teknologi hanyalah hasil dari penelitian ilmiah.

Berbagai penerapan teknologi telah mempengaruhi nilai-nilai masyarakat, dan teknologi baru sering kali memunculkan pertanyaan etika baru. Sebagai contoh, penyebaran gagasan efisiensi dalam konteks produktivitas manusia, sebuah istilah yang pada awalnya hanya berkaitan dengan mesin, contoh lainnya adalah meningkatkan kemampuan manusia untuk menemukan dan menciptakan kreasi dan produk baru dengan menggunakan teknologi CAE/CAD/CAM.

7.4 Teknologi CAE/CAD/CAM

Dalam industri permesinan atau industri otomasi, CAD, CAE, dan CAM saling melengkapi satu sama lain. Desain dengan CAD dan kemudian manufaktur dengan CAM. CAD adalah proses desain menggunakan teknologi komputer, CAE adalah penggunaan simulasi komputer untuk menganalisis masalah fisik, dan CAM adalah penggunaan komputer dan perangkat lunak

komputer untuk mengontrol mesin untuk manufaktur, biasanya cocok untuk komponen yang diproduksi secara massal.

CAD/CAE/CAM adalah tiga jenis fungsional perangkat lunak desain industri, yang mewakili desain berbantuan komputer, teknik berbantuan komputer, dan manufaktur berbantuan komputer. CAD/CAE/CAM akan disertakan dalam fungsi dasar rangkaian perangkat lunak desain industri berskala besar. CAD menekankan desain produk itu sendiri dari awal, seperti tampilan, pencocokan posisi komponen, material, dll. CAE untuk simulasi, desain persyaratan analisis, dan CAM untuk pembuatan prototipe 3D dan tujuan fabrikasi.

Computer-aided design (CAD) mengacu pada proses penggunaan perangkat lunak komputer untuk membuat dan menganalogikan desain fisik untuk menunjukkan tampilan, struktur, warna, tekstur, dan karakteristik lain dari produk yang baru dikembangkan. Sederhananya, CAD digunakan untuk membantu dalam mendesain dan menggambar. Dengan perkembangan teknologi yang berkelanjutan, desain berbantuan komputer tidak hanya cocok untuk industri tetapi juga digunakan secara luas di banyak bidang seperti pencetakan grafis dan penerbitan. Ini melibatkan perangkat lunak dan perangkat keras khusus.

Fungsi Sistem CAD adalah penggunaan kembali komponen desain, emudahan modifikasi dan pembuatan versi desain, pembuatan komponen standar desain secara otomatis, validasi/verifikasi desain terhadap spesifikasi dan aturan desain, simulasi desain tanpa membangun prototipe fisik, desain rakitan secara otomatis, keluaran dokumen teknik, seperti gambar manufaktur, dan bill of material, output langsung dari desain ke unit produksi dan output langsung ke mesin prototipe cepat atau mesin prototipe industri cepat.

Computer-Aided Engineering (CAE) terutama digunakan untuk analisis simulasi, verifikasi, dan peningkatan desain. Dengan pesatnya perkembangan komputer dan CAD 3D dalam beberapa tahun terakhir, proporsi aplikasi CAE menjadi semakin tinggi, tingkat kesulitan penggunaan menjadi semakin rendah, dan jumlah pengguna telah berkembang secara signifikan. Dibandingkan dengan CAD, pengguna CAE membutuhkan lebih banyak pengetahuan terkait fisika untuk menetapkan kondisi dan menginterpretasikan hasil. Adapun metode matematika yang digunakan dalam proses perhitungan, seperti persamaan diferensial, metode elemen hingga, metode volume hingga, dll., semuanya dapat diserahkan ke komputer untuk diproses.

Computer-Aided Manufacturing (CAM) adalah proses pembuatan komponen produk di mana para insinyur memanfaatkan perangkat lunak komputer manajemen siklus hidup produk secara ekstensif. Dengan kata lain, CAM digunakan untuk membantu proses manufaktur, dan hasil akhir pemrograman otomatis CAM adalah program pemesinan CNC. Model 3D komponen yang dihasilkan dalam CAD digunakan untuk menghasilkan kode CNC yang menggerakkan peralatan mesin yang dikontrol secara numerik. Hal ini termasuk insinyur yang memilih jenis alat, proses pemesinan, dan jalur pemesinan.

Perubahan yang dibawa oleh teknologi CAD/CAM ke industri manufaktur: CAD/CAM mengacu pada penggunaan komputer untuk menganalisis, mensimulasikan, mendesain, menggambar dan menyusun rencana produksi, dan prosedur manufaktur, serta mengontrol proses produksi, yaitu, dari desain hingga pemrosesan, semuanya mengandalkan bantuan komputer, sehingga CAD/CAM merupakan bagian penting dari otomatisasi, yang memengaruhi produktivitas dan kualitas industri.

7.5 Klasifikasi Material

Kata material sendiri berasal dari bahasa Latin "materia" yang berarti substansi. Dalam ilmu fisika, substansi didefinisikan sebagai sesuatu yang memiliki massa yang biasa disebut sebagai materi. Sementara itu, dalam ilmu kimia, substansi diartikan sebagai zat. Pada mulanya, segala sesuatu yang dapat dilihat dan diraba mengandung zat yang disebut atom (tidak dapat dibagi lagi). Selanjutnya, diketahui bahwa atom mengandung substansi inti atom dan elektron yang mengelilinginya. Belakangan diketahui bahwa inti atom mengandung proton dan neutron, dan seterusnya, sehingga materi adalah sesuatu yang tersusun dari materi. Studi umum tentang materi dilakukan hingga ke tingkat struktur atom. Namun, ilmu pengetahuan dan teknologi material saat ini telah menjelajahi tingkat struktur elektron dan lebih dalam lagi.

Ashby dan Johnson menyatakan bahwa material memiliki dua peran dalam sebuah produk rekayasa, yaitu fungsionalitas teknis dan kepribadian produk (Ashby dan Johnson, 2014). Definisi material oleh ilmuwan, desainer, industri, dan pengguna umum dapat berbeda. Oleh karena itu, sebagai ilmuwan di era sekarang ini, perlu untuk memahami dengan baik perbedaan tersebut dan menjembatannya agar kesalahpahaman dapat diminimalisir, terutama dalam konteks interdisipliner. Sebagai contoh, dari segi klasifikasi, kayu dapat diklasifikasikan sebagai material alami atau sebagai komposit.

Berdasarkan karakteristiknya, material dapat diklasifikasikan menjadi 5 kelompok besar, antara lain:

1. Logam dan paduannya,
2. Keramik dan kaca,
3. Polimer/plastik,
4. Semikonduktor, dan
5. Komposit.

Kelima kelompok material tersebut memiliki struktur mikro dan sifat yang beragam. Berikut ini adalah penjelasan singkat tentang 5 kelompok material tersebut.

7.5.1 Logam dan Paduannya

Bahan yang dikelompokkan ke dalam logam adalah aluminium, baja, magnesium, seng, titanium, tembaga, nikel dan sebagainya. Pada umumnya logam memiliki konduktivitas panas dan listrik yang baik. Sifat lainnya adalah logam memiliki kekuatan yang relatif tinggi, kekakuan, keuletan, mampu bentuk dan ketahanan terhadap benturan yang cukup baik. Bahan logam umumnya merupakan gabungan dari unsur-unsur logam. Beberapa sifat logam berhubungan langsung dengan unsur-unsur yang menjadi paduannya.



Gambar 7.2 Aplikasi Material Logam di Bidang Teknik

7.5.2 Keramik dan Kaca

Keramik adalah bahan kristal anorganik yang dapat diperoleh melalui proses alami dan teknologi modern. Pasir pantai atau terumbu karang adalah contoh keramik yang dihasilkan oleh perilaku alam. Keramik yang diproses secara tradisional banyak digunakan untuk pembuatan bata merah, lemari, batu tahan api atau bahan abrasif lainnya.

Keramik modern diperoleh melalui proses tertentu. Dalam teknologi modern, keramik banyak digunakan sebagai pelapis substrat untuk chip komputer, aktuator, sensor, kapasitor,

induktor, busi, dan isolator listrik lainnya. Keramik juga digunakan untuk lapisan pelapis pada mesin turbin.

Keramik adalah senyawa dari unsur logam dan non-logam, seperti oksida, nitrida, dan karbida. Keramik bersifat insulatif terhadap listrik dan panas, memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi dan pengaruh lingkungan jika dibandingkan dengan logam dan polimer. Karakteristik keramik yang paling menonjol adalah kekerasannya yang sangat tinggi dan kerapuhannya yang tinggi.



Gambar 7.3 Produk dengan bahan dasar keramik dan kaca

Kaca adalah sejenis bahan amorf. Amorf adalah bahan yang tidak memiliki susunan atom secara periodik. Industri serat optik adalah bentuk kaca silika dengan kemurnian tinggi. Kaca juga digunakan di rumah tangga, mobil, layar televisi, dan komputer. Kaca dapat diolah secara termal untuk meningkatkan kekuatannya. Kaca dan keramik kaca dapat diproses melalui peleburan atau pengecoran.

7.5.3 Polimer

Polimer dalam kehidupan sehari-hari disebut plastik. Polimer adalah jenis bahan organik yang diperoleh melalui proses polimerisasi. Polimer memiliki ketahanan listrik, termal, dan korosi yang sangat baik. Meskipun polimer memiliki kekuatan yang tidak terlalu tinggi, polimer memiliki rasio kekuatan-terhadap-berat yang sangat baik. Polimer tidak cocok

untuk digunakan di lingkungan bersuhu tinggi. Polimer dapat digunakan untuk membuat rompi antipeluru, compact disk (CD), layar kristal cair (LCD), kain hingga cangkir.

Polimer dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: termoplastik dan termoset. Polimer termoplastik merupakan molekul rantai panjang yang tidak terikat secara kaku, memiliki keuletan dan kemampuan bentuk yang sangat baik. Sementara itu, polimer thermosetting lebih kuat tetapi rapuh karena rantai molekulnya sangat erat. Berikut ini adalah contoh penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 7.4 Aplikasi polimer dalam suatu produk

7.5.4 Semikonduktor

Semikonduktor dengan bahan dasar *silicon*, *germanium* dan *gallium* banyak digunakan dalam pembuatan komponen elektronik maupun komputer. Konduktifitas elektrik semikonduktor berada di antara insulator keramik dan konduktor metalik. Pada beberapa semikonduktor, derajat konduktifitas dapat dikendalikan oleh perangkat lain, seperti transistor, diode dalam sebuah *integrated circuit* (IC).



Gambar 7.5 Perangkat Semikonduktor

7.5.5 Komposit

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang membentuk sifat baru yang tidak dimiliki oleh material tersebut ketika berdiri sendiri. Beton, kayu lapis, dan fiberglass adalah jenis-jenis komposit yang banyak kita jumpai sehari-hari. Fiberglass dibuat dengan cara menyebarkan serat kaca pada matriks polimer. Serat kaca inilah yang menyebabkan polimer menjadi lebih kaku tanpa meningkatkan kepadatannya. Pesawat komersial dan kedirgantaraan saat ini banyak menggunakan material komposit, seperti polimer yang diperkuat serat karbon. Peralatan olahraga seperti sepeda, stik golf, dan raket tenis terbuat dari komposit yang menggabungkan ringan dan kaku. Berikut ini adalah contoh produk yang terbuat dari komposit.



Gambar 7.6 Produk dengan Bahan Komposit

7.6 Klasifikasi Fungsional Material

Klasifikasi material dapat dibedakan berdasarkan fungsional saat sistem beroperasi. Fungsionalitas suatu komponen akan mempengaruhi pemilihan material yang tepat. Dari pengalaman dan kebutuhan teknologi, sebuah komponen harus memiliki fungsi mekanis, biologis, elektrik, magnetik dan optik.

Dirgantara. Material ringan seperti kayu dan paduan aluminium digunakan dalam sejarah penerbangan Wright bersaudara. Pesawat ruang angkasa menggunakan bubuk aluminium sebagai roket pendorong. Paduan aluminium, plastik, dan silika banyak digunakan sebagai ubin pesawat ulang-alik.

Biomedis. Tulang dan gigi manusia terbentuk secara alami dari hidroksiapatit. Sejumlah organ buatan seperti pengganti tulang, stent kardiovaskular, kawat gigi ortodontik, dan komponen lainnya dibuat dengan menggunakan plastik, paduan titanium, baja tahan karat non-magnetik.

Bahan Elektronik. Barium titanat (BaTiO_3), tantalum oksida (Ta_2O_5) dan bahan dielektrik lainnya digunakan untuk membuat kapasitor keramik dan perangkat lainnya. Superkonduktor digunakan untuk membuat magnet yang kuat. Tembaga, aluminium dan logam lainnya digunakan untuk transmisi daya dan mikroelektronika lainnya.

Teknologi Energi dan Lingkungan. Bahan uranium oksida dan plutonium digunakan sebagai bahan bakar dalam industri nuklir. Baja tahan karat dan kaca digunakan untuk menangani bahan nuklir dan limbah radioaktif. Bahan untuk pembuatan baterai dan sel bahan bakar dapat menggunakan keramik, seperti zirkonia (ZrO_2) dan plastik. Teknologi baterai memiliki peran penting untuk memenuhi kebutuhan perangkat elektronik yang membutuhkan daya yang lebih lama dan portabel. Industri

perminyakan menggunakan zeolit, alumina, dan bahan lainnya sebagai substrat katalis.

Bahan Magnetik. Hard disk komputer, kaset video dan audio terbuat dari keramik, logam, dan polimer. Partikel oksida besi atau oksida besi gamma (Fe_2O_3) diendapkan pada substrat polimer dalam pembuatan kaset audio. Partikel besi dengan kemurnian tinggi digunakan untuk membuat kaset video. Hard disk komputer dapat dibuat dari paduan kobalt-platinum-tantalum-kromium (Co-Pt-Ta-Cr). Beberapa ferit magnetik dapat digunakan untuk membuat induktor dan komponen komunikasi nirkabel. Sedangkan inti transformator terbuat dari baja yang berbasis besi dan silikon.

Material Optik. Silika banyak digunakan dalam pembuatan serat optik. Bahan optik digunakan untuk memproduksi semikonduktor dan detektor laser yang digunakan dalam sistem komunikasi. Alumina (Al_2O_3) dan yttrium aluminium garnet (YAG) digunakan untuk memproduksi laser. Silikon amorf digunakan dalam pembuatan sel surya dan modul fotovoltaik serta polimer untuk pembuatan LCD. Bahan Cerdas. Material pintar sangat sensitif terhadap stimulan eksternal, perubahan suhu, voltase, kelembaban, dan lingkungan. Jadi bahan ini cocok untuk sensor dan aktuator yang sensitif terhadap perubahan. Material pintar seperti lead zirconium titanate (PZT) ketika dikenai tegangan dapat menghasilkan tegangan. Karakteristik ini digunakan untuk pembangkit percikan api dan sensor yang mampu mendeteksi keberadaan benda di bawah air dalam industri perikanan dan kelautan.

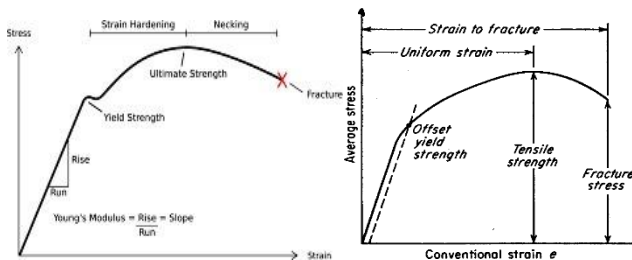
Material Struktural. Material ini didesain untuk mampu menahan berbagai macam tekanan saat bekerja. Baja, beton, dan komposit digunakan untuk konstruksi jembatan dan bangunan. Baja, kaca, plastik dan komposit umumnya digunakan di sektor otomotif. Seringkali sebuah struktur membutuhkan kombinasi

kekuatan, kekakuan dan ketangguhan dalam kondisi pembebanan dan temperatur tertentu.

7.7 Sifat Mekanis Material

Sifat mekanik material sangat dipengaruhi oleh struktur mikro dan komposisinya. Ketika sebuah material mendapat gaya maka akan menimbulkan tegangan dan deformasi. Tegangan adalah besarnya gaya yang mempengaruhi luasan tertentu pada suatu material. Tegangan dapat dikelompokkan menjadi tegangan tarik, tekan, lentur dan geser. Tegangan dinyatakan dalam psi (pound per inci persegi) atau Pa (Pascal). Regangan (strain) adalah perubahan dimensi per satuan panjang. Satuan regangan adalah in/in atau cm/cm. Bahan yang mengalami regangan elastis (regangan elastis) tidak menunjukkan perubahan permanen.

Kemiringan kurva tegangan-regangan adalah linier. Hal ini disebut sebagai modulus Young atau modulus elastisitas. Deformasi plastis disebut sebagai regangan plastis (regangan plastis). Ketika tegangan dilepaskan, material tidak dapat kembali ke bentuk aslinya. Laju di mana regangan mengalami perubahan ini disebut laju regangan (strain rate). Beberapa bahan ulet dapat mengalami perilaku getas ketika memiliki laju regangan yang tinggi.



Gambar 7.7 Diagram tegangan-regangan antara bahan ulet dan getas

Bahan viskos (viscous material) adalah regangan yang berkembang selama periode waktu tertentu dan tidak dapat kembali ke bentuk aslinya setelah tegangan dilepaskan. Viskoelastis atau anelastis adalah bahan yang memiliki respon antara bahan viskos dan elastisitasnya. Dari kurva tegangan-regangan ada beberapa istilah yang perlu diketahui, antara lain:

1. Kekuatan Luluh (Yield Strength)
2. Kekuatan Tarik (Ultimate Strength)

Ketika suatu material diberikan gaya, maka material tersebut akan mengalami deformasi. Deformasi yang terjadi sebanding dengan tegangan yang diberikan. Pada kondisi ini, material dapat kembali ke bentuk dan dimensi semula ketika tegangan dihilangkan. Perbandingan antara tegangan dan regangan yang memiliki nilai tetap disebut dengan modulus elastisitas dan dinyatakan sebagai:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Satuan untuk modulus elastisitas adalah Pascal (Megapascal, MPa). Besarnya modulus elastisitas dipengaruhi oleh ikatan antar atom. Dalam desain struktural selalu digunakan dalam area proporsional ini.

Kekuatan luluh (yield strength) adalah ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis. Material lunak memiliki titik luluh yang jelas, sedangkan material lain tidak memiliki batas proporsional yang jelas. Biasanya batas proporsional benda yang telah mengalami proses mekanis diambil sebagai offset sebesar 0,2%.

Kekuatan tarik (tensile strength) adalah tegangan saat patah. Dalam mendesain sebuah struktur, tegangan harus berada di bawah kekuatan luluh. Selain itu, para insinyur juga dapat menghitung tegangan aktual (tegangan sebenarnya) yaitu gaya

dibagi dengan luas sebenarnya. Dengan demikian material mengalami deformasi plastis di sepanjang spesimen dan mencapai nilai maksimum pada area penyusutan.

Kekerasan adalah ketahanan objek terhadap penetrasi pada permukaan material. Kekerasan material dapat dinyatakan dalam bentuk kekerasan Brinell, kekerasan Vickers, dan kekerasan Rokwell. Ketangguhan adalah energi yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu material. Untuk menentukan ketangguhan suatu material digunakan metode Charpy atau Izod.

7.8 Karakteristik Thermal Material

Suhu memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap perilaku material. Temperatur adalah derajat termal sedangkan kandungan panas disebut energi termal.

Kapasitas panas (heat capacity) adalah perubahan kandungan panas per satuan derajat Celcius. Kapasitas panas dapat juga disebut kalor jenis sebagai perbandingan antara kapasitas panas material dengan kapasitas panas air. Kapasitas panas air adalah 4,184 J/g.oC.

Ekspansi termal (thermal expansion). Pemuaian termal disebabkan oleh peningkatan getaran termal atom. Jumlah pemuaian termal dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut:

$$\frac{\Delta L}{L} = \alpha T \Delta T$$

αT adalah koefisien ekspansi linier.

Konduktivitas panas (thermal conductivity). Panas yang mengalir melalui benda padat terjadi melalui konduksi. Koefisien konduktivitas panas adalah konstanta (k) yang menghubungkan aliran panas (Q) dengan gradien suhu ($\Delta T/\Delta X$):

$$Q = k \left(\frac{T_2 - T_1}{X_2 - X_1} \right)$$

7.9 Karakteristik Elektrik Material

Logam dan semikonduktor dapat menghantarkan listrik ketika ditempatkan dalam medan listrik. Resistivitas material (2) dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\frac{1}{\rho} = \sigma = nq\mu$$

Di mana, σ adalah konduktivitas listrik, n adalah jumlah pembawa muatan, q adalah besarnya muatan listrik dan μ adalah mobilitas pembawa muatan.

$$\mu = \frac{v}{\varepsilon}$$

Resistivitas adalah properti material sehingga tidak terpengaruh oleh bentuk material. Untuk itu material yang memiliki bentuk seragam memiliki resistivitas sebesar:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Sifat dielektrik. Isolator listrik tidak dapat menghantarkan arus listrik, tetapi sangat sensitif terhadap medan listrik. Medan listrik dinyatakan dengan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{E}{d}$$

Jika ada ruang kosong di antara kedua pelat, maka kerapatan muatan D_0 pada setiap pelat sebanding dengan medan listrik (ε). Jika setiap volt/meter medan memiliki muatan 8.85×10^{-12} coulomb per meter persegi pelat elektroda, maka jumlahnya adalah:

$$D_o = (8.85 \times 10^{-12} \frac{C}{V.m}) \epsilon$$

Jika bahan ditempatkan di antara pelat (m), densitas muatan dapat ditingkatkan dari D_o ke D_m . Rasio antara D_m/D_o disebut konstanta dielektrik (K) sebesar:

$$K = \frac{D_m}{D_o}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M., & Cebon, D. 2007. Teaching engineering materials: The CES EduPack. Retrieved June 1, 2015, from http://web.mit.edu/course/3/3.225/refs/Teaching_Engineering_Materials.pdf
- D.J. Djoko Herry S.M. 2021. *Material Maju Lapisan Tipis*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Dr. Saludin. 2016. *Rekayasa Sistem Manufaktur*. Bogor: Mitra Wacana Media.
- Janner Simarmata. 2010. *Rekayasa Web*. Jakarta: CV Andi Offset.
- Paul H. Wright. 2005. *Pengantar Engineering edisi Ketiga*. Jakarta : PT Erlangga.
- Teicholz, Eric. 1999. *CAD/CAM Handbook*. Mcgraw - Hill Book Company.
- Van Vlark, L.H. dan Sriati Djaprie. 1994. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi kelima. Jakarta : PT Erlangga.

BAB 8

ROBOTIK

Oleh Rizki Aulia Nanda

8.1 Pengantar Robotik

Sejarah robot dimulai ketika Jacques de Vaucanson mengembangkan sistem otomatis pada tahun 1738 yang menciptakan bebek mekanis yang dapat makan dan memotong biji-bijian serta membuka dan menutup sayapnya. Kemudian, pada tahun 1796, Hisashine Tanaga dari Jepang berhasil menciptakan mainan mekanik yang bisa menyajikan teh dan menulis kanji. Kemudian, pada tahun 1926, Nikola Tesla memperkenalkan kapal yang dikendalikan radio. Menurut perkembangan teknologi elektronika, perkembangan robot ini mengalami kemajuan pesat karena William Gray Walter membuat robot elektronik otomatis pertama pada tahun 1948, dimana robot ini dapat bereaksi terhadap cahaya dan kontak benda luar. (Jaya, 2016).

8.1.1 Definisi robot

Istilah robot berasal dari Cekoslowakia. Kata robot berasal dari kosakata “robota” yang berarti “pekerjaan cepat”. Ungkapan ini diciptakan pada tahun 1920 oleh seorang penulis drama bernama Karel Capek. Karyanya saat itu bernama “Rossum's Universal Robot”, yang artinya “Rossum's World Robot”. Rossum merancang dan membangun pasukan robot industri yang akhirnya menjadi terlalu licik dan mengalahkan manusia.



Gambar 8.1 Robot ASIMO
(Sumber: Sistem Robotika, H. Jaya)

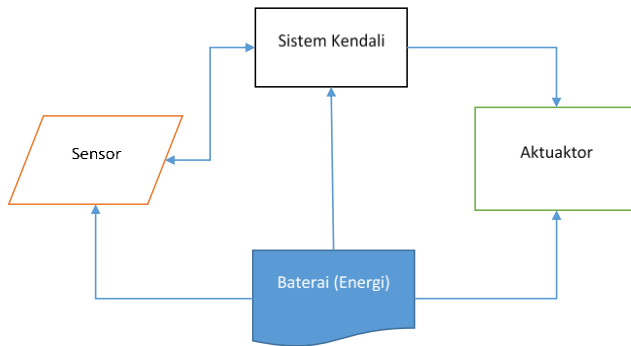
Kata robotika juga berasal dari novel fiksi ilmiah Runaround (1942) yang ditulis oleh Isaac Asimov. Definisi yang tepat dari robot adalah suatu sistem atau alat yang dapat berperilaku atau meniru perilaku manusia untuk menggantikan dan memudahkan pekerjaan manusia (Dr. Raden Supriyanto Hustinawati, SKom. *et al.*, 2007).

8.1.2 Sistem robotik

Setiap robot modern harus memiliki empat karakteristik dasar. Fungsi dasarnya adalah sebagai berikut (Wisnu Jatmiko, 2014).

1. **Sensor.** Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur atau merasakan sesuatu di lingkungan luar robot, seperti perasaan makhluk hidup, dan melaporkan hasilnya ke robot. Sensor memungkinkan robot untuk membuat keputusan.
2. **Sistem Kendali (Kontrol).** Sistem intelijen bekerja dengan mengolah data masukan berupa kondisi atau kejadian dari luar lingkungan
3. **Sistem Penggerak (aktuator).** Perangkat mekanis berfungsi untuk memungkinkan robot melakukan fungsi tertentu dan berinteraksi dengan lingkungannya.
4. **Sistem Energi (kekuatan).** Layaknya organisme hidup yang membutuhkan makanan untuk hidup, robot membutuhkan

sumber energi untuk menggerakkan komponen listrik dan mekanik yang melekat padanya.

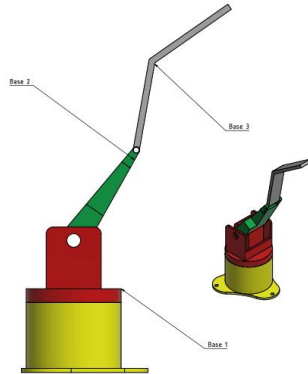


Gambar 8.2 Sistem Robotik

8.1.3 Klasifikasi robotik

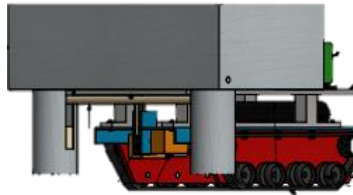
Secara umum robotik dibedakan menjadi 4 kategori yaitu Robot Non Mobile, Robot Mobile, Robot Kombinasi dan Humanoid(Dr. Raden Supriyanto Hustinawati, SKom. *et al.*, 2007):

1. **Robot Non Mobile:** Robot ini tidak dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain yang lain sehingga robot hanya dapat menggerakkan bagian tubuh tertentu dengan aksi target tertentu. Salah satu contoh robot ini adalah lengan robot untuk kebutuhan industri. Robot genggam adalah alat mekanik yang dapat melakukan proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanik. (Zen Nurkholik, Farrady Alif Fiolana and Diah Arie Widhining Kusumastutie, 2022).



Gambar 8.3. Penerapan lengan robot

2. **Robot Mobile** : Mobile artinya adalah bergerak atau berpindah, jadi robot ini dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain dengan sendirinya. Robot ini merupakan robot paling populer di dunia penelitian robotika. Berikut adalah mobile robot yaitu : mobil robot, robot terbang dan robot kapal.



Gambar 8.4. Robot Mobile

3. **Robot Kombinasi** : Robot ini merupakan gabungan dari fungsi robot mobile dan non mobile. Agar keduanya saling melengkapi, dalam hal ini robot non mobile dapat dibantu fungsinya dengan cara berpindah dari satu tempat ke tempat lain.



Gambar 8.5. Robot Kombinasi

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

4. **Humanoid** : Robot humanoid adalah robot otonom yang dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau dirinya sendiri. Inilah perbedaan utama antara tipe humanoid dan tipe robot lainnya.



Gambar 8.6. Robot Humanoid

(Sumber : <https://supercarblondie.com/hyper-realistic-robot-world-cost-8-million-build/>)

8.1.4 Klasifikasi berdasarkan medan arena

Robot juga memiliki klasifikasi sesuai dengan area ataupun Medan gerak(Wisnu Jatmiko, 2014).

1. **Robot Darat** : Robot ini digunakan untuk kebutuhan di darat dalam menjelajahi kebutuhan sesuai dengan bidang yang ada di darat. Biasanya robot ini digunakan dalam bidang industri, pertanian, pertahanan sekaligus kebutuhan kesehatan(Kumar and Kumar, 2018).



Gambar 8.7 Robot darat industri
(Sumber : Kumar, 2018)

2. **Robot Penjelajah Air :** Robot penjelajah air biasa diimplementasikan pada kebutuhan di dasar laut untuk menjelajahi atau mengeksplorasi permukaan dalam laut. (Franchi, Ridolfi and Zacchini, 2020).



Gambar 8.8 Robot Penjelajah Laut
(Sumber : Franchi, Ridolfi and Zacchini, 2020)

3. **Robot Penjelajah Udara :** Robot penjelajah udara biasa digunakan untuk menjelajahi permukaan udara atau terbang untuk melihat dan memantau situasi secara otomatis melalui udara robot ini biasa dinamakan drone. (Sandor *et al.*, 2020).



Gambar 8.9 Drone
(Sumber : Sandor *et al.*, 2020)

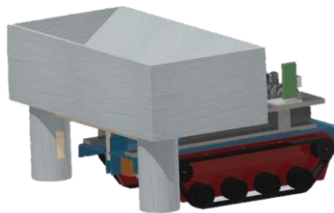
8.2 Konstruksi Robotik

Konstruksi robot adalah untuk menentukan bentuk dan fungsi setiap komponen-komponen yang akan dipasangkan pada robot. Setiap konstruksi robot memiliki fungsi(Nanda, Arhami and Kurniawan, 2020).

8.2.1 Desain dan perancangan robotik

Desain robotik harus meliputi komponen-komponen inti maupun komponen pendukung agar bisa menentukan konsep dan dimensi dari robot tersebut. Adapun komponen-komponen robotik yang harus di desain dan direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Sasis atau rangka
2. Sistem kontrol atau elektrikl
3. Aktuaktor
4. Baterai



Gambar 8.10 Desain Robotik

8.2.2 Simulasi desain robotik

Simulasi yang dilakukan pada desain adalah untuk menetapkan atau mengambil sebuah kesimpulan apakah desain robot tersebut layak digunakan atau tidak. Kekuatan yang dihitung oleh simulasi ini adalah gaya yang terdistribusi dan Tegangan analisis. dengan menggunakan persamaan berikut (Nanda, Arhami and Kurniawan, 2020):

Gaya. Gaya adalah tumbukan suatu benda terhadap benda lain dan biasanya ditentukan oleh titik tumbukan, besar dan arah.

$$F = m \cdot g \quad (8.1)$$

Keterangan : F = Gaya (N)

m = Massa (kg)

g = Gravitasi (M/s^2)

Tegangan. Tegangan adalah gaya persatuan luas penampang

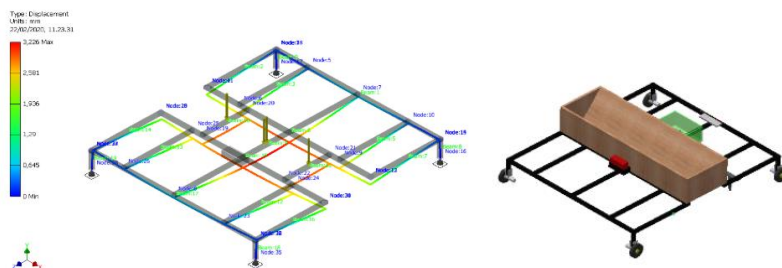
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (8.2)$$

Keterangan : σ = Tegangan (N/mm^2)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm^2)

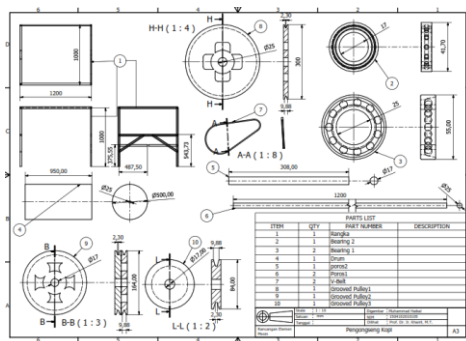
Dari persamaan tersebut maka memperoleh sebuah hasil simulasi stres analisis yang dapat dilihat pada gambar berikut di mana menunjukkan titik merah merupakan bagian dari kekuatan tegangan tertinggi sehingga hasil tegangan tersebut dicocokkan dengan nilai safety Factor untuk kelayakan penggunaan.



Gambar 8.11 Pengujian simulasi tegangan pada robot
(Sumber : Nanda, Arhami and Kurniawan, 2020)

8.2.3 Detail desain robotik

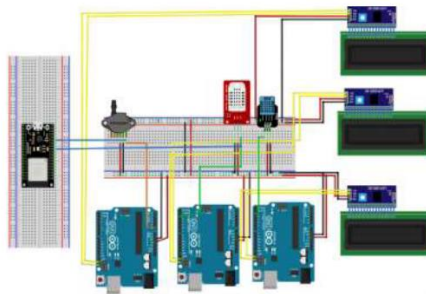
Detailed Engineering Design (DED) adalah produk desain (gambar kerja detail) yang dibuat oleh konsultan teknik (Schubert, Wolf and Drummer, 2023).



Gambar 8.12 Contoh Detail Desain

8.3 Komponen elektrik robotik

Sistem elektrik adalah Jaringan sistem listrik yang memiliki tegangan, arus dan daya untuk menghasilkan sebuah fungsi komponen robot supaya menyala yang ditenagai oleh energi (Rizki Aulia Nanda, Jati and Kurniawan, 2022).



Gambar 8.13 Komponen Elektrikal

(Sumber : Rizki Aulia Nanda, Jati and Kurniawan, 2022)

8.3.1 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem sebagai pengendali yang terdiri dari input dan output yang dapat mengendalikan sistem aktuator maupun sensor dalam menjalankan tugasnya(Jaya, 2016).



Gambar 8.14 Mikrokontroler

(Sumber : Rizki Aulia Nanda, Jati and Kurniawan, 2022)

8.3.2 Sensor

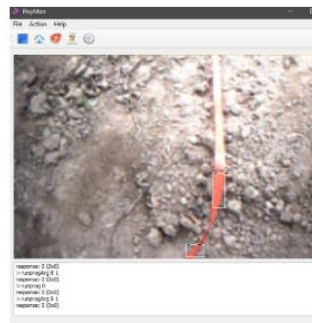
Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan sering mengukur ukuran sesuatu. Transduser adalah jenis sensor yang digunakan untuk mengubah perubahan mekanik, magnetik, termal, cahaya dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik(Jaya, 2016).



Gambar 8.15 Sensor
(Sumber : (Nanda and Dewadi, 2022))

8.3.3 Visual

Visual pada robot biasa menggunakan kamera sebagai indra penglihatan untuk mendeteksi objek yang ditangkap sesuai dengan kebutuhan sama halnya pada sensor namun visual ini lebih ke indra penglihatan pada robot.



Gambar 8.16 Visual kamera pada robot
(Sumber : Nanda, Arhami and Kurniawan, 2020)

8.3.5 Aktuaktor

Aktuator, dalam arti kelistrikan, adalah perangkat apa pun yang mengubah sinyal listrik menjadi gerakan mekanis. Aktuator utama adalah relai, solenoida, dan motor(Jaya, 2016).



Gambar 8.17 Aktuaktor Motor DC

8.3.6 Energi

Energi yang digunakan pada robot adalah energi listrik. Listrik adalah sekumpulan fenomena fisika yang berkaitan dengan keberadaan dan pergerakan materi yang memiliki sifat bermuatan listrik. Listrik terkait dengan magnetisme, keduanya merupakan bagian dari fenomena elektromagnetisme(Nanda, Arhami and Kurniawan, 2020). Listrik menghasilkan muatan dengan persamaan berikut :

Tegangan

$$V = I \cdot R \tag{8.3}$$

Keterangan : V = Tegangan (Voltase)

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi (ohm)

Daya

$$P = V \times I \tag{8.4}$$

Keterangan : V = Tegangan (Voltase)

I = Arus (Ampere)

$$P = \text{Daya (Watt)}$$

Dari persamaan tegangan dan daya yang dihasilkan dari sebuah sistem listrik pada biasanya robot menggunakan baterai sebagai energi untuk menggerakkan Semua sistem komponen apabila robot tersebut mobile.

8.4 Gerak mekanik

Gerak sebuah mekanik robot berfungsi untuk menentukan kinerja dari robot tersebut sehingga menghasilkan suatu gerak baik ke linier maupun gerak yang lainnya dalam berpindah tempat.

8.4.1 Gerak mekanik pada robot beroda

Gerak mekanik pada robot beroda biasanya menggunakan motor DC yang telah dilengkapi dengan sebuah roda gigi untuk memberikan torsi pada gerak mekanik robot beroda.

Torsi. Torsi adalah perkalian gaya terhadap jari-jari atau panjang lengan dengan persamaan :

$$T = f \cdot d \quad (8.5)$$

Keterangan : T = torsi (N.m)

$$F = \text{Gaya (N)}$$

$$D = \text{Jarak lengan (m)}$$

Rasio Roda Gigi. Berfungsi untuk mendapatkan rasio peningkatan torsi dari roda gigi dengan menggunakan persamaan berikut :

$$R = \frac{D_1}{D_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (8.6)$$

Keterangan : R = Rasio roda gigi

D_1 = Diameter roda gigi pertama(m)

D_2 = Diameter roda gigi kedua(m)

T_1 = Torsi pertama (N.m)

T_2 = Torsi kedua (N.m)

Pengaruh torsi terhadap kecepatan. Hubungan torsi dan kecepatan sangat berengaruh karena kecepatan yang tinggi dapat dikonversikan pada torsi yang tinggi menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Torsi} \times \text{Kecepatan} = \text{Torsi}_2 \times \text{Kecepatan}_2 \quad (8.7)$$

Torsi Output. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$T = \frac{N_2}{N_1} T_1 \quad (8.8)$$

Keterangan : N = Jumlah gigi

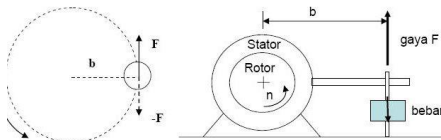
Putaran Output. Dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_{out} = \frac{N_1}{N_2} \times P_m \quad (8.9)$$

Keterangan : P_{out} = Putaran akhir(rpm)

N = Jumlah gigi

P_m = Putaran motor (rpm)

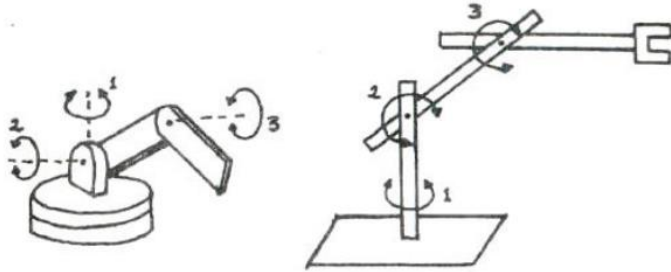


Gambar 8.18. Ilustrasi torsi

(Sumber : <https://amccars.net/cara-menghitung-daya-motor-listrik-yang-dibutuhkan/>)

8.4.2 Gerak robot pada lengan/arm

Gerak robot pada lengan robot sangat dibutuhkan untuk dunia industri dalam melakukan proses produksi, proses lengan robot bekerja menggunakan sendi-sendi dalam menggerakkan posisi x,y dan z. Salah satu lengan namanya artikulasi(Jaya, 2016).



Gambar 8.19 Lengan robot artikulasi

Dengan menggunakan kinematik maju maka gunakan persamaan untuk memperoleh koordinat (x,y):

$$x = l \cdot \cos (\theta) \quad (8.10)$$

$$y = l \cdot \sin (\theta) \quad (8.11)$$

untuk kinematik inversi untuk memperoleh sudut dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\theta = \tan ^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (8.12)$$

8.5 Pemrograman

Pemrograman robotik supaya bisa bergerak sesuai dengan sistem kontrol maka diperlukan bahasa pemrograman untuk memberikan sebuah perintah di mikrokontroler.

8.5.1 Pemrograman bahasa C

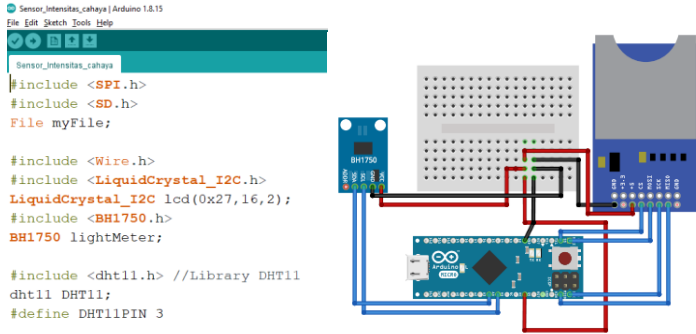
Pemrograman bahasa C adalah bahasa pemrograman yang telah banyak digunakan untuk pengembangan sistem kontrol dan sistem mekanik secara otomatis.



Gambar 8.20 Pemrograman Bahasa C

8.5.2 Pemrograman input dan output

Pemrograman Input adalah pemrograman yang dilakukan untuk memperoleh data yang diterima, pemrograman output adalah untuk memberikan perintah keluaran untuk mengerjakan sesuatu sistem mekanik.



Gambar 8.21 Pemrograman input dan output

Dari gambar diatas merupakan pemrograman untuk mengakses sensor intensitas cahaya, sensor tersebut berperan sebagai input dan Micro SD sebagai output dalam merekam data.

DAFTAR PUSTAKA

- Dr. Raden Supriyanto Hustinawati, SKom., M. *et al.* (2007) *ROBOTIKA, Gunadarma University*.
- Franchi, M., Ridolfi, A. and Zacchini, L. (2020) '2D Forward Looking SONAR in Underwater Navigation Aiding: An AUKF-based strategy for AUVs', *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), pp. 14570–14575. doi:10.1016/j.ifacol.2020.12.1463.
- Jaya, H. (2016) *Sistem Robotika*.
- Kumar, N.V. and Kumar, C.S. (2018) 'Development of collision free path planning algorithm for warehouse mobile robot', *Procedia Computer Science*, 133, pp. 456–463. doi:10.1016/j.procs.2018.07.056.
- Nanda, R.A., Arhami, A. and Kurniawan, R. (2020) 'Perancangan Dan Pengujian Model Mobil Robot Penanam Bibit Kangkung', *Rona Teknik Pertanian*, 13(2), pp. 14–28. doi:10.17969/rtp.v13i2.16982.
- Nanda, R.A. and Dewadi, F.M. (2022) 'Pengukuran Intensitas Cahaya Menggunakan Sensor BH-1750 Berbasis Mikrokontroler: Studi Kawasan Kampus UBP Karawang', *Praxis : Jurnal Sains, Teknologi, Masyarakat dan Jejaring*, 5(1), pp. 74–81.
- Rizki Aulia Nanda, Jati, R. and Kurniawan, L.A. (2022) 'PERANCANGAN DAN PERAKITAN ELEKTRONIKA MIKROKONTROLER BERBASIS IOT UNTUK STUDI PENGUKURAN SISTEM HVAC', *Buana Ilmu*, 7(1), pp. 43–55
- Sandor, C. *et al.* (2020) 'The ClujUAV student competition: A corridor navigation challenge with autonomous drones', *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), pp. 17511–17517. doi:10.1016/j.ifacol.2020.12.2656.

Schubert, D., Wolf, M. and Drummer, D. (2023) 'Interaction of tool and process design on the mechanical and tribological behaviour of an injection-moulded polyamide-steel gear set', *Polymer Testing*, 121(November 2022), p. 107982. doi:10.1016/j.polymertesting.2023.107982.

Wisnu Jatmiko (2014) *Robotika Teori Dan Aplikasi*.

Zen Nurkholik, Farrady Alif Fiolana and Diah Arie Widhining Kusumastutie (2022) 'Robotik Arm Rancangan Bangun Lengan Robot Arm Untuk Menggambar Menggunakan Invers Kinematik', *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 1(3), pp. 59–68. doi:10.51903/juisi.v1i3.413.

BAB 9

MESIN CANGGIH DI ERA DIGITAL

Oleh Fahmy Rinanda Saputri

9.1 Era Digital

Era digital adalah periode dalam sejarah manusia yang ditandai oleh penggunaan teknologi digital dalam banyak aspek kehidupan sehari-hari. Era digital dimulai pada akhir abad ke-20 dan berkembang dengan pesat hingga saat ini.

Dalam era digital, teknologi komputer dan internet telah mengubah cara manusia berkomunikasi, bekerja, berbelanja, mengakses informasi, dan melakukan aktivitas lainnya. Kemajuan teknologi dalam era digital telah menghasilkan perubahan yang signifikan dalam banyak aspek kehidupan, termasuk bisnis, industri, kesehatan, pendidikan, dan hiburan.

Beberapa contoh teknologi digital yang memainkan peran penting dalam era digital adalah komputer, smartphone, internet, media sosial, aplikasi perangkat lunak, dan teknologi cloud computing. Teknologi ini telah memungkinkan manusia untuk terhubung dengan dunia secara global, mengakses informasi dengan mudah dan cepat, serta berkomunikasi dengan orang lain di seluruh dunia.

Era digital juga telah menciptakan peluang baru dalam banyak bidang, seperti bisnis online, e-commerce, media digital, dan pengembangan aplikasi. Namun, era digital juga membawa tantangan dan risiko, seperti masalah keamanan siber, privasi, dan penggunaan teknologi yang tidak etis.

Dalam keseluruhan, era digital adalah masa yang penuh dengan perubahan dan inovasi teknologi yang terus berkembang, memengaruhi banyak aspek kehidupan manusia dan membuka peluang baru dalam berbagai bidang.

9.1.1 Transformasi Digital

Transformasi digital merujuk pada proses di mana organisasi mengadopsi teknologi digital untuk mengubah cara mereka melakukan bisnis, mengelola operasi, dan berinteraksi dengan pelanggan mereka. Transformasi digital mencakup penggunaan teknologi seperti internet, komputasi awan, kecerdasan buatan, robotika, dan Internet of Things (IoT) untuk mempercepat inovasi, meningkatkan efisiensi, dan menciptakan nilai tambah.

Transformasi digital melibatkan perubahan budaya dan struktur organisasi serta teknologi. Ini melibatkan pemikiran ulang terhadap proses bisnis yang ada dan pengembangan strategi yang inovatif untuk mencapai tujuan yang berbeda. Transformasi digital juga dapat melibatkan pengenalan baru produk atau layanan yang lebih baik, beradaptasi dengan tren industri baru, dan menciptakan pengalaman pelanggan yang lebih baik.

Dalam dunia yang semakin terhubung dan canggih secara digital, transformasi digital adalah suatu keharusan bagi organisasi untuk mempertahankan daya saing dan bertahan di pasar yang kompetitif.

Transformasi digital tidak hanya berlaku untuk bisnis, tetapi juga dapat terjadi di sektor publik dan organisasi nirlaba. Pemerintah, lembaga pendidikan, dan organisasi sosial dapat memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan layanan publik, memperbaiki proses operasi, dan meningkatkan efisiensi.

Namun, transformasi digital bukanlah proses yang mudah dilakukan. Organisasi harus menghadapi berbagai tantangan dan risiko, termasuk keamanan data, masalah kepatuhan, dan masalah budaya. Karena itu, organisasi harus memperhatikan faktor-faktor penting seperti kepemimpinan yang kuat, keterlibatan karyawan, pengembangan kemampuan digital, dan manajemen risiko yang efektif untuk berhasil dalam transformasi digital.

Secara keseluruhan, transformasi digital adalah proses penting yang memungkinkan organisasi untuk meningkatkan daya saing dan memenuhi kebutuhan pelanggan yang semakin berubah di era digital. Dengan memanfaatkan teknologi digital dengan bijak dan menyesuaikan diri dengan tren industri baru, organisasi dapat menciptakan nilai tambah yang lebih besar dan memperbaiki operasi mereka secara keseluruhan (United Nations ECLAC, 2022).

9.1.2 Tantangan dan Resiko pada Era Digital

Era digital membawa banyak manfaat bagi manusia, seperti kemudahan akses informasi, meningkatkan efisiensi dalam bisnis, dan mempermudah komunikasi jarak jauh. Namun, era digital juga membawa banyak tantangan dan risiko yang perlu diwaspadai, antara lain:

1. **Keamanan siber:** Ancaman keamanan siber seperti hacking, phishing, dan serangan malware semakin sering terjadi di era digital. Hal ini dapat menyebabkan kehilangan data penting, kerugian finansial, dan bahkan merusak reputasi perusahaan.
2. **Privasi:** Dalam era digital, data pribadi seringkali dikumpulkan oleh perusahaan dan organisasi. Tantangan utama adalah bagaimana untuk melindungi privasi dan data pribadi seseorang dari penggunaan yang tidak sah atau penyalahgunaan.

3. Kecanduan teknologi: Perkembangan teknologi seperti smartphone dan media sosial dapat menyebabkan kecanduan dan menimbulkan masalah kesehatan mental, seperti depresi, kecemasan, dan kurang tidur.
4. Pengangguran: Kemajuan teknologi juga dapat menggantikan pekerjaan manusia dengan otomatisasi dan robotisasi. Hal ini dapat menyebabkan pengangguran dan meningkatkan ketidaksetaraan sosial dan ekonomi.
5. Disinformasi: Persebaran informasi palsu atau hoaks di media sosial dapat menyebabkan konflik dan bahkan merusak demokrasi.
6. Masalah etika: Penggunaan teknologi yang tidak etis dapat menyebabkan masalah etika yang kompleks, seperti pemantauan massal, penggunaan kecerdasan buatan untuk tujuan yang salah, dan penggunaan teknologi untuk kegiatan kriminal.

Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memahami tantangan dan risiko yang terkait dengan era digital dan mengambil tindakan untuk mengurangi risiko ini. Ini termasuk mengamankan data pribadi kita, menggunakan teknologi secara bijaksana, dan meningkatkan literasi digital untuk mengenali informasi palsu dan hoaks.

9.1.3 Perkembangan Mesin hingga Era Digital

Perkembangan mesin telah berlangsung selama ribuan tahun, dimulai dari zaman prasejarah dengan penggunaan sederhana dari alat batu dan kayu hingga masa kini dengan mesin canggih yang didukung oleh teknologi digital dan komputasi.

Pada abad ke-18, mesin uap menjadi alat produksi yang revolusioner dan membawa perubahan besar dalam cara manusia bekerja. Kemudian pada abad ke-19, mesin listrik dan mesin internal bakar mengalami perkembangan pesat yang

memungkinkan produksi massal dan perjalanan jarak jauh yang lebih cepat dan efisien.

Dalam era digital, mesin canggih didukung oleh teknologi seperti sensor, komputer, dan internet, yang memungkinkan mesin untuk melakukan tugas yang lebih kompleks dan otomatis. Contoh mesin canggih yang mendapat dukungan teknologi digital adalah mesin robot, kendaraan otonom, dan sistem komputasi awan.

Pada masa kini, mesin canggih juga semakin populer dalam berbagai industri dan sektor, seperti manufaktur, kesehatan, transportasi, dan keuangan. Mesin canggih dapat membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas, mengurangi biaya, dan mengurangi kesalahan manusia.

Perkembangan mesin canggih di era digital diprediksi akan terus berlanjut dan semakin maju, terutama dengan adanya kemajuan teknologi seperti kecerdasan buatan dan machine learning. Hal ini akan membawa dampak besar pada cara manusia bekerja dan hidup, dan memerlukan adaptasi yang cepat dan efektif dari berbagai sektor dan individu (Boast, 2016).

9.2 Mesin Canggih

Mesin canggih adalah mesin yang menggunakan teknologi terbaru dan inovatif dalam proses operasinya. Mesin ini dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti industri, kesehatan, transportasi, pertanian, dan sebagainya. Mesin canggih biasanya dilengkapi dengan sensor, sistem pengolahan data, dan teknologi terbaru lainnya untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kinerja.

Contoh mesin canggih termasuk robot industri yang dilengkapi dengan sistem penglihatan dan kontrol gerakan, mesin-mesin produksi otomatis yang dilengkapi dengan sistem

pemrosesan data dan pengambilan keputusan, dan mesin-mesin pertanian yang dilengkapi dengan sensor untuk mengumpulkan data lingkungan dan mengoptimalkan proses pertanian.

Selain itu, mesin canggih juga dapat digunakan di berbagai sektor lainnya seperti kesehatan, misalnya mesin MRI dan CT scan, serta transportasi, misalnya mobil otonom dan pesawat dengan teknologi mesin terbaru.

Dalam keseluruhan, mesin canggih memainkan peran penting dalam mempercepat proses produksi, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi biaya operasional di berbagai sektor.

Komponen yang terdapat dalam mesin canggih bervariasi tergantung pada jenis dan fungsinya. Namun, beberapa komponen umum yang sering digunakan dalam mesin canggih meliputi:

1. Sensor

Sensor dalam mesin canggih sangat penting karena mereka memungkinkan mesin untuk mengumpulkan data secara real-time dan memberikan informasi penting tentang kinerja dan kondisi mesin. Sensor dapat memantau berbagai parameter seperti suhu, kecepatan, tekanan, dan getaran, serta menghasilkan data yang akurat dan terukur untuk dianalisis.

Data yang dikumpulkan oleh sensor kemudian dapat dianalisis dan diinterpretasikan menggunakan teknologi seperti kecerdasan buatan dan analisis data untuk memberikan wawasan tentang kinerja mesin, memperkirakan waktu pemeliharaan yang dibutuhkan, dan mengidentifikasi potensi masalah atau kegagalan sebelum terjadi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan preventif dan mengurangi waktu henti yang tidak direncanakan, meningkatkan efisiensi

dan produktivitas mesin, serta mengurangi biaya perawatan dan perbaikan.

Selain itu, sensor juga dapat digunakan untuk memantau lingkungan kerja dan kesehatan operator. Sensor dapat mendeteksi kondisi seperti kualitas udara, tingkat kebisingan, dan kadar gas beracun untuk memastikan kondisi lingkungan kerja yang aman dan sehat. Sensor juga dapat digunakan untuk memantau tanda-tanda kelelahan atau stres pada operator, yang dapat membantu perusahaan mencegah kecelakaan kerja dan meningkatkan kesejahteraan karyawan.

Dalam era digital yang semakin maju, penggunaan sensor dalam mesin canggih menjadi semakin penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas bisnis serta memastikan keselamatan dan kesehatan karyawan.

2. Sistem pengolahan data

Sistem pengolahan data dalam mesin canggih sangat penting untuk mengumpulkan, memproses, dan menganalisis data yang dihasilkan oleh sensor atau sistem lain yang terpasang pada mesin. Sistem pengolahan data yang efektif dapat memberikan wawasan yang berguna tentang kinerja mesin dan membantu mengidentifikasi masalah atau kegagalan sebelum terjadi, memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan preventif dan meningkatkan efisiensi dan produktivitas mesin.

Sistem pengolahan data dalam mesin canggih biasanya terdiri dari beberapa komponen, termasuk perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi sensor, komputer, dan perangkat penyimpanan data, sementara perangkat lunak meliputi program aplikasi dan algoritma analisis data.

Data dari sensor atau sistem lainnya dikumpulkan dan dianalisis oleh program aplikasi yang menjalankan algoritma analisis data. Program aplikasi dapat dijalankan di komputer onboard mesin atau di server terpusat untuk diakses secara jarak jauh. Algoritma analisis data yang digunakan dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan bisnis dan jenis mesin yang digunakan.

Setelah data diproses, hasil analisis dapat disajikan dalam berbagai bentuk seperti grafik, tabel, atau laporan. Hasil analisis dapat memberikan informasi tentang kinerja mesin, keandalannya, waktu pemeliharaan yang dibutuhkan, dan potensi masalah atau kegagalan di masa depan. Informasi ini dapat membantu perusahaan untuk mengambil keputusan yang lebih baik dalam mengelola mesin mereka dan meningkatkan efisiensi operasi mereka.

Sistem pengolahan data dalam mesin canggih adalah bagian penting dari teknologi digital yang semakin berkembang dan memungkinkan perusahaan untuk memperoleh informasi yang berguna tentang mesin mereka. Dengan analisis data yang tepat, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas mesin mereka, meningkatkan waktu operasi dan meminimalkan biaya perawatan dan perbaikan.

3. Sistem kendali

Sistem kendali dalam mesin canggih merupakan sistem yang mengontrol dan mengatur kinerja mesin secara otomatis dengan menggunakan teknologi canggih seperti mikrokontroler, sistem pemrograman terintegrasi, dan perangkat lunak pengaturan kendali. Sistem kendali memungkinkan mesin untuk beroperasi dengan presisi

dan efisiensi yang lebih tinggi daripada jika mesin tersebut dioperasikan secara manual.

Sistem kendali dalam mesin canggih biasanya terdiri dari beberapa komponen, termasuk sensor untuk mengukur parameter kinerja mesin seperti suhu, kecepatan, dan tekanan, unit kendali yang menerima data dari sensor, dan aktuator yang mengontrol aksi mesin, seperti mengatur laju pembakaran bahan bakar atau mengatur kecepatan putaran.

Sistem kendali dalam mesin canggih dapat diatur dan dikontrol oleh perangkat lunak yang memungkinkan pengaturan dan pemantauan parameter kinerja mesin secara real-time. Perangkat lunak ini dapat diatur untuk memicu tindakan tertentu ketika parameter kinerja mesin melebihi atau di bawah batas yang ditentukan. Misalnya, jika suhu mesin melebihi batas yang aman, sistem kendali akan memicu aktuator untuk mengurangi kecepatan putaran mesin atau menghentikan mesin secara otomatis.

Sistem kendali dalam mesin canggih juga dapat diatur untuk memperkirakan waktu pemeliharaan yang dibutuhkan, yang memungkinkan perusahaan untuk mengambil tindakan preventif dan meminimalkan waktu henti mesin yang tidak direncanakan. Sistem kendali dapat memungkinkan perusahaan untuk memantau kondisi mesin dan mengambil tindakan sebelum masalah terjadi, memperpanjang umur mesin, dan mengurangi biaya perawatan dan perbaikan.

Dalam keseluruhan, sistem kendali dalam mesin canggih adalah teknologi yang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi, presisi, dan keandalan mesin. Teknologi ini memungkinkan mesin untuk beroperasi secara otomatis dengan efisiensi dan akurasi yang lebih

tinggi, meningkatkan waktu operasi, dan mengurangi biaya perawatan dan perbaikan.

4. Aktuator

Aktuator dalam mesin canggih adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah energi listrik atau sinyal kendali menjadi gerakan mekanis pada mesin. Aktuator berfungsi sebagai penggerak pada sistem kontrol mesin yang memungkinkan mesin beroperasi secara otomatis dan presisi.

Aktuator dalam mesin canggih dapat bervariasi, tergantung pada jenis mesin dan aplikasi tertentu. Beberapa jenis aktuator yang umum digunakan dalam mesin canggih, yaitu elektromagnetik, hidrolik, pneumatic, piezoelektrik.

Aktuator dalam mesin canggih dapat dikendalikan oleh sistem kendali mesin untuk menghasilkan gerakan yang diinginkan. Misalnya, aktuator elektromagnetik pada injektor bahan bakar dapat dikendalikan oleh sistem kendali mesin untuk mengatur jumlah bahan bakar yang disuntikkan ke dalam mesin, yang memungkinkan mesin untuk beroperasi dengan efisiensi yang lebih baik.

Secara keseluruhan, aktuator dalam mesin canggih merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem kontrol mesin yang memungkinkan mesin beroperasi secara otomatis dengan presisi dan efisiensi yang lebih tinggi.

5. Komputer dan perangkat lunak

Komputer dan perangkat lunak merupakan komponen penting dalam mesin canggih. Komputer berfungsi sebagai otak mesin yang mengontrol dan mengatur semua operasi mesin, sedangkan perangkat

lunak berfungsi sebagai alat untuk memprogram dan mengontrol operasi mesin.

Beberapa jenis perangkat lunak yang umum digunakan dalam mesin canggih, yaitu program PLC (*Programmable Logic Controller*), sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*): dan program CAM (*Computer-Aided Manufacturing*).

Selain perangkat lunak, komputer dalam mesin canggih juga harus dilengkapi dengan perangkat keras yang sesuai untuk dapat beroperasi secara optimal. Beberapa perangkat keras yang umum digunakan dalam komputer mesin canggih, seperti prosesor, memori, hard disk, dan kartu grafis.

Secara keseluruhan, komputer dan perangkat lunak merupakan komponen kunci dalam mesin canggih yang memungkinkan mesin beroperasi secara otomatis dengan presisi dan efisiensi yang tinggi.

6. Baterai dan sumber daya

Baterai dan sumber daya merupakan komponen penting dalam mesin canggih, karena mesin membutuhkan daya untuk beroperasi dengan efisien dan konsisten.

Di dalam mesin canggih, baterai biasanya digunakan sebagai sumber daya cadangan untuk memastikan mesin tetap beroperasi dalam kondisi darurat atau saat terjadi pemadaman listrik. Baterai ini umumnya terpasang di sistem kendali mesin atau dalam kotak kontrol untuk memberikan daya cadangan yang cukup untuk mengontrol dan menjaga mesin tetap hidup dalam situasi darurat.

Sumber daya utama yang biasanya digunakan dalam mesin cangguh adalah listrik. Mesin cangguh umumnya menggunakan sumber daya listrik AC (Arus Bolak-balik) atau DC (Arus searah) yang berasal dari sumber listrik utama. Namun, dalam beberapa kasus, mesin cangguh juga menggunakan sumber daya alternatif, seperti tenaga surya atau baterai untuk memastikan operasi yang berkelanjutan di lokasi yang terpencil atau di luar jangkauan sumber listrik utama.

Untuk mengelola dan mengontrol sumber daya, mesin cangguh biasanya dilengkapi dengan sistem manajemen daya. Sistem ini digunakan untuk mengontrol dan mengatur penggunaan daya, sehingga mesin dapat beroperasi dengan efisien dan hemat energi. Sistem manajemen daya dapat menyesuaikan penggunaan daya dengan permintaan mesin dan kondisi lingkungan yang berbeda, sehingga mesin dapat beroperasi dengan optimal tanpa mengalami kekurangan daya atau mengalami gangguan akibat kelebihan daya.

Secara keseluruhan, baterai dan sumber daya merupakan komponen penting dalam mesin cangguh. Dalam penggunaan sehari-hari, mesin cangguh memerlukan sumber daya yang andal dan efisien untuk beroperasi dengan presisi dan konsistensi yang tinggi. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan kebutuhan daya dan mengelola sumber daya dengan baik agar mesin dapat beroperasi dengan efisien dan hemat energi.

Dalam keseluruhan, mesin cangguh terdiri dari banyak komponen yang bekerja bersama-sama untuk menciptakan sistem yang cerdas dan efisien. Komponen-komponen tersebut membantu mesin cangguh untuk

mengumpulkan data, menganalisis data, mengambil keputusan, dan melakukan tindakan secara otomatis.

9.3 Potensi Perkembangan Mesin Canggih di Era Digital

Potensi mesin canggih di era digital sangat besar dan beragam, beberapa diantaranya meliputi:

1. Otomatisasi proses bisnis: Mesin canggih dapat membantu mengotomatisasi proses bisnis dan mengurangi biaya operasional. Contohnya, mesin canggih dapat digunakan untuk melakukan pengolahan data, pengiriman pesan, dan pembuatan laporan secara otomatis.
2. Pengambilan keputusan yang lebih cerdas: Dengan menggunakan teknologi seperti machine learning dan artificial intelligence, mesin canggih dapat membantu organisasi dan perusahaan dalam mengambil keputusan yang lebih cerdas dan akurat.
3. Penyimpanan data yang lebih efisien: Mesin canggih dapat digunakan untuk menyimpan dan mengelola data secara lebih efisien. Hal ini dapat membantu organisasi dalam menghemat biaya dan meningkatkan efisiensi operasional.
4. Pengembangan produk dan layanan yang lebih baik: Dengan menggunakan teknologi seperti big data dan analisis prediktif, mesin canggih dapat membantu organisasi dalam mengembangkan produk dan layanan yang lebih baik dan sesuai dengan kebutuhan pelanggan.
5. Pengurangan kesalahan manusia: Mesin canggih dapat membantu mengurangi kesalahan manusia yang mungkin terjadi pada proses bisnis atau manufaktur. Hal ini dapat membantu meningkatkan kualitas produk atau layanan, serta mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan.

6. Peningkatan efisiensi energi: Mesin canggih dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan efisiensi operasional. Hal ini dapat membantu organisasi dalam menghemat biaya dan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Potensi mesin canggih di era digital akan terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi. Oleh karena itu, penting bagi organisasi dan individu untuk terus memantau perkembangan teknologi dan beradaptasi dengan cepat untuk memanfaatkan potensi mesin canggih dengan maksimal.

9.4 Manfaat Mesin Canggih di Era Digital

Mesin canggih di era digital memiliki banyak manfaat yang signifikan bagi kehidupan manusia, diantaranya adalah:

1. Efisiensi: Mesin canggih dapat mempercepat proses produksi dan membantu menghemat waktu dan biaya, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai sektor.
2. Akurasi: Mesin canggih seperti mesin cerdas dan robot memiliki kemampuan untuk memperbaiki akurasi dalam melakukan tugas-tugas yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh manusia.
3. Kemudahan akses informasi: Di era digital, mesin canggih seperti komputer dan ponsel pintar memungkinkan akses mudah dan cepat terhadap informasi dan pengetahuan melalui internet.
4. Inovasi: Mesin canggih mendorong inovasi dan pengembangan teknologi baru, yang dapat membuka peluang baru bagi pengembangan produk dan layanan.
5. Meningkatkan kualitas hidup: Mesin canggih digunakan di berbagai bidang, seperti kesehatan, transportasi, dan

lingkungan, untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Contohnya, mesin canggih digunakan dalam bidang kesehatan untuk mendeteksi penyakit dan menyediakan perawatan yang lebih efektif.

6. Peningkatan keamanan: Mesin canggih dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan, baik di tempat kerja maupun di masyarakat umum. Contohnya, penggunaan kamera pengawas dapat membantu mencegah kejahatan dan mengurangi risiko keamanan.
7. Lingkungan yang lebih baik: Mesin canggih dapat membantu dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, misalnya dalam mengurangi emisi karbon dan memperbaiki manajemen limbah.

Dalam keseluruhan, mesin canggih di era digital dapat memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, mulai dari efisiensi, akurasi, kemudahan akses informasi, inovasi, peningkatan kualitas hidup, peningkatan keamanan, hingga lingkungan yang lebih baik.

9.5 Kelemahan Mesin Canggih di Era Digital

Mesin canggih di era digital juga memiliki beberapa kelemahan, meskipun telah memiliki banyak keunggulan dan kemajuan dalam teknologi. Berikut ini beberapa kelemahan mesin canggih di era digital:

1. Biaya: Mesin canggih biasanya memiliki biaya produksi dan perawatan yang lebih tinggi daripada mesin konvensional. Hal ini disebabkan oleh teknologi yang lebih kompleks, perangkat lunak yang lebih canggih, dan kebutuhan untuk perawatan yang lebih spesifik dan terencana.
2. Keamanan: Mesin canggih sering terhubung ke jaringan internet dan sistem informasi lainnya, dan hal ini dapat

menyebabkan masalah keamanan. Mesin canggih juga dapat menjadi sasaran serangan siber atau ancaman lain yang dapat mengakibatkan kerusakan atau kehilangan data.

3. Ketergantungan pada teknologi: Mesin canggih sangat bergantung pada teknologi dan perangkat lunaknya, sehingga jika ada masalah teknis atau perangkat lunak yang bermasalah, mesin dapat berhenti beroperasi secara efektif. Dalam beberapa kasus, teknisi yang terampil diperlukan untuk memperbaiki masalah teknis tersebut, dan hal ini dapat memakan waktu dan biaya yang signifikan.
4. Penggunaan sumber daya: Mesin canggih biasanya menggunakan lebih banyak sumber daya, seperti listrik dan bahan bakar, dibandingkan dengan mesin konvensional. Hal ini dapat menyebabkan dampak lingkungan yang lebih besar dan biaya operasional yang lebih tinggi.
5. Keterbatasan keterampilan dan pengetahuan: Mesin canggih memerlukan keterampilan dan pengetahuan khusus untuk mengoperasikan dan memelihara, dan hal ini dapat menjadi tantangan bagi pengguna yang tidak terlatih. Kurangnya pengetahuan dan keterampilan dapat menyebabkan kesalahan operasional dan masalah teknis yang dapat mempengaruhi kinerja dan efisiensi mesin.
6. Kesulitan dalam pengaturan dan integrasi: Mesin canggih sering memerlukan pengaturan dan integrasi yang kompleks dengan sistem lain, seperti sistem otomasi dan sistem manajemen produksi. Hal ini dapat menyebabkan kesulitan dalam mengintegrasikan mesin dengan sistem yang ada dan dapat mempengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan.

Meskipun mesin canggih memiliki kelemahan-kelemahan ini, namun teknologi yang terus berkembang dan kemajuan dalam teknologi digital terus meningkatkan kemampuan mesin dan mengurangi kelemahan-kelemahan tersebut.

9.6 Adaptasi dengan Mesin Canggih di Era Digital

Beradaptasi dengan mesin canggih di era digital adalah suatu hal yang penting untuk dilakukan karena teknologi terus berkembang dengan pesat. Berikut adalah beberapa tips untuk beradaptasi dengan mesin canggih di era digital:

1. Tingkatkan literasi digital: Pelajari tentang teknologi dan bagaimana menggunakannya dengan efektif dan aman. Terus berinovasi dan belajar hal-hal baru yang berkaitan dengan teknologi.
2. Gunakan teknologi untuk tujuan yang bermanfaat: Meskipun teknologi dapat menjadi pengalih perhatian, tetapi kita dapat menggunakannya dengan bijaksana. Gunakan teknologi untuk membantu meningkatkan produktivitas, kesehatan, dan kehidupan sosial kita.
3. Tetap berkomunikasi secara manusiawi: Meskipun teknologi telah memudahkan komunikasi jarak jauh, jangan lupa untuk tetap menjalin hubungan secara manusiawi dengan orang-orang di sekitar kita. Jangan terlalu bergantung pada teknologi sehingga kita lupa cara berinteraksi secara langsung.
4. Terus meningkatkan keterampilan: Di era digital, keterampilan yang diperlukan untuk mendapatkan pekerjaan juga semakin beragam. Teruslah mengembangkan keterampilan yang diperlukan untuk bekerja dengan mesin canggih dan teknologi lainnya.
5. Perhatikan privasi dan keamanan: Lindungi data pribadi dan jangan mudah tergiur dengan layanan gratis yang

meminta akses pada data pribadi. Pastikan kita menggunakan teknologi dengan aman dan bijaksana.

Dengan mengadopsi strategi ini, kita dapat beradaptasi dengan mesin canggih di era digital dengan lebih efektif dan efisien.

9.7 Mesin Canggih pada Bidang Pendidikan

Mesin canggih di dunia pendidikan dapat membawa dampak yang signifikan dalam cara kita belajar, mengajar, dan memperoleh pengetahuan. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang dapat digunakan dalam dunia pendidikan (Hashim, 2018):

1. **Sistem Pembelajaran Online:** Sistem pembelajaran online memungkinkan siswa untuk belajar dari jarak jauh melalui platform digital. Ini memungkinkan siswa untuk belajar dari mana saja dan kapan saja, memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar dalam pendidikan.
2. **Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR):** AR dan VR dapat digunakan untuk membuat pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menyenangkan. Misalnya, siswa dapat menggunakan VR untuk mengunjungi tempat-tempat sejarah atau tempat-tempat yang sulit diakses dalam dunia nyata.
3. **Pembelajaran Mesin:** Mesin cerdas dapat digunakan untuk menganalisis data dan menghasilkan wawasan yang dapat membantu guru dalam merancang kurikulum dan pengajaran yang lebih efektif.
4. **Internet of Things (IoT):** IoT dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat-perangkat dalam kelas dan mengumpulkan data yang dapat membantu dalam meningkatkan pengajaran dan pembelajaran.

5. Robotik: Robot dapat digunakan untuk membantu dalam pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) dengan memberikan contoh konkret tentang konsep-konsep tersebut.
6. Sistem Analisis Data: Sistem analisis data dapat membantu guru dan siswa untuk memahami tren pembelajaran, kekuatan dan kelemahan, dan memperbaiki pengajaran dan pembelajaran di masa mendatang.

Dalam keseluruhan, mesin canggih dalam dunia pendidikan dapat membantu memperluas jangkauan, membuat pengalaman belajar lebih menarik dan interaktif, membantu analisis data yang lebih baik, dan meningkatkan efektivitas pengajaran dan pembelajaran.

9.8 Mesin Canggih pada Bidang Industri

Mesin canggih memiliki peran yang sangat penting di industri modern. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang digunakan di berbagai sektor industri:

1. Robot: Robot digunakan untuk melakukan tugas-tugas yang berulang-ulang dan membantu meningkatkan produktivitas. Misalnya, robot dapat digunakan untuk memasang suku cadang, melakukan pengelasan, dan mengangkut barang.
2. Internet of Things (IoT): IoT dapat digunakan untuk menghubungkan mesin dan peralatan di pabrik, sehingga memungkinkan pengumpulan data dan analisis yang lebih baik. Hal ini membantu dalam meningkatkan efisiensi dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
3. Mesin Cerdas: Mesin cerdas dapat memantau kinerja mesin dan memberikan informasi tentang kapan perlu melakukan perawatan atau perbaikan. Hal ini membantu dalam mengurangi biaya perawatan dan downtime mesin.

4. Manufaktur Additive: Manufaktur additive, atau yang biasa dikenal sebagai pencetakan 3D, memungkinkan pembuatan prototipe dan produk dengan cepat dan efisien.
5. Pengenalan Suara dan Pemrosesan Bahasa Alami: Teknologi pengenalan suara dan pemrosesan bahasa alami dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam berbagai sektor industri. Misalnya, asisten virtual yang dapat memproses pesan suara pelanggan dan memprosesnya dengan cepat.
6. Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR): AR dan VR dapat digunakan dalam pelatihan karyawan dan simulasi lingkungan kerja. Ini dapat membantu dalam meningkatkan keamanan dan efisiensi di tempat kerja.

Dalam keseluruhan, mesin canggih memiliki peran yang sangat penting di industri modern. Mereka membantu dalam meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meningkatkan keamanan, dan meningkatkan kualitas produk.

9.9 Mesin Canggih pada Gedung/Pusat Perbelanjaan

Mesin canggih juga dapat digunakan di gedung atau pusat perbelanjaan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang dapat digunakan di gedung atau pusat perbelanjaan:

1. Sistem Otomasi Bangunan: Sistem otomasi bangunan digunakan untuk mengendalikan semua sistem dan peralatan di gedung atau pusat perbelanjaan. Hal ini meliputi sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning), pencahayaan, dan keamanan.

2. **Sistem Manajemen Energi:** Sistem manajemen energi dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan energi di gedung atau pusat perbelanjaan. Hal ini meliputi pengendalian pencahayaan dan HVAC sesuai dengan kebutuhan, dan menggunakan energi dari sumber terbarukan.
3. **Sistem Penyejuk Udara dengan Teknologi Tinggi:** Sistem penyejuk udara dengan teknologi tinggi dapat membantu dalam meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Contohnya, sistem pendingin udara dengan teknologi variable refrigerant flow (VRF) dapat mengatur suhu dengan lebih tepat dan hemat energi.
4. **Sistem Keamanan:** Sistem keamanan dapat digunakan untuk memantau gedung atau pusat perbelanjaan dan memberikan peringatan ketika terjadi masalah atau ancaman keamanan.
5. **Smart Parking:** Smart parking dapat digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan ruang parkir dan mengurangi kemacetan di area parkir.
6. **Sistem Manajemen Ritel:** Sistem manajemen ritel dapat membantu toko dan pusat perbelanjaan dalam mengatur stok, mengelola persediaan, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Dalam keseluruhan, mesin canggih dapat digunakan di gedung atau pusat perbelanjaan untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengguna. Mereka membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meningkatkan keamanan, dan meningkatkan pengalaman pengguna.

9.10 Mesin Canggih pada Kawasan Pemukiman

Mesin canggih juga dapat digunakan di kawasan pemukiman untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan penghuni. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang dapat digunakan di kawasan pemukiman:

1. **Smart Home System:** Smart home system digunakan untuk mengendalikan semua sistem dan peralatan di dalam rumah. Hal ini meliputi sistem HVAC, pencahayaan, keamanan, dan peralatan rumah tangga lainnya. Dengan smart home system, penghuni dapat mengendalikan rumah mereka dari jarak jauh melalui smartphone atau tablet.
2. **Sistem Penerangan Jalan dengan Teknologi LED:** Sistem penerangan jalan dengan teknologi LED dapat membantu dalam mengurangi penggunaan energi dan biaya operasional. Teknologi LED juga memberikan cahaya yang lebih terang dan merata, meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.
3. **Sistem Transportasi Otomatis:** Sistem transportasi otomatis dapat digunakan untuk mengurangi kemacetan dan waktu perjalanan dalam kawasan pemukiman. Contohnya, shuttle bus atau kereta kecil yang beroperasi secara otomatis dapat membantu penghuni untuk bergerak dengan lebih cepat dan efisien.
4. **Sistem Keamanan:** Sistem keamanan dapat digunakan untuk memantau kawasan pemukiman dan memberikan peringatan ketika terjadi masalah atau ancaman keamanan. Sistem keamanan seperti CCTV dan pengenalan wajah dapat membantu meningkatkan keamanan penghuni.
5. **Smart Waste Management:** Smart waste management dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengumpulan sampah dan mengurangi jumlah sampah yang dihasilkan.

Hal ini meliputi sistem pengumpulan sampah otomatis, pengolahan sampah organik menjadi pupuk, dan daur ulang sampah.

Dalam keseluruhan, mesin canggih dapat digunakan di kawasan pemukiman untuk meningkatkan efisiensi, kenyamanan, dan keamanan penghuni. Mereka membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup penghuni.

9.11 Mesin Canggih pada Kawasan Perkotaan

Mesin canggih dapat memberikan banyak manfaat bagi kawasan perkotaan, dimana penggunaan teknologi yang tepat dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kenyamanan. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang dapat digunakan di kawasan perkotaan:

1. **Transportasi Publik Cerdas:** Mesin canggih seperti kereta api dan bus cerdas dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas, waktu perjalanan, dan biaya transportasi. Contohnya, kereta api atau bus cerdas dapat mengoptimalkan rute dan jadwal perjalanan mereka berdasarkan permintaan dan kondisi lalu lintas terkini.
2. **Sistem Penerangan Jalan dengan Teknologi LED:** Sistem penerangan jalan dengan teknologi LED dapat membantu mengurangi penggunaan energi dan biaya operasional. Teknologi LED juga memberikan cahaya yang lebih terang dan merata, meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna jalan.
3. **Sistem Pemantauan Kualitas Udara:** Sistem pemantauan kualitas udara dapat digunakan untuk memantau polusi udara di kawasan perkotaan dan memberikan peringatan jika terjadi pencemaran udara. Hal ini dapat membantu

dalam mengurangi risiko kesehatan dan meningkatkan kualitas udara di kawasan perkotaan.

4. Sistem Pengelolaan Sampah Cerdas: Sistem pengelolaan sampah cerdas dapat membantu dalam mengoptimalkan pengumpulan dan pengolahan sampah. Hal ini meliputi pengumpulan sampah otomatis, pengolahan sampah organik menjadi pupuk, dan daur ulang sampah.
5. Smart Building Automation: Smart building automation dapat digunakan untuk mengendalikan semua sistem dan peralatan di gedung atau kawasan perkotaan. Hal ini meliputi sistem HVAC, pencahayaan, dan keamanan.
6. Sistem Keamanan: Sistem keamanan dapat digunakan untuk memantau kawasan perkotaan dan memberikan peringatan ketika terjadi masalah atau ancaman keamanan. Sistem keamanan seperti CCTV dan pengenalan wajah dapat membantu meningkatkan keamanan kawasan perkotaan.

Dalam keseluruhan, mesin canggih dapat digunakan di kawasan perkotaan untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, kenyamanan, dan keamanan. Mereka membantu dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan kualitas hidup warga kota.

9.12 Mesin Canggih pada Pusat Kesehatan

Mesin canggih memiliki peran yang penting di pusat kesehatan atau rumah sakit untuk meningkatkan kualitas perawatan pasien dan efisiensi operasional (Gopal et al., 2019). Berikut beberapa contoh mesin canggih yang dapat digunakan di pusat kesehatan atau rumah sakit:

1. Sistem Informasi Kesehatan Elektronik (EHR): EHR adalah sistem komputerisasi yang digunakan untuk merekam dan mengakses catatan kesehatan pasien secara elektronik.

Dengan menggunakan EHR, data medis pasien dapat diakses secara instan dan akurat, sehingga memudahkan koordinasi perawatan antara dokter, perawat, dan staf medis.

2. Robot Pelayan: Robot pelayan dapat digunakan untuk membantu staf medis dalam menjalankan tugas-tugas seperti membersihkan kamar pasien, mengantar makanan dan obat-obatan, dan memantau kondisi pasien. Hal ini membantu mengurangi waktu yang diperlukan oleh staf medis untuk melakukan tugas-tugas ini sehingga mereka dapat lebih fokus pada perawatan pasien.
3. Sistem Monitor Pasien: Sistem monitor pasien dapat digunakan untuk memantau kondisi pasien secara terus-menerus, termasuk detak jantung, tekanan darah, dan kadar oksigen dalam darah. Hal ini membantu dokter dan perawat untuk mengambil tindakan medis segera jika diperlukan.
4. Sistem Pembayaran Otomatis: Sistem pembayaran otomatis dapat digunakan untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan oleh pasien untuk melakukan pembayaran dan mengurangi antrian di loket pendaftaran. Sistem ini juga memudahkan staf administrasi untuk mengelola data keuangan pasien.
5. Sistem Sterilisasi Otomatis: Sistem sterilisasi otomatis dapat digunakan untuk membersihkan peralatan medis dengan cepat dan efektif. Hal ini membantu mengurangi risiko infeksi dan mempercepat waktu yang dibutuhkan untuk mengolah peralatan medis.

Dalam keseluruhan, mesin canggih dapat membantu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kualitas perawatan pasien di pusat kesehatan atau rumah sakit. Mereka juga dapat membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas staf medis.

9.13 Mesin Canggih pada Bidang Transportasi

Mesin canggih juga memainkan peran penting di bidang transportasi. Berikut adalah beberapa contoh mesin canggih yang digunakan dalam transportasi:

1. Mobil otonom: Mobil otonom atau kendaraan tanpa pengemudi telah menjadi topik hangat dalam beberapa tahun terakhir. Mobil otonom menggunakan teknologi canggih seperti sensor dan sistem navigasi yang memungkinkan mobil untuk mengemudi sendiri tanpa bantuan pengemudi manusia. Hal ini dapat membantu mengurangi risiko kecelakaan, mengurangi kemacetan lalu lintas, dan meningkatkan efisiensi transportasi.
2. Sistem Transportasi Cerdas: Sistem transportasi cerdas adalah sistem yang terintegrasi untuk mengelola transportasi umum dan individual dalam kota. Sistem ini mencakup pengelolaan lalu lintas, sistem parkir, dan integrasi dengan transportasi umum seperti kereta bawah tanah dan bus. Hal ini dapat membantu meningkatkan efisiensi transportasi, mengurangi kemacetan, dan mengurangi emisi gas rumah kaca.
3. Mesin Pesawat Terbaru: Industri penerbangan terus mengembangkan mesin terbaru dengan teknologi canggih yang mengurangi emisi dan meningkatkan efisiensi bahan bakar. Misalnya, mesin pesawat Pratt & Whitney PurePower Geared Turbofan memungkinkan pesawat menggunakan 16% bahan bakar lebih sedikit daripada mesin sejenis lainnya. Ini membantu mengurangi emisi dan biaya operasional bagi maskapai penerbangan.
4. Sistem Pemantauan Kendaraan: Sistem pemantauan kendaraan menggunakan teknologi canggih untuk memantau kondisi kendaraan dan memberikan notifikasi jika ada masalah yang perlu diperbaiki. Hal ini membantu mengurangi risiko kegagalan mesin atau kerusakan

kendaraan dan membantu mempertahankan keamanan pada jalan raya.

Dalam keseluruhan, mesin canggih memainkan peran penting dalam mengurangi risiko kecelakaan, meningkatkan efisiensi transportasi, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Mereka juga membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas dalam industri transportasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Boast, R. (2016). *THE MACHINE IN THE GHOST*. Reaktion Books ltd.
- Gopal, G., Suter-Crazzolaro, C., Toldo, L., & Eberhardt, W. (2019). Digital transformation in healthcare - Architectures of present and future information technologies. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 57(3), 328–335. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-0658>
- Hashim, H. (2018). Application of Technology in the Digital Era Education. *International Journal of Research in Counseling and Education*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.24036/002za0002>
- United Nations ECLAC. (2022). *Digital technologies for a new future*. United Nations publication.

BIODATA PENULIS



Aminatus Sa'diyah, S.Si., M.T.

Staf Dosen Jurusan Teknik Permesinan Kapal
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Penulis menyelesaikan pendidikan magister di Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2014, dan sarjana di Jurusan Fisika Universitas Airlangga pada tahun 2012. Saat ini aktif mengajar sebagai dosen di Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya sejak 2015. Aktif melakukan penelitian di bidang Energi Terbarukan, khususnya Analisis Dampak Penerapan Bioteknologi pada ekologi dan lingkungan. Mengampu mata kuliah Fisika Terapan, Termodinamika dan Perpindahan Panas pada jurusan Teknik Permesinan Kapal. Bidang penelitian yang ditekuni adalah energi terapan untuk industri dan rumah tangga, Teknologi Energi Terbarukan, serta Manajemen Energi. Saat ini aktif menulis artikel ilmiah baik jurnal nasional maupun Internasional.

BIODATA PENULIS



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

Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
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 sebagai karyawan 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*. Dan beberapa telah dijurnalkan selain itu penulis juga melakukan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.

BIODATA PENULIS

Ir. Zainal Sudirman, ST., MT.

Dosen Program Studi Teknik Perawatan Mesin

Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng

Penulis lahir di Rappang tanggal 20 April 1991. Penulis adalah dosen pada Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Akademi Komunitas Industri Manufaktur Bantaeng. Menyelesaikan pendidikan D3 pada Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Ujung Pandang, melanjutkan S1 pada Jurusan Teknik Industri di Universitas Muslim Indonesia, Program Profesi Insinyur di Universitas Hasanuddin dan S2 pada Jurusan Teknik mesin di Universitas Hasanuddin. Penulis sekarang menekuni bidang metalurgi.

BIODATA PENULIS

Ir. Wenny Marthiana, M.T.

Dosen Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta

Penulis lahir di Palembang tanggal 29 Maret 1968. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dan Melanjutkan Pendidikan S2 pada Jurusan Teknik Mesin.

BIODATA PENULIS



Ir. Badaruddin Anwar, S.Pd., M.Pd.
Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Cikowang tanggal 15 Agustus 1975. Penulis adalah Dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Makassar tahun 2000 dan menyelesaikan S2 Kependidikan di Universitas yang sama pada tahun 2005, menyelesaikan pendidikan profesi Insinyur di Universitas Muslim Indonesia, Makassar pada tahun 2017.

Mata kuliah yang diajarkan antara lain: Pengujian dan Pemeriksaan Bahan, Pengetahuan Bahan Teknik, Praktik Mesin Perkakas, serta Pengujian Las.

BIODATA PENULIS



Nur Fuadah, S.T.,M.T

Dosen Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik

Penulis lahir di Pangkajene tanggal 3 Desember 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Sawerigading Makassar. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Mesin dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin. Buku ini membahas tentang bahan dan pengolahan yang meliputi sejarah perkembangan bahan dan bagaimana pengolahannya, sehingga dapat dimanfaatkan oleh manusia.

BIODATA PENULIS



Ir. Sepriandi Parningotan, S.T., M.T.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Bina Sarana
Informatika

Penulis lahir di Jakarta tanggal 07 September 1994. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Bina Sarana Informatika. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Teknik Industri di Universitas Gunadarma, pendidikan pada jenjang Profesi dengan Jurusan Profesi Insinyur di Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Mesin dengan Konsentrasi Manajemen & Rekayasa Sistem Manufaktur di Universitas Gunadarma. Penulis menekuni bidang Menulis dengan menulis artikel pada Jurnal Nasional maupun Internasional Bereputasi dan Terakreditasi. Dalam dunia praktisi, Penulis dipercaya untuk menjabat sebagai Supply Chain Manager pada Perusahaan Swasta.

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



Fahmy Rinanda Saputri, S.T., M.Eng.

Dosen Program Studi Teknik Fisika
Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Multimedia
Nusantara

Penulis lahir pada bulan Agustus 1993 di Cilacap. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Fisika Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada dan melanjutkan studi pada Program Magister Teknik Fisika Universitas Gadjah Mada. Penulis menekuni bidang instrumentasi, fisika bangunan, dan energi baru terbarukan.