



Pengantar **TEKNIK INDUSTRI**



Nofriani Fajrah, Widya Laila, Achmad Alfian, Merisha Hastarina & Bayu Wahyudi,
Y Dicka Pratama & Theresia Sunarni, Riri Nasirly, Ari Andriyas Puji,
Christofora Desi Kusmindari, Dimaz Harits, Fadli Arsi & Resy Kumala Sari, Dominikus Budiarto,
Vera Methalina Afma & Siti Wardah, Melliana, Ansarullah Lawi,
Heri Setiawan, Zayyinul Hayati Zen

Pengantar TEKNIK INDUSTRI

Nofriani Fajrah, Widya Laila, Achmad Alfian, Merisha Hastarina & Bayu Wahyudi,
Y Dicka Pratama & Theresia Sunarni, Riri Nasirly, Ari Andriyas Puji,
Christofora Desi Kusmindari, Dimaz Harits, Fadli Arsi & Resy Kumala Sari, Dominikus Budiarto,
Vera Methalina Afma & Siti Wardah, Melliana, Ansarullah Lawi,
Heri Setiawan, Zayyinul Hayati Zen



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

Tim Penulis:

**Nofriani Fajrah, Widya Laila, Achmad Alfian, Merisha Hastarina, & Bayu Wahyudi,
Y Dicka Pratama & Theresia Sunarni, Riri Nasirly, Ari Andriyas Puji, Christofora Desi Kusmindari,
Dimaz Harits, Fadli Arsi & Resy Kumala Sari, Dominikus Budiarto,
Vera Methalina Afma & Siti Wardah, Melliana, Ansarullah Lawi, Heri Setiawan, Zayyinul Hayati Zen.**

Desain Cover:

Septian Maulana

Sumber Ilustrasi:

www.freepik.com

Tata Letak:

**Handarini Rohana
Neneng Sri Wahyuni**

Editor:

Ansarullah Lawi

ISBN:

978-623-459-645-8

Cetakan Pertama:

Agustus, 2023

Hak Cipta Dilindungi Oleh Undang-Undang

by Penerbit Widina Media Utama

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT:

WIDINA MEDIA UTAMA

Komplek Puri Melia Asri Blok C3 No. 17 Desa Bojong Emas
Kec. Solokan Jeruk Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat

Anggota IKAPI No. 360/JBA/2020

Website: www.penerbitwidina.com

Instagram: @penerbitwidina

Telepon (022) 87355370

Kata Pengantar

Rasa syukur yang teramat dalam dan tiada kata lain yang patut kami ucapkan selain mengucap rasa syukur. Karena berkat rahmat dan karunia Tuhan Yang Maha Esa, buku yang berjudul Pengantar Teknik Industri telah selesai di susun dan berhasil diterbitkan, semoga buku ini dapat memberikan sumbangsih keilmuan dan penambah wawasan bagi siapa saja yang memiliki minat terhadap pembahasan Pengantar Teknik Industri.

Buku ini merupakan salah satu wujud perhatian penulis terhadap Pengantar Teknik Industri. Teknik Industri atau Industrial Engineering merupakan salah satu rumpun ilmu rekayasa dengan tanggung jawab untuk melaksanakan perancangan, perbaikan dan penerapan sistem terintegrasi yang terdiri atas orang, bahan baku, perlengkapan dan peralatan, energi, dan informasi dalam melakukan transformasi untuk menghasilkan luaran yang memiliki nilai ekonomis.

Teknik Industri telah berkembang selama abad terakhir sebagai profesi yang luas karena berkaitan dengan merancang sistem yang efektif dan mengembangkan proses terbaik dengan tujuan mengintegrasikan sumber daya manusia, mesin dan material untuk meningkatkan efektivitas organisasi secara keseluruhan dan memberikan produk dan layanan kepada konsumen. Fokusnya adalah pada sistem manufaktur tetapi sistem lain di bidang-bidang seperti transportasi, komunikasi, keuangan, dll. dianggap penting. Disiplin Teknik Industri memungkinkan fasilitas teknik antarmuka dan operasinya untuk mengubah sumber daya menjadi produk dan layanan, yang pada gilirannya dikirimkan ke konsumen. Teknik Industri mengaplikasikan keilmuan dasar matematika dan sains untuk merancang suatu sistem yang terintegrasi agar dapat menghasilkan produk dengan biaya yang layak dengan nilai produk yang ditawarkan.

Akan tetapi pada akhirnya kami mengakui bahwa tulisan ini terdapat beberapa kekurangan dan jauh dari kata sempurna, sebagaimana pepatah menyebutkan “tiada gading yang tidak retak” dan sejatinya kesempurnaan hanyalah milik tuhan semata. Maka dari itu, kami dengan senang hati secara terbuka untuk menerima berbagai kritik dan saran dari para pembaca sekalian, hal tersebut tentu sangat diperlukan sebagai bagian

dari upaya kami untuk terus melakukan perbaikan dan penyempurnaan karya selanjutnya di masa yang akan datang.

Terakhir, ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan turut andil dalam seluruh rangkaian proses penyusunan dan penerbitan buku ini, sehingga buku ini bisa hadir di hadapan sidang pembaca. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pihak dan dapat memberikan kontribusi bagi pembangunan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Agustus, 2023

Tim Penulis

DAFTAR ISI

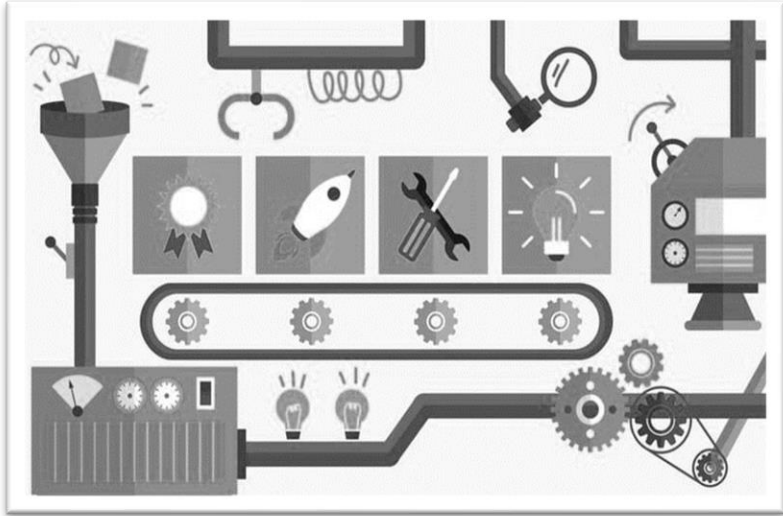
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 PENGENALAN TEKNIK INDUSTRI	1
A. Pendahuluan	2
B. Sejarah Teknik Industri	3
C. Definisi Teknik Industri	6
D. Perkembangan Global Teknik Industri	9
E. Pendekatan Yang Digunakan Oleh Teknik Industri	14
F. Teknik Yang Digunakan Oleh Teknik Industri	17
G. Pendekatan Sistem	19
H. Rangkuman Materi	20
BAB 2 (BAGIAN A) MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI	23
A. Pendahuluan	24
B. Aplikasi Matematika Dalam Dunia Industri	25
C. Rangkuman Materi	29
BAB 2 (BAGIAN B) MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI	31
A. Pendahuluan	32
B. Beberapa Istilah Dalam Statistika	33
C. Statistika Deskriptif (Descriptive Statistics)	35
D. Rangkuman Materi	41
BAB 3 MATERIAL DAN MANUFAKTUR	45
A. Pendahuluan	46
B. Material	46
C. Manufaktur	50
D. Rangkuman Materi	57
BAB 4 SISTEM PRODUKSI DAN OPERASI	61
A. Pendahuluan	62
B. Definisi dan Konsep Sistem Produksi dan Operasi	63
C. Klasifikasi Sistem Produksi	66
D. Perancangan Sistem Produksi	68

E. Perencanaan dan Pengendalian Operasi.....	71
F. Perencanaan Produk Unggul	73
G. Manajemen Kualitas	75
H. Rangkuman Materi	77
BAB 5 SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER	81
A. Pendahuluan.....	82
B. Pengantar Sistem Informasi dan Komputer	83
C. Data, Informasi dan Pengetahuan	84
D. Komponen Sistem Informasi Berbasis Komputer.....	86
E. Manfaat Sistem Informasi dan Komputer	93
F. Penerapan Sistem Informasi dan Komputer Dalam Berbagai Bidang.....	95
G. Tantangan Dalam Implementasi Sistem Informasi dan Komputer.....	98
H. Rangkuman Materi	99
BAB 6 MANAJEMEN DAN PERENCANAAN	103
A. Sejarah Manajemen.....	104
B. Manajemen Modern.....	106
C. Pengertian Manajemen	107
D. Dasar Manajemen	108
E. Sumberdaya Organisasi	109
F. Fungsi Manajemen	111
G. Top Management	113
H. Middle Management	114
I. Lower Management	115
J. Formasi Kebijakan Manajemen	116
K. Fungsi Operasional Manajemen	116
L. Rangkuman Materi	119
BAB 7 TEKNIK ERGONOMI DAN KEAMANAN KERJA.....	123
A. Pengertian Ergonomi	124
B. Ergonomi Hazard	125
C. Evaluasi, Rekomendasi & Pengendalian Gotrak	126
D. Contoh-Contoh Desain Pengendalian Resiko	

Gangguan Otot Rangka.....	133
E. Rangkuman Materi	135
BAB 8 REKAYASA BIOMEDIS	139
A. Pendahuluan.....	140
B. Biomedis	143
C. Rekayasa Biomedis	144
D. Pengantar Pengembangan Produk Biomedis	148
E. Desain Simulasi Peralatan dan Sistem Medis.....	153
F. Rangkuman Materi	159
BAB 9 SISTEM ENERGI DAN LINGKUNGAN	163
A. Pendahuluan.....	164
B. Definisi dan Konsep Dasar	164
C. Jenis-Jenis Sistem Energi	165
D. Interaksi Sistem Energi Dengan Lingkungan.....	167
E. Peran Sistem Energi Dalam Pembangunan dan Lingkungan	168
F. Peran Teknologi Dalam Sistem Energi dan Lingkungan.....	169
G. Efisiensi Energi dan Konservasi.....	170
H. Integrasi Sistem Energi dan Lingkungan	172
I. Studi Kasus	173
J. Rangkuman Materi	175
BAB 10 TEKNOLOGI ROBOTIKA	181
A. Pendahuluan.....	182
B. Definisi Robot	183
C. Sejarah Perkembangan Robot	184
D. Jenis-Jenis Robot	186
E. Elemen Dalam Sistem Robot Industri	189
F. Aplikasi Robot Dalam Industri	192
G. Desain dan Pengembangan Robot	193
H. Pemrograman Robot	196
I. Cara Kerja Robot	198
J. Teknologi Dalam Robot	200
K. Dampak Robot Pada Masyarakat dan Ekonomi	201
L. Rangkuman Materi	203

BAB 11 SISTEM TRANSPORTASI DAN DISTRIBUSI	207
A. Definisi Model Transportasi	208
B. Metode Northwest-Corner Pada Masalah Transportasi	210
C. Metode Least-Cost Pada Masalah Transportasi	212
D. Metode Vogel Approximation Pada Masalah Transportasi	214
E. Rangkuman Materi	216
BAB 12 MANAJEMEN KEUANGAN DAN EKONOMI TEKNIK	219
A. Pendahuluan	220
B. Akuntansi	221
C. Akuntansi Biaya	224
D. Ekonomi Teknik	225
E. Faktor Bunga	227
F. Permasalahan CCTV Dengan Perhitungan Nilai Sekarang	231
G. Rangkuman Materi	234
BAB 13 ETIKA DAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL	239
A. Pendahuluan	240
B. Pentingnya Etika dan Tanggung Jawab Sosial Dalam Teknik Industri	240
C. Etika Dalam Teknik Industri: Apa Artinya?	241
D. Contoh Dilema Etika Yang Dihadapi Oleh Insinyur Teknik Industri	242
E. Pentingnya Tanggung Jawab Sosial Pada Teknik Industri	244
F. Bagaimana Insinyur Teknik Industri Dapat Berkontribusi Kepada Masyarakat	245
G. Studi Kasus Teknik Industri Yang Bertanggung Jawab Secara Sosial	246
H. Peran Insinyur Teknik Industri Pada Sustainability	247
I. Manfaat Dari Teknik Industri Yang Beretika dan Bertanggung Jawab Secara Sosial	248
J. Tantangan Yang Dihadapi Dalam Menerapkan Praktik-Praktik Yang Beretika dan Bertanggung Jawab Secara Sosial Dalam Teknik Industri	249
K. Dampak Perkembangan Teknologi Artificial Intelligence Terhadap Etika dan Tanggung Jawab Sosial	250

L. Rangkuman Materi	252
BAB 14 PENGEMBANGAN KARIR DI TEKNIK INDUSTRI	261
A. Pendahuluan	262
B. Perubahan Pola Pikir	263
C. Perkembangan Keilmuan Teknik Industri	266
D. Industri 4.0, Society 5.0 dan Kaitannya Dengan Keilmuan Teknik Industri	267
E. Perkembangan Pendidikan Tinggi Teknik Industri di Indonesia	270
F. Perkembangan Karir di Teknik Industri	271
G. Rangkuman Materi	275
BAB 15 TANTANGAN DAN PELUANG MASA DEPAN TEKNIK	283
A. Pendahuluan	284
B. Apa Itu Teknik?	284
C. Ruang Lingkup Teknik	286
D. Tantangan dan Peluang Masa Depan Teknik	288
E. Tantangan dan Peluang Masa Depan Teknik Industri di Era Revolusi Industri 4.0	300
F. Rangkuman Materi	301
GLOSARIUM	304
PROFIL PENULIS	312



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 1: PENGENALAN TEKNIK INDUSTRI

Nofriani Fajrah, S.T., M.T.

Universitas Putera Batam

BAB 1

PENGENALAN TEKNIK INDUSTRI

Tujuan Instruksional Umum:

Mahasiswa diharapkan mampu memahami sejarah dan ruang lingkup teknik industri dan penerapannya dalam sistem yang terintegrasi

Tujuan Instruksional Khusus:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan definisi teknik industri
2. Mahasiswa mampu mengidentifikasi ruang lingkup dan prinsip-prinsip teknik industri
3. Mahasiswa mampu menerapkan konsep teknik industri dalam menyelesaikan permasalahan pada sistem yang terintegrasi

A. PENDAHULUAN

Bagian ini akan memaparkan terkait sejarah, latar belakang, konsep dan ruang lingkup teknik industri terhadap penerapannya dalam sistem terintegrasi untuk meningkatkan produktivitas dan pemecahan masalah. Sejarah Teknik Industri tidak lepas dari permasalahan produksi yang muncul pada zaman pra Yunani kuno, saat manusia memanfaatkan batu sebagai peralatan, yang kemudian terus melakukan perbaikan secara berkelanjutan agar dapat meningkatkan produktivitas. Pada bagian pendahuluan ini akan dijelaskan tentang perkembangan ilmu Teknik Industri dan definisinya serta bidang ilmu yang mendukungnya.

B. SEJARAH TEKNIK INDUSTRI

Sejarah awal Teknik Industri sebenarnya sebagai salah satu orang pertama yang berfokus kepada produksi yang efisien yaitu Adam Smith pada tahun 1776. Adam Smith menulis di bukunya *The Wealth of Nation* tentang spesialisasi pekerja dengan mengemukakan konsep rekayasa proses produksi untuk meningkatkan efisiensi pemberdayaan pekerja (Amri, 2014). Hal inilah yang menjadi pelopor pondasi disiplin ilmu Teknik Industri. Menurut Adam Smith terdapat 3 kelebihan yang didapatkan dari spesialisasi pekerja yaitu (Ginting, 2021):

- a. Peningkatan kemampuan pekerja, jika dilakukan secara repetitif dalam rentang waktu tertentu
- b. Penghematan waktu proses yang biasanya mengalami *downtime* karena pergantian pekerjaan
- c. Efektifitas proses dimana dapat mengerjakan pekerjaan yang lain dari pekerjaan yang lain

Berdasarkan hasil penelusuran Adam Smith ditemukan mesin atau peralatan spesial/spesifik dengan menggabungkan ketiga keuntungan di atas maka dapat menghasilkan efisiensi dalam suatu perusahaan yang menyediakan *division of labor* karena biaya yang lebih rendah dan peningkatan *output* produksi.

Kemudian Charles Babbage menjadi seorang pelopor dalam mengembangkan konsep teknik industri yang mengemukakan pentingnya alokasi pekerjaan untuk meningkatkan produktivitas yang ditulis pada bukunya *On Economy of Machinery and Manufacturers* (1832). Charles Babbage melakukan penelitian terhadap proses produksi lebih mendalam dimana diketahui bahwa pada proses produksi produk ditemukan kondisi pemborosan dari aspek utilitas mesin dan sumber daya manusia. Pada bukunya, beliau menjelaskan permasalahan perusahaan dalam memanfaatkan mesin dan mengelola sumber daya manusia untuk menghasilkan produksi dengan efisien dan efektif perusahaan menggunakan metode ilmiah (mengkombinasikan faktor produksi sehingga meningkatkan produksi dan biaya produksi rendah). Charles Babbage mendukung hasil penemuan Adam Smith (*Division of Labor*), ia meluncurkan *Limiting Skill* sebagai dasar untuk pembayaran upah pekerja.

Limiting Skill menunjukkan bahwa kemampuan pekerja dan rentang waktu yang dibutuhkan untuk pekerja harus ditentukan berdasarkan penelusuran yang ilmiah (*Skill and Time Studies*). Charles Babbage melakukan penelitian terkait *time studies* produksi peniti untuk menentukan waktu produksi dan menghasilkan konsep *fair day's wage for a fair day's work* (upah yang layak untuk kerja yang layak). Kemudian perkembangan berikutnya Henry Towne (1886) mengemukakan tentang insinyur fokus juga terhadap aspek profitabilitas dari alternatif keputusan yang ditulis dalam *The Engineers as Economist* pada *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers* (Amri, 2014).

Berdasarkan beberapa pendahulu di atas, Frederick Winslow Taylor muncul sebagai Bapak Teknik Industri yang diawali pada tahun 1874 beliau bekerja sebagai mekanik di perusahaan hidraulik. Selanjutnya, tahun 1881 ia bekerja sebagai pengawas di pabrik baja milik Amerika Serikat dengan menghasilkan konsep *Scientific Management* dibidang Engineering yang bertanggung jawab terkait perancangan, pengukuran, perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kerja. Pada tahun tersebut Taylor meneliti aktivitas pemotongan baja selama 25 tahun yang dipublikasikan pada *Transaction of The American Society of Mechanical Engineers* (1907). Taylor melakukan upaya untuk perbaikan metode kerja, mengurangi waktu kerja dan mengembangkan standar kerja serta peningkatan efisiensi dan produktivitas. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Taylor dengan mengukur waktu kerja menggunakan jam henti (*stopwatch*) dan menjadi awal perkembangan ilmu Data Waktu Baku, Data Waktu Gerakan dan Sampling Pekerjaan (Amri, 2014).

Selanjutnya Frank B. Gilberth tahun 1868 mengenalkan analisis gerakan yang disebut dengan *Micromotion Studies* pada *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). Gilberth mengeluarkan rumusan elemen gerakan dasar sebanyak 17 gerakan dan perbaikan-perbaikan yang dilakukan. Dengan dukungan dari Lilian yang seorang Psikolog, Gilberth melakukan riset terhadap gerakan-gerakan kerja dengan menggunakan kamera film untuk perekaman dan dipelajari hasil kecepatan putar. Hasil penelitian tersebut ditemukan metode untuk menganalisis gerakan kerja dan perbaikan yang dibutuhkan. Metode tersebut dilakukan dengan membagi gerakan kerja menjadi elemen gerakan dasar dari bagian suatu

gerakan utama, seperti gerakan mengambil gelas terdiri atas gerakan menjangkau (*Reach-R*), gerakan memegang (*Grasp-G*), dan gerakan mengangkut (*Move-M*). Prinsip dari pengembangan 17 elemen gerakan tersebut untuk memperoleh suatu sistem kerja yang dirancang dengan baik sehingga memudahkan dan memberikan kenyamanan gerakan-gerakan kerja untuk sebaik mungkin menghindari atau memperlambat timbulnya kelelahan (*fatigue*) (Ginting, 2021).

Selanjutnya Henry Grantt juga turut mengembangkan disiplin ilmu Teknik Industri dengan mengembangkan metode penjadwalan rencana kerja. Tahun 1930 dengan menerbitkan buku dasar ekonomi teknik dengan membahas pengambilan keputusan di bidang *engineering* terhadap aspek finansial sebagai indikator alternatif keputusan yang dipelajari oleh mahasiswa di Fakultas Teknik Amerika Serikat.

Berikut ini sejarah singkat perkembangan Disiplin Teknik Industri (Amri, 2014):

1. Pada tahun 1936 *The Tailor Society* dan *The Society of Industrial Engineering* bersatu menjadi *The Society for Advancement Management* (SAM).
2. Pada tahun 1908 Program Studi Teknik Industri pertama kali dibuka di Pennsylvania State University.
3. Pada tahun 1948 berdiri *The American Society of Industrial Engineering* yang didukung kurang lebih 70 negara AIIE kemudian berkembang menjadi organisasi skala internasional dengan nama *Institute of Industrial Engineering* (IIE).
4. Pada tahun 1958 Pendidikan Teknik Industri pertama kali diperkenalkan di Indonesia oleh Bapak Matthias Aroef setelah selesai studi di Cornell University.
5. Pada tahun 1960 dibuka sub jurusan Teknik Produksi di jurusan Teknik Mesin sebagai awal berdirinya jurusan Teknik Industri.
6. Pada tahun 1967 kemudian berdiri Persatuan Ahli Teknik Industri (Persati).
7. Pada tahun 1971 telah berdiri jurusan Teknik Industri setelah berpisah dari jurusan Teknik Mesin kemudian menjadi awal studi Teknik Industri di Indonesia.

8. Pada tahun 1981 berdasarkan keputusan seluruh anggota AIEE menyetujui nama organisasi profesi ini menghapus kata American menjadi IEE (*Institute of Industrial Engineering*).
9. Pada tahun 1987 berdiri ISTMI (Ikatan Sarjana Teknik Industri dan Manajemen Industri Indonesia) hingga saat ini.
10. Beberapa tokoh lainnya yang ikut berkontribusi dalam landasan pengembangan Teknik Industri seperti L.P. Alford, Arthur C. Anderson, W. Edward Deming, Eugene L. Grant, Robert Hoxie, Joseph Juran, Marvin E. Mundel dan Walter Shewart.

C. DEFINISI TEKNIK INDUSTRI

Teknik Industri atau *Industrial Engineering* merupakan salah satu rumpun ilmu rekayasa dengan tanggung jawab untuk melaksanakan perancangan, perbaikan dan penerapan sistem terintegrasi yang terdiri atas orang, bahan baku, perlengkapan dan peralatan, energi, dan informasi dalam melakukan transformasi untuk menghasilkan luaran yang memiliki nilai ekonomis (Badiru, 2019). Teknik Industri juga memperkenalkan beberapa khazanah bidang ilmu seperti ilmu manajemen, kebijakan publik, agribisnis, sistem informasi, teknik mesin, teknik elektro, teknik kimia dan ilmu bidang rekayasa lainnya. Menurut Undang Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang perindustrian menjelaskan industri adalah seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang mempunyai nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri (Undang-Undang, 2014). Teknik Industri menentukan metode yang paling efektif untuk mengolah masukan sistem dari orang, bahan baku, perlengkapan dan peralatan, informasi dan energi untuk membuat produk atau menyediakan layanan. Seorang teknik industri sangat memperhatikan peningkatan produktivitas yang diukur dari pengelolaan masukan terhadap luaran yang dihasilkan. Seorang teknik industri mempelajari persyaratan produk dan merancang sistem yang terintegrasi untuk memenuhi persyaratan tersebut. Teknik Industri juga disebutkan sebagai bidang yang bertugas dalam hal desain, instalasi, dan peningkatan sistem terpadu dari orang, bahan baku, informasi, peralatan, dan energi dengan memanfaatkan pengetahuan dan keterampilan khusus

dalam ilmu matematika, fisik, dan sosial, bersama dengan prinsip-prinsip dan metode analisis dan desain teknik untuk menentukan, memprediksi, dan mengevaluasi hasil yang akan diperoleh dari sistem tersebut (Badiru, 2019).

Menurut kamus Merriam-Webster, IE berkaitan dengan desain, perbaikan, dan pemasangan sistem terintegrasi (seperti orang, material, dan energi) di industri. IE modern berkaitan dengan desain, manajemen, dan kontrol proses operasional. Untuk tujuan itu, IE menggabungkan pengetahuan klasik dalam fisika, matematika, komputasi, dan statistik dengan alat untuk menggabungkan faktor manusia, ergonomi, sosiologi, dan psikologi. Misalnya, dalam desain cabang bisnis baru, insinyur industri merencanakan paket pekerjaan dan alokasinya kepada operator. Insinyur industri juga merancang posisi kerja menggunakan pengetahuan mereka tentang ergonomi, perencanaan tata letak fasilitas, dan perencanaan kerja yang efisien (Shtub & Cohen, 2016).

Teknik Industri memperhatikan keseimbangan *trade-off* terbaik antara waktu, biaya, kualitas, dan kinerja. Insinyur industri menemukan cara untuk memajukan organisasi dengan mencapai tujuan yang optimal. Kurikulum teknik industri mempersiapkan siswa untuk merancang, mengembangkan, menerapkan, dan meningkatkan sistem terintegrasi orang, bahan, informasi, peralatan, energi, dan sumber daya lainnya. Insinyur industri bekerja dan berkembang di hampir setiap sektor ekonomi, baik di pemerintahan, bisnis, industri, militer, dan pendidikan. Insinyur industri menggunakan alat dan teknik yang terintegrasi dan sistematis dari alam analitis, komputasi, dan eksperimental. Teknik industri menggunakan pendekatan pemikiran sistem, membantu menjawab dan menyelesaikan persoalan dengan perspektif sistem berkembang pada pendekatan teknik industri. Seseorang tidak dapat memperlakukan topik teknik industri secara efektif tanpa mengenali perspektif sistem, dan sebaliknya. Salah satu definisi umum teknik industri menyatakan seseorang yang fokus dengan desain, instalasi, dan peningkatan suatu sistem yang terintegrasi dari orang, bahan baku, informasi, peralatan, dan energi dengan memanfaatkan pengetahuan dan keterampilan khusus dari bidang ilmu matematika, fisik, dan sosial, bersama dengan prinsip-prinsip dan metode analisis dan desain teknik untuk menentukan, memprediksi, dan

mengevaluasi hasil yang akan diperoleh dari sistem tersebut (Telsang, 2018).

Beberapa fungsi utama teknik industri melibatkan aktivitas berikut:

- a. Merancang sistem orang, teknologi, proses, dan metode yang terintegrasi.
- b. Mengembangkan pemodelan, pengukuran, dan evaluasi kinerja untuk sistem.
- c. Mengembangkan dan mempertahankan standar kualitas untuk industri dan bisnis.
- d. Menerapkan prinsip-prinsip produksi untuk mengejar perbaikan dalam organisasi jasa.
- e. Memasukkan teknologi secara efektif ke dalam proses kerja.
- f. Mengembangkan mitigasi biaya, penghindaran, atau strategi penahanan.
- g. Meningkatkan produktivitas keseluruhan dari sistem orang, material, dan proses yang terintegrasi.
- h. Mengenali dan menghubungkan faktor-faktor yang memengaruhi kinerja sistem.
- i. Merencanakan, mengatur, menjadwalkan, dan mengontrol proyek produksi dan layanan.
- j. Mengatur tim untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas organisasi.
- k. Menginstal teknologi untuk memfasilitasi alur kerja.
- l. Meningkatkan aliran informasi untuk memfasilitasi kelancaran pengoperasian sistem.
- m. Mengkoordinasikan bahan dan peralatan untuk kinerja sistem yang efektif.

Teknik industri (IE) dapat digambarkan sebagai aplikasi praktis dari kombinasi bidang teknik bersama dengan prinsip-prinsip manajemen ilmiah. Teknik Industri merencanakan proses kerja dan penerapan metode, praktik, dan pengetahuan rekayasa untuk perusahaan produksi dan jasa. Teknik Industri menempatkan penekanan kuat pada pemahaman pekerja dan kebutuhan pekerja untuk meningkatkan dan memperbaiki kegiatan produksi dan jasa (Baudin & Netland, 2023). Kegiatan Teknik Industri meliputi hal-hal berikut:

- a. Merancang pekerjaan (menentukan cara yang paling ekonomis untuk melakukan pekerjaan)
- b. Menetapkan standar kinerja dan tolok ukur kualitas, kuantitas, dan biaya
- c. Merancang dan memasang fasilitas

D. PERKEMBANGAN GLOBAL TEKNIK INDUSTRI

Globalisasi dan perkembangan internet telah menciptakan tantangan baru dan mendorong perusahaan menghadapi persaingan dari berbagai aspek hingga mampu bertahan. Cepatnya perubahan lingkungan, dimana siklus hidup produk singkat dan kompetisi global semakin sengit, mendesak perusahaan untuk mencari jalan untuk meningkatkan kemampuan kompetisi agar dapat bertahan. Kompetisi dapat terjadi dari berbagai aspek seperti biaya, kualitas, waktu dan fleksibilitas. Teknik Industri menyediakan infrastruktur, peralatan, dan teknik yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja (Shtub & Cohen, 2016).

a. Biaya

Biaya memiliki peran yang besar pada penentuan harga produk/jasa dan mengurangi biaya untuk menurunkan harga. Di berbagai pasar, harga produk/jasa memiliki pengaruh yang menentukan keputusan pelanggan untuk membeli produk/memilih jasa tersebut.

b. Kualitas

Kualitas berkaitan dengan produk/jasa yang ditawarkan dan proses operasional dimana produk/jasa dicapai. Ada perbedaan antara kualitas produk/jasa dan kualitas proses operasional yang menghasilkan produk/jasa. Kualitas layanan/produk harus sesuai dengan pasar yang dituju. Fokusnya adalah pada kebutuhan, harapan, dan kesesuaian pelanggan untuk menggunakan layanan/produk. Pemasaran produk berdasarkan kualitas produk/layanan yang berkualitas tinggi dapat menuntut harga yang lebih tinggi. Pengendalian kualitas produk perlu dilakukan perusahaan dari aspek teknik hingga manajerial dengan menggunakan alat dan teknik pengendalian kualitas. Perusahaan dapat mempertahankan kualitas produk dan proses dengan memenuhi persyaratan kualitas sesuai dengan persyaratan mutu ISO 9001 tentang Sistem Manajemen Mutu.

c. Waktu

Waktu memainkan peranan penting pada persaingan bisnis. Waktu secara signifikan menempati 3 kinerja kunci yaitu waktu tunggu konsumen, *lead time* pasokan, dan waktu produksi. Konsumen tidak suka menunggu, lebih cepat dilayani maka lebih memuaskan. *Supply lead time* sebagai waktu untuk memasok produk bahkan pelanggan bersedia membayar lebih mahal asalkan dilayani lebih cepat. Waktu produksi mengindikasikan biaya produksi sehingga waktu produksi yang singkat maka biaya yang dikeluarkan juga lebih sedikit.

d. Fleksibilitas

Fleksibilitas menunjukkan kemampuan perusahaan untuk beradaptasi dengan waktu yang singkat terhadap perubahan permintaan konsumen dan untuk merubah lingkungan. Fleksibilitas dapat diukur seperti berapa waktu yang dibutuhkan untuk merubah lini perakitan mobil atau menambah kemampuan untuk merakit mobil model baru. Contoh lainnya seperti mampu merubah lini produksi untuk memproduksi satu produk untuk memproduksi produk generasi baru. Fleksibilitas menjadi penting karena pasar membutuhkan lingkungan yang berubah secara berkala dan perusahaan yang mampu beradaptasi secara konstan.

Perkembangan keilmuan Teknik Industri salah satunya Teknik Industri berfokus pada sistem yang terintegrasi. Teknik Industri merancang dan mengatur sistem produksi dan layanan. Ikatan antara sistem dan subsistem sangat penting untuk dikelola dengan baik oleh Teknik Industri. Pendekatan pertama untuk melihat sistem produksi dan layanan sebagai sistem terbuka, dan pendekatan kedua melihat secara sistem tertutup. Sistem tertutup memiliki batasan yang jelas dengan lingkungannya dan untuk setiap unit organisasi di dalam sistem tersebut. Dalam sistem tertutup, manufaktur tidak memiliki hubungan langsung dengan pelanggan. Manufaktur mendapat persyaratan dari pemasaran. Dengan cara yang sama, manufaktur tidak memiliki hubungan langsung dengan pemasok. Departemen pembelian berfungsi sebagai kontak antara produsen dan pemasok. Dalam sistem tertutup, setiap unit organisasi menentukan cara melakukan tugasnya dan ukuran kinerja yang sesuai.

Pendekatan ini dapat menyebabkan solusi lokal yang tidak memadai untuk keseluruhan sistem. Pertimbangkan, misalnya, sistem tertutup di mana tujuan lokal produksi adalah untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya produksi seperti mesin dan tenaga kerja. Hasilnya mungkin kelebihan produksi atau produksi yang melebihi permintaan dan menghasilkan persediaan yang mahal. Dengan demikian, tujuan lokal dari pemanfaatan sumber daya yang tinggi menciptakan masalah di seluruh sistem — akumulasi inventaris.

Dalam sistem terbuka, unit organisasi yang berbeda bekerja sebagai satu tim untuk mencapai tujuan bersama di seluruh organisasi, dan untuk menemukan solusi yang baik untuk keseluruhan sistem. Sistem tertutup sangat umum karena informasi pada seluruh sistem produksi atau layanan sangat sulit untuk dikumpulkan, disimpan, diambil kembali, dan dianalisis ketika informasi disimpan di atas kertas. Pengembangan sistem komputer cepat yang tidak mahal memecahkan masalah, dan saat ini seluruh perpustakaan informasi organisasi dapat tersedia untuk semua pihak yang terlibat. Dalam hal ini, insinyur industri memiliki akses ke semua informasi yang terkait dengan semua proses yang terjadi di dalam organisasi. Kondisi ini dasar manajemen rantai pasokan di mana organisasi di sepanjang rantai pasokan berbagi informasi untuk meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan, sementara unit organisasi yang berbeda berbagi informasi dan menetapkan tujuan bersama dan ukuran kinerja.

Teknik Industri berkembang dari fokus produksi menuju dengan perancangan proses. Teknik Industri merancang dan mengimplementasikan proses di perusahaan meskipun terdapat berbagai variasi proses, secara umum digunakan 5 proses dasar Hammer dan Champy (1993) yang secara umum ditemukan di berbagai perusahaan:

- a. Proses pengembangan: Proses diawali dengan ide untuk produk baru atau layanan dan diakhiri dengan desain produk baru atau layanan dalam bentuk prototipe.
- b. Persiapan infrastruktur: Proses dimulai dengan prototipe kerja produk baru dan diakhiri dengan penyelesaian dan pengujian fasilitas produksi yang berhasil untuk produk tersebut.
- c. Penjualan: Proses diawali dengan riset pasar dan diakhiri dengan pesanan dari konsumen.

- d. Pengiriman: Proses diawali dengan pesanan dari konsumen dan diakhiri dengan pengiriman dan penerimaan pembayaran dari konsumen yang menerima produk yang dipesan.
- e. Pelayanan: Proses diawali dengan pesanan konsumen untuk pelayanan dan diakhiri dengan pelayanan diberikan untuk mencapai kepuasan konsumen.

Metode telah dikembangkan untuk mendukung perencanaan proses yang ditujukan untuk memaksimalkan nilai yang diterima pelanggan dengan memetakan rantai nilai. Teknik Industri merencanakan proses dalam perusahaan untuk mencapai tujuan perusahaan dan kepuasan pelanggan. Peran ini membutuhkan pemahaman menyeluruh tentang perusahaan dan lingkungannya, dan karenanya, Teknik Industri harus bekerja sama dan berkolaborasi dengan profesional lain dalam organisasi, dan orang-orang dari unit lain seperti (Kosky, Balmer, Keat, & Wise, 2021):

- a. Pemasaran: Unit yang bertanggung jawab terhadap kontak dengan konsumen dan proses pemesanan konsumen.
- b. Pembelian: Unit yang menangani hubungan dengan sumber daya eksternal yang terlibat pasokan produk dan jasa.
- c. Perekayasa: Unit yang bertanggung jawab untuk merancang produk dan merancang sistem produksi-pelayanan.
- d. Keuangan: Unit yang bertanggung jawab untuk pengalokasian dana perusahaan dan mengelola arus kas termasuk hubungan dengan perbankan, pembayaran kepada pemasok, pembayaran yang diterima dari konsumen.
- e. Produksi: Unit bertanggung jawab untuk operasi yang sesuai dengan sistem produksi.

Untuk menempatkan persaingan pasar, proses harus dirancang dengan kesesuaian waktu, biaya, fleksibilitas dan kualitas. Sebagai contoh, proses produksi produk baru dikembangkan harus fokus pada perubahan keinginan konsumen ketika waktu pengembangan diminimalkan dan biaya pengembangan diturunkan, tapi pada waktu yang bersamaan meminimalisasi biaya produksi dan pelayanan produk baru. Tim pengembang harus paham dan puas dengan berbagai kebutuhan

konsumen pada pasar yang berbeda dengan mengenalkan kemampuan yang fleksibel pada merancang produk. Proses ini harus berdasarkan pada tim pengembang produk baru dengan melibatkan ahli pasar yang mengenal kebutuhan dan harapan konsumen, perekayasa, dan perancang yang mengetahui bagaimana menginterpretasikan kebutuhan konsumen menjadi spesifikasi, perencanaan, dan instruksi rakitan dan ahli pada proses dan layanan untuk produk baru yang fokus pada pengembangan kualitas produk terhadap harga yang rasional bagi konsumen sehingga mendapatkan nilai yang sesuai terhadap siklus produk (Kosky, Balmer, Keat, & Wise, 2021).

Tiga tren perkembangan Teknik Industri secara khusus yaitu (Telsang, 2018):

- a. Penurunan Konsumsi Energi: Konsumsi energi penting untuk setiap jenis bisnis dan hampir setiap individu sebagai biaya energi mulai naik. Teknik Industri melihat cara mengizinkan sistem mereduksi pemborosan energi dari operasi pada waktu tertentu dan rancangan gedung pintar.
- b. Meminimalisasi Dampak Lingkungan: Ketika menurunkan energi bisa juga dipertimbangkan cara mereduksi dampak lingkungan, hal ini menjadi tren penting yang memberikan perhatian yang tepat. Fasilitas yang ventilasi alami yang tidak sesuai dan desain untuk menjaga penggunaan energi yang lebih rendah.
- c. Fokus pada Otomatisasi: Perkembangan teknologi membawa otomasi kepada hampir setiap proyek teknik industri di berbagai aspek proses sehingga membantu untuk menurunkan biaya tanpa berdampak pada kualitas.

Definisi tradisional tentang Teknik Industri menyatakan bahwa Teknik Industri fokus pada perancangan meningkatkan sistem kerja. Sistem tersebut terdiri atas orang, peralatan, bahan baku, informasi, energi dan uang. Secara tradisional Teknik Industri fokus pada peningkatan proses, perencanaan dan pengendalian produksi, riset dan simulasi operasi, statistik dan pengendalian kualitas, tata letak fasilitas dan manajemen proyek serta rekayasa sistem. Kustomisasi massal, individualisasi, kompetisi global, kecepatan mengatasi aturan dan standar tradisional dengan cepat

menyebabkan banyak perubahan proses adalah menjalankan perusahaan dengan slogan memuaskan konsumen lebih cepat dari pada pesaing.

E. PENDEKATAN YANG DIGUNAKAN OLEH TEKNIK INDUSTRI

Teknik Industri membutuhkan pemahaman, keterampilan, dan pendekatan untuk diberbagai bidang. Berikut ini beberapa keterampilan yang dibutuhkan oleh Teknik Industri dengan sampel kasus pada industri otomotif (Shtub & Cohen, 2016).

- a. Pemahaman “Bahasa Teknik”: Gambar Teknik, Spesifikasi dan Lainnya
Produksi produk melewati fase perancangan teknik dengan detail yang dituangkan dalam bentuk gambar hingga perancangan produksi. Teknik Industri sebagai bagian dari departemen perancangan produksi menerjemahkan hasil rancangan menjadi *Bill of Material* dengan informasi berdasarkan aktivitas rakitan, sub rakitan, dan bagian-bagian komponen dari penyusunnya, menentukan mesin yang digunakan untuk memproduksi bagian-bagian komponen, merancang rantai pasok dari pasokan bagian-bagian komponen yang tidak dapat diproduksi oleh perusahaan.
- b. Pemahaman Proses Fisika, Pengetahuan tentang Hukum Fisika Dasar
Proses fisik mempengaruhi operasi mesin, perawatan, kualitas dan efisiensi, serta kinerja manusia dan ergonomi yang terkait. Proses manufaktur suatu produk adalah proses yang menggabungkan urutan operasi, yang dilakukan oleh mesin dan manusia, yang bertujuan untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi. Insinyur industri harus memahami proses dan prinsip fisik yang terlibat dalam proses seperti pemotongan logam, penempaan, dll. Teknik industri harus dapat mengidentifikasi masalah di sepanjang jalur perakitan, dan menggunakan prinsip ergonomi untuk merancang solusi untuk stasiun kerja yang bermasalah.
- c. Pengetahuan tentang Ekonomi dan Manajemen Keuangan
Peran Teknik Industri di perusahaan juga berkontribusi pada keuntungan garis bawah. Oleh karena itu, pengambilan keputusan operasional yang melibatkan pertimbangan keuangan yang intensif sebagai fokus utama Teknik Industri. Keputusan investasi, pengaruh suku bunga dan perpajakan menjadi permasalahan yang harus

diselesaikan oleh Teknik Industri. Sebagai contoh pabrik mobil mengalami masalah di lini perakitan mobil saat membeli mesin baru atau sistem konveyor yang ditingkatkan. Contoh di industri jasa, masalah seperti kondisi ruang tunggu yang membutuhkan tambahan kursi tunggu. Teknik Industri harus mengambil keputusan terkait memproduksi komponen sendiri atau harus membeli komponen. Untuk komponen yang dibeli, harus menentukan pemasok yang dipilih dengan memperhatikan aspek biaya dan kualitas. Teknik Industri harus mengambil keputusan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi seperti biaya produksi dan biaya transportasi, aspek perpajakan dan bea cukai.

d. Pemahaman Matematika dan Model Statistika

Teknik Industri perlu menentukan aturan sistem produksi seperti menentukan ukuran *batch* produksi pada suatu mesin dengan waktu set-up yang lama (waktu untuk beralih dari satu operasi ke operasi lainnya) dibandingkan dengan waktu yang dibutuhkan untuk memproses satu item, mungkin lebih baik untuk memproduksi dalam jumlah besar untuk mengurangi jumlah set-up dan, dengan demikian, total waktu mesin yang diperlukan. Namun, *batch* besar menciptakan persediaan besar dan mahal. Untuk mengatasi masalah ini, model matematis bertujuan untuk meminimalkan waktu set-up dan akibatnya menghasilkan *batch* besar dan keinginan untuk meminimalkan persediaan dengan memproduksi *batch* kecil “tepat waktu”. Ketika permintaan acak, yaitu tidak pasti, masalahnya lebih sulit dipecahkan dan Teknik Industri harus menggunakan alat statistik untuk menentukan ukuran setiap batch.

e. Pemahaman tentang Manajemen Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia sebagai pusat dari suatu perusahaan dan seorang Teknik Industri sebagai perancang proses organisasi, membutuhkan pengetahuan tentang manajemen sumber daya manusia. Beberapa contoh seperti desain tugas, desain tempat kerja (ergonomis), penjadwalan tenaga kerja, penentuan insentif dan remunerasi. Sebagai contoh keputusan untuk menerapkan sistem pembayaran berbasis insentif dan cara menerapkannya sebagai contoh tugas Teknik Industri. Teknik Industri memahami struktur dan

pro kontra dari sistem semacam ini penting, karena karyawan berbeda yang melakukan tugas berbeda di departemen berbeda dalam perusahaan yang sama mungkin akan menunjukkan hasil yang berbeda terhadap sistem pembayaran berbasis insentif yang sama. Oleh karena itu, pemilihan dan implementasi yang tepat dari sistem tersebut sangat penting.

f. Pemahaman tentang Sistem Informasi Terkomputerisasi

Perusahaan menangani dan menghasilkan banyak data informasi selama menjalankan proses bisnis. Pembaharuan data harian berhubungan dengan inventaris, pesanan, kualitas, produksi, pengiriman, tenaga kerja, pemeliharaan, penjualan, pembayaran dan lainnya. Tidak ada perusahaan yang dapat beroperasi secara efisien tanpa data yang disimpan dan diakses serta diatur secara optimal oleh sistem informasi terkomputerisasi. Penjadwalan sumber daya yang efisien seperti mesin dan karyawan serta integrasinya dengan waktu pasokan material membutuhkan sistem informasi tingkat lanjut yang dapat memproses data dalam jumlah besar, mengubahnya menjadi informasi yang mendukung keputusan manajemen. Misalnya, perakitan akhir mobil, yang terdiri dari ribuan suku cadang yang diproduksi oleh ribuan operasi dan dipasok oleh ratusan pemasok, perlu dijadwalkan. Untuk menjadwalkan operasi tersebut secara efisien, sistem informasi perusahaan diperlukan. Teknik Industri menentukan persyaratan untuk sistem informasi perusahaan ini, dan membantu memasang, mengadaptasi, memodifikasi, dan mengintegrasikan sistem tersebut untuk organisasi.

g. Pemahaman tentang Pemodelan

Model sering digunakan untuk keputusan rutin yang berulang. Komputer dapat menangani beberapa keputusan ini secara otomatis. Manajemen persediaan di supermarket adalah contoh umum dari keputusan rutin: Pesanan untuk pengiriman baru diperlukan saat tingkat persediaan yang ada turun di bawah tingkat tertentu. Nilai yang disebut "tingkat pemesanan ulang" atau "titik pemesanan" ini dihitung dengan menyesuaikan model. Perangkat lunak komputer dapat diatur untuk terus memantau dan memperbarui tingkat persediaan yang tersedia berdasarkan transaksi yang dicatat

F. TEKNIK YANG DIGUNAKAN OLEH TEKNIK INDUSTRI

Teknik Industri bertujuan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan dengan optimalisasi utilitas sumber daya perusahaan seperti tenaga kerja, bahan baku, dan mesin. Berbagai teknik yang digunakan oleh Teknik Industri yaitu (Telsang, 2018):

a. Studi Metode

Untuk menentukan metode standar dalam melakukan pekerjaan setelah analisis pekerjaan secara menyeluruh dan untuk mengembangkan tata letak fasilitas produksi agar memiliki aliran material yang seragam tanpa aliran balik.

b. Studi Waktu (Pengukuran Kerja)

Teknik yang digunakan untuk menentukan waktu standar untuk suatu pekerjaan atau aktivitas operasi.

c. Ekonomi Gerakan

Teknik yang digunakan untuk menganalisis gerakan yang digunakan oleh operator untuk melakukan pekerjaan. Prinsip ekonomi gerak dan analisis gerak sangat berguna dalam produksi massal atau untuk pekerjaan berulang dengan siklus pendek.

d. Insentif Finansial dan Non Finansial

Teknik yang digunakan untuk mengembangkan kompensasi yang rasional dari hasil usaha pekerja.

e. Analisis Nilai

Teknik yang digunakan untuk memastikan bahwa tidak ada biaya yang tidak perlu dimasukkan ke dalam produk dan mencoba menghasilkan fungsi yang diperlukan dengan biaya minimum sehingga membantu meningkatkan nilai produk.

f. Perencanaan dan Pengendalian Produksi

Teknik yang digunakan untuk perencanaan sumber daya (seperti manusia, material, dan mesin), penjadwalan yang tepat dan pengendalian kegiatan produksi untuk memastikan kuantitas, kualitas produk yang tepat pada waktu yang telah ditentukan dan biaya yang telah ditetapkan sebelumnya.

g. Pengendalian Persediaan

Teknik yang digunakan untuk menentukan ukuran lot ekonomis dan tingkat pemesanan ulang untuk bahan baku sehingga barang tersebut

harus tersedia untuk produksi pada waktu dan jumlah yang tepat untuk menghindari kondisi kehabisan persediaan dan dengan *capital lockup minimum*.

h. Evaluasi Pekerjaan

Teknik yang digunakan untuk menentukan nilai relatif dari pekerjaan organisasi untuk membantu mencocokkan pekerjaan dan personel dan untuk mendapatkan kebijakan upah yang sesuai.

i. Analisis Penanganan Bahan Baku

Teknik yang digunakan untuk menganalisis pergerakan material melalui berbagai departemen untuk menghilangkan pergerakan yang tidak perlu agar dapat meningkatkan efisiensi penanganan material.

j. Ergonomi (Rekayasa Manusia)

Teknik yang digunakan untuk mempelajari hubungan antara manusia dan kondisi kerjanya untuk meminimalkan tekanan mental dan fisik serta hal yang berhubungan dengan sistem manusia-mesin.

k. Analisis Sistem

Teknik yang digunakan untuk mempelajari berbagai sub-sistem dan elemen yang membuat suatu sistem, hubungan dalam aktivitas merancang, memodifikasi dan memperbaiki sistem untuk mencapai efisiensi dan efektivitas yang lebih besar.

l. Teknik Riset Operasi

Teknik yang digunakan untuk mendapatkan solusi optimal untuk masalah berdasarkan tujuan yang ditetapkan dan kendala yang ada pada masalah. Teknik yang lebih sering digunakan adalah:

- 1) Pemrograman Linier
- 2) Model Simulasi
- 3) Model Antrian
- 4) Analisis Jaringan (CPM dan PERT)
- 5) Urutan Penugasan dan Model Transportasi
- 6) Pemrograman Dinamis dan Bilangan Bulat
- 7) Teori Permainan

m. Teknik Lainnya

Teknik pengendalian proses statistik, metode dan organisasi kelompok teknologi.

G. PENDEKATAN SISTEM

Suatu sistem didefinisikan sebagai kumpulan elemen yang saling bergantung dan berdiri sendiri untuk mencapai suatu tujuan, misalnya sistem produksi. Sistem terdiri dari banyak subsistem misalnya dalam sistem produksi yang memiliki banyak subsistem seperti sistem perencanaan, sistem persediaan, sistem mutu dan lainnya.

Karakteristik Sistem:

- a. Setiap sistem memiliki tujuan yang spesifik untuk dicapai
- b. Setiap sistem memiliki ikatan dalam operasinya
- c. Sistem memiliki masukan yang diproses untuk keluaran
- d. Terdapat batasan yang ada di sistem dengan faktor pada sistem internal dan eksternal.

Pendekatan sistem terkandung:

- a. Analisis Sistem: termasuk menginvestigasi tujuan sistem, seleksi kriteria untuk alternatif solusi, pengujian kelayakan solusi, evaluasi solusi kelayakan dan seleksi solusi yang optimal.
- b. Rekayasa Sistem: mengidentifikasi elemen subsistem spesifik yang akan dirakit, dikembangkan, diuji dan dievaluasi dengan rencana pengembangan.
- c. Manajemen Sistem: mengembangkan prosedur dan perencanaan struktur organisasi, untuk perencanaan, pengarahan dan sistem pengendalian untuk merekayasa aktivitas dan operasi melalui kehidupan sistem.

Analisis sistem terdiri atas:

- a. Definisi permasalahan
- b. Tujuan sistem
- c. Ikatan sistem
- d. Analisis kebutuhan pengguna
- e. Pengukuran efektivitas sistem
- f. Analisis fungsi
- g. Evaluasi batasan
- h. Seleksi kelayakan alternatif solusi
- i. Evaluasi kelayakan solusi terhadap kriteria *prefixed*

j. Seleksi alternatif terbaik

H. RANGKUMAN MATERI

Teknik Industri telah berkembang selama abad terakhir sebagai profesi yang luas karena berkaitan dengan merancang sistem yang efektif dan mengembangkan proses terbaik dengan tujuan mengintegrasikan sumber daya manusia, mesin dan material untuk meningkatkan efektivitas organisasi secara keseluruhan dan memberikan produk dan layanan kepada konsumen. Fokusnya adalah pada sistem manufaktur tetapi sistem lain di bidang-bidang seperti transportasi, komunikasi, keuangan, dll. dianggap penting. Disiplin Teknik Industri memungkinkan fasilitas teknik antarmuka dan operasinya untuk mengubah sumber daya menjadi produk dan layanan, yang pada gilirannya dikirimkan ke konsumen. Teknik Industri mengaplikasikan keilmuan dasar matematika dan sains untuk merancang suatu sistem yang terintegrasi agar dapat menghasilkan produk dengan biaya yang layak dengan nilai produk yang ditawarkan.

TUGAS DAN EVALUAS

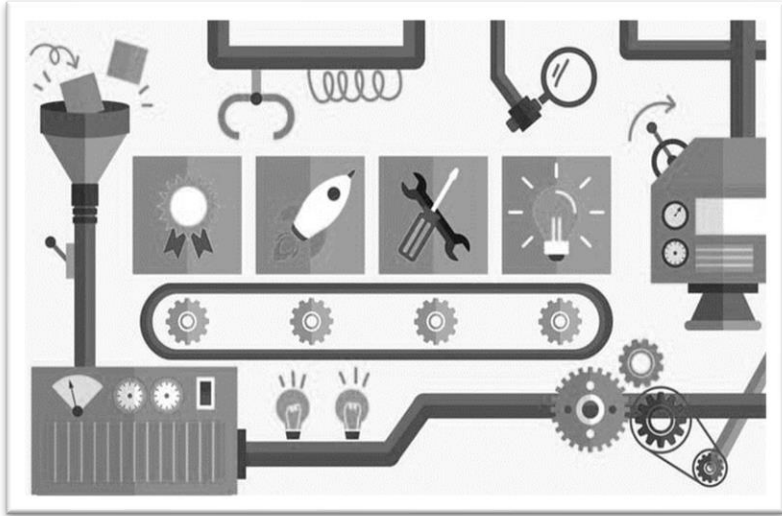
1. Jelaskan pentingnya keilmuan Teknik Industri?
2. Jelaskan ruang lingkup dan tujuan keilmuan Teknik Industri?
3. Diskusikan sejarah dan perkembangan Teknik Industri menuju Industry 4.0
4. Sebutkan teknik dan pendekatan yang digunakan seorang insinyur Teknik Industri!
5. Jelaskan peran seorang Insinyur Teknik Industri di dalam suatu organisasi?
6. Buatlah ringkasan mengenai poin-poin berikut ini:
7. Bagaimana Teknik Industri menghasilkan alternatif solusi dari suatu masalah?
8. Apakah yang dimaksud dengan efektif dan efisien?
9. Apakah yang dimaksud dengan produktivitas?
10. Jelaskan isu yang diangkat oleh F.W. Taylor untuk perkembangan keilmuan Teknik Industri!
11. Jelaskan temuan Frank Gilberth yang berkontribusi dalam rekayasa manusia di keilmuan Teknik Industri!

12. Buatlah contoh implementasi salah satu teknik yang digunakan oleh Insinyur Teknik Industri dalam menyelesaikan permasalahan di organisasi.

DAFTAR PUSTAKA

Bibliography

- Amri. (2014). *Pengantar Teknik Industri*. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
- Badiru, A. B. (2019). *The Story of Industrial Engineering: The Rise From Shop-Floor Management to Modern Digital Engineering*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Baudin, M., & Netland, T. (2023). *Introduction to Manufacturing: An Industrial Engineering and Management Perspective*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Ginting, R. (2021). *Rancangan Teknik Industri*. Medan: USU Press.
- Kosky, P., Balmer, R., Keat, W., & Wise, G. (2021). *Exploring Engineering: An Introduction to Engineering and Design*. London: Elsevier and Academic Press.
- Shtub, A., & Cohen, Y. (2016). *Introduction to Industrial Engineering Second Edition*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Telsang, M. T. (2018). *Industrial Engineering*. New Delhi: S Chand and Company Limited.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 2: MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI (BAGIAN A)

Ir. Widya Laila, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia.

BAB 2

MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI

A. PENDAHULUAN

Semenjak peradaban manusia dimulai, ilmu matematika memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari manusia. Matematika adalah ilmu dasar yang harus dikuasai dan dipahami untuk dapat mempelajari dan memahami ilmu lainnya. Berbagai macam bentuk simbol, rumus, dan teorema digunakan untuk menghitung, mengukur, menilai dan lain sebagainya. Matematika merupakan ilmu dasar yang menjadi acuan perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dan karena hal inilah peradaban manusia berubah pesat karena kehadiran ilmu matematika yang selalu mengikuti perkembangan zaman.

Matematika adalah ilmu yang menuntut kita untuk berfikir secara logis, kritis, tekun, kreatif, dan inisiatif. Dengan belajar matematika kita akan terlatih untuk mampu berpikir logis, kritis, sistematis dan kreatif dalam memecahkan suatu masalah. Hal ini diperlukan untuk dapat menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi dalam menghadapi persaingan global. Mengingat peranan matematika dalam tahun-tahun mendatang, matematika perlu diajarkan kepada anak-anak sedari pendidikan dasar sampai dengan tingkat pendidikan tinggi.

Penerapan ilmu matematika yang sangat erat kaitannya dalam kehidupan sehari-hari salah satunya adalah dalam dunia industri. Istilah industri biasanya identik dengan kegiatan manusia yang mengolah bahan baku menjadi barang setengah jadi atau barang jadi. Setiap proses yang terjadi dalam dunia industri pasti bertujuan untuk mendapatkan

keuntungan yang maksimal. Maka untuk situasi ini diperlukan program linear untuk dapat menyelesaikan kasus-kasus dalam dunia industri secara tepat dan cepat yang semua termuat di dalam materi program linear yang ada dalam ilmu matematika.

B. APLIKASI MATEMATIKA DALAM DUNIA INDUSTRI

Dalam bidang industri, selain penggunaan konsep-konsep kalkulus, teknik-teknik pemrograman matematis juga sering digunakan dalam melakukan analisis kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan yang optimal dalam perencanaan dan pengendalian. Beberapa masalah atau kendala yang dapat diselesaikan dengan teknik program linier yaitu, dalam perencanaan produksi. Ketika produsen mempunyai beberapa jenis bahan baku yang semuanya tersedia dalam jumlah yang terbatas yang akan digunakan untuk memproduksi sejumlah produk dengan jumlah unit tertentu, maka dengan menerapkan program linier, kita dapat mempertimbangkan keputusan untuk memaksimalkan bahan baku, dan mendapatkan penjualan yang optimal.

Pembahasan selanjutnya dari program linier diterapkan pada kasus riset operasi. Manajemen operasi merupakan cabang dari matematika terapan. Ilmu ini menggabungkan teori matematika dan ilmu manajemen. Riset operasi biasanya digunakan untuk meminimumkan dan memaksimumkan. Untuk meminimumkan biaya seperti untuk mengurangi biaya distribusi, biaya produksi, jarak tempuh dan lain-lain. Sedangkan, memaksimumkan biasanya digunakan untuk memaksimalkan keuntungan, jumlah barang produksi dan lainnya.

1. Turunan

Turunan adalah Pengukuran terhadap bagaimana fungsi berubah seiring perubahan nilai input. Proses menemukan turunan dinamakan dengan diferensiasi.

Aturan-aturan dalam fungsi turunan:

- $f(x)$, menjadi $f'(x) = 0$
- Apabila $f(x) = (x)$, maka $f'(x) = 1$
- Apabila $f(x) = x^n$ maka $f'(x) = nx^{n-1}$
- Apabila $(f \circ g)'(x) = f'(g(x))g'(x)$

$y = f(x)$	$\frac{dy}{dx}$
x^n	$n x^{n-1}$
e^x	e^x
e^{kx}	$e^{kx} = k e^{kx}$
a^x	$a^x \ln a$
$\ln x$	$\frac{1}{x}$
$\log_a x$	$\frac{1}{x \ln a}$
$\sin x$	$\cos x$
$\cos x$	$-\sin x$
$\tan x$	$\sec^2 x$
$\cot x$	$-\operatorname{cosec}^2 x$
$\sec x$	$\sec x \cdot \tan x$
$\operatorname{cosec} x$	$-\operatorname{cosec} x \cdot \cot x$
$\sinh x$	$\cosh x$
$\cosh x$	$\sinh x$

Contoh:

$$f(x) = x^4 + 3x^3 - 4x + 2$$

$$f'(x) = 4x^3 + 9x^2 - 4$$

$$f''(x) = 12x^2 + 18x$$

$$f'''(x) = 24x + 18$$

$$f^{(4)}(x) = 24$$

$$f^{(5)}(x) = 0$$

2. Integral

Integral adalah bentuk operasi matematika yang menjadi kebalikan (*invers*) dari operasi turunan dan limit dari jumlah atau suatu luas daerah tertentu.

Persamaan umum integral:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$$

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln|x|$$

$$\int e^x dx = e^x$$

$$\int e^{kx} dx = \frac{e^{kx}}{k} + C$$

$$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a}$$

$$\int \sin x dx = -\cos x + C$$

$$\int \cos x dx = \sin x + C$$

$$\int \sec^2 x dx = \tan x + C$$

$$\int \sinh x dx = \cosh x + C$$

$$\int \cosh x dx = \sinh x + C$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \sin^{-1} x + C$$

$$\int \frac{-1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \cos^{-1} x + C$$

$$\int \frac{1}{1+x^2} dx = \tan^{-1} x + C$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2+1}} dx = \sinh^{-1} x + C$$

$$\int \frac{1}{\sqrt{x^2-1}} dx = \cosh^{-1} x + C$$

$$\int \frac{1}{1-x^2} dx = \tanh^{-1} x + C$$

Contoh:

$$\int x^7 = \frac{x^8}{8} + C$$
$$\int e^{5x} dx = \frac{e^{5x}}{5} + C$$
$$\int \frac{5}{x} dx = 5 \ln x + C$$
$$\int 5^x dx = \frac{5^x}{\ln 5} + C$$

3. Matriks dan Ruang Vektor

- Matriks adalah Susunan bilangan berbentuk persegi panjang yang diatur dalam baris dan kolom, ditulis diantara kurung biasa () atau siku [].

Matriks Transpose

$$[A^T]_{m \times n} = [A]_{n \times m}$$

$$A = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 6 \\ 5 & 3 & -9 \end{bmatrix}$$

$$A^T = A' = \begin{bmatrix} 4 & 5 \\ 2 & 3 \\ 6 & -9 \end{bmatrix}$$

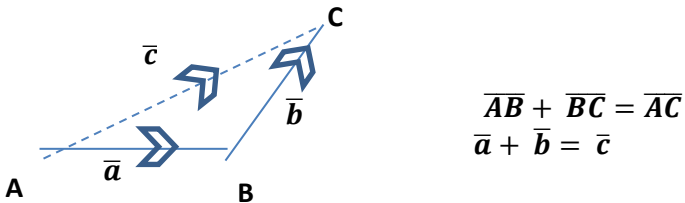
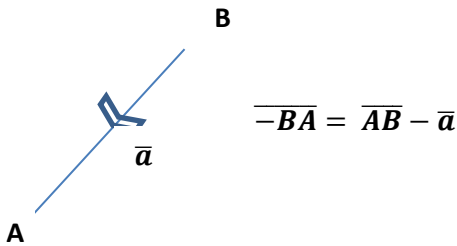
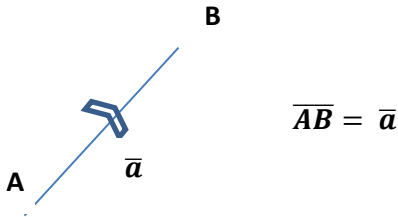
Operasi Matriks

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \pm \begin{bmatrix} e & f \\ g & h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \pm e & b \pm f \\ c \pm g & d \pm h \end{bmatrix}$$

Contoh:

- $\begin{bmatrix} 1 & 6 \\ 3 & 5 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 & 5 \\ -1 & 4 \end{bmatrix}$
- $\begin{bmatrix} 1 & 6 \\ 3 & 5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 7 \\ 7 & 6 \end{bmatrix}$
- Vektor adalah suatu kuantita/besaran yang mempunyai besar dan arah.

Vektor Satuan



C. RANGKUMAN MATERI

Dalam bidang industri, selain penggunaan konsep-konsep kalkulus, teknik-teknik pemrograman matematis juga sering digunakan dalam melakukan analisis kuantitatif dalam proses pengambilan keputusan.

TUGAS DAN EVALUASI.

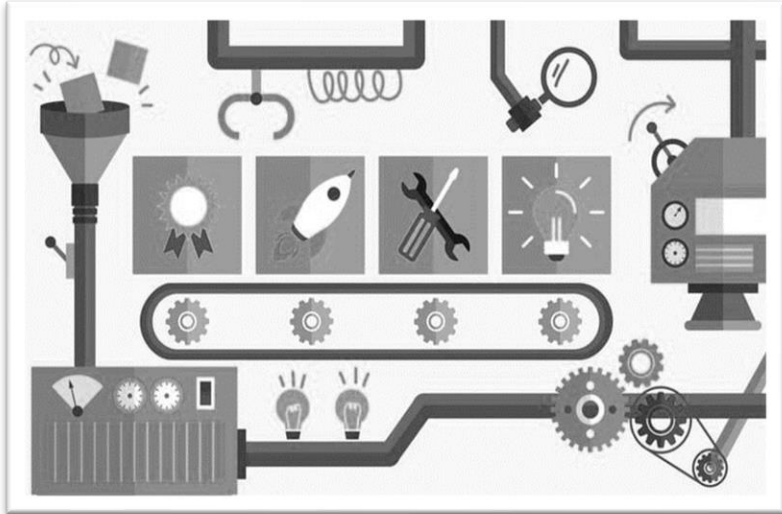
1. Berapa hasil penjumlahan vektor berikut: $\overline{AB} - \overline{CB} + \overline{CD} - \overline{ED}$?
2. Hitunglah $\int \sqrt{x} dx$!
3. Hitunglah $\frac{dy}{dx} 2^x$

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, Amit M., (2018). Integral Calculus, Arihant Prakashan.

Murti, Dr. G S N., Swamy, Dr. U M. (2011). Mathematics For JEE (Main and Advance). John Wiley and Son Inc

Stroud, KA., (1970). Engineering Mathematics, Macmillan and Co LTD.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 2: MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI (BAGIAN B)

Achmad Alfian, S.T., M.T.

Universitas Katolik Musi Charitas

BAB 2

MATEMATIKA DAN STATISTIKA UNTUK TEKNIK INDUSTRI

A. PENDAHULUAN

Statistika adalah sebuah ilmu yang mempelajari bagaimana cara merencanakan, mengumpulkan, menganalisis, lalu menginterpretasikan, dan akhirnya mempresentasikan data. Singkatnya, statistika adalah ilmu yang bersangkutan dengan suatu data. Istilah *statistika* berbeda dengan *statistik*. Statistika pada umumnya bekerja dengan memakai data numerik yang di mana adalah hasil cacahan maupun hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan data kategori yang diklasifikasikan menurut sebuah kriteria tertentu. Statistik adalah data itu sendiri, informasinya, atau hasil penerapan algoritma statistika pada suatu data tersebut

Statistik memiliki peranan penting dalam banyak bidang sains dan teknik, terutama dalam penelitian ilmiah dan rekayasa, ataupun dalam penerapannya di bidang industri. Dalam banyak hal, pengolahan dan analisis data seringkali membutuhkan penerapan metode statistik tertentu, dimana pemakaiannya memberi dasar bagi penjelasan yang logis mengenai hubungan yang terdapat antara variabel yang akan dikaji.

Statistika juga telah banyak diterapkan dalam berbagai disiplin ilmu, baik itu ilmu-ilmu alam (misalnya astronomi dan biologi maupun ilmu-ilmu sosial (termasuk sosiologi dan psikologi), maupun di bidang bisnis (mengenai produk, dll), ekonomi, dan industri. Statistika juga digunakan dalam pemerintahan untuk mencapai berbagai macam tujuan; Sensus populasi masyarakat merupakan salah satu prosedur yang paling dikenal.

Ada pula aplikasi statistika lain yang sekarang populer yaitu prosedur jajak pendapat atau *polling* (misalnya dilakukan sebelum pemilihan umum), serta hitung cepat (perhitungan cepat hasil pemilu) atau *Quick count*. Di bidang komputasi, statistika dapat pula diterapkan dalam pengenalan pola maupun kecerdasan buatan.

Perkembangan ilmu statistika terjadi bersamaan dengan perkembangan sejarah manusia. Data statistik telah digunakan oleh bangsa-bangsa di Mesopotamia, Mesir, dan Cina pada masa sebelum Masehi. Mereka menggunakan statistika untuk memperoleh informasi tentang jumlah pajak yang harus dibayar oleh setiap penduduk dan jumlah hasil panen dari pertanian. Pada masa Yunani Kuno, ilmu statistika telah digunakan oleh Aristoteles dalam bukunya yang berjudul *Politeia*. Aristoteles menggunakan statistika untuk menjelaskan data tentang keadaan 158 negara. Pada abad pertengahan, ilmu statistika berkembang di lingkungan gereja dan digunakan untuk mencatat jumlah kelahiran, kematian, dan pernikahan. Pada abad ke-17 Masehi, statistika diterapkan di Inggris sebagai aritmatika politik. Istilah statistika kemudian dikemukakan oleh matematikawan berkebangsaan Jerman yang bernama Gottfried Achenwall (1719-1772). Pada abad ke-18, istilah statistika dipopulerkan oleh John Sinclair (1791- 1799) dalam bukunya yang berjudul *Statistical Account of Scotland*.

Dalam sudut pandang penelitian, terdapat beberapa peranan statistika, yaitu:

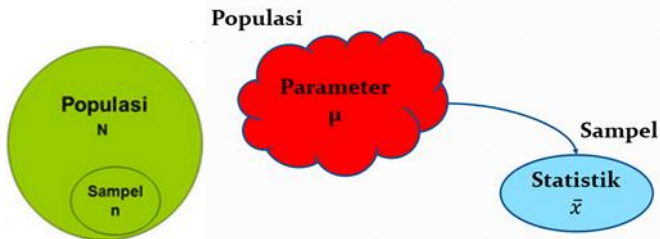
- Untuk memahami keragaman nilai dari sejumlah sasaran pengamatan.
- Memudahkan penelitian dengan tabel, grafik, bagan, dan sebagainya.
- Gambaran umum terkait angka.
- Memudahkan dalam melakukan penarikan kesimpulan.

B. BEBERAPA ISTILAH DALAM STATISTIKA

Beberapa istilah statistika yang perlu diketahui, yaitu:

- **Populasi** adalah sekumpulan data yang mempunyai karakteristik yang sama.
- **Sampel** atau contoh merupakan bagian dari populasi yang dipelajari dalam suatu penelitian dan hasilnya akan dianggap menjadi gambaran bagi populasi asalnya, tetapi bukan populasi itu sendiri.

- **Parameter** merupakan ukuran yang mencerminkan karakteristik dari populasi.
- **Statistik** (*statistic*) merupakan ukuran yang dihitung berdasarkan sampel.



Gambar 1. Populasi Vs Sampel

- **Probabilitas** adalah cara untuk mengungkapkan pengetahuan atau kepercayaan bahwa suatu kejadian akan berlaku atau telah terjadi. Probabilitas suatu kejadian adalah angka yang menunjukkan kemungkinan terjadinya suatu kejadian. Nilainya di antara 0 dan 1. Kejadian yang mempunyai nilai probabilitas 1 adalah kejadian yang pasti terjadi atau sesuatu yang telah terjadi. Misalnya matahari yang masih terbit di timur sampai sekarang. Sedangkan suatu kejadian yang mempunyai nilai probabilitas 0 adalah kejadian yang mustahil atau tidak mungkin terjadi. Misalnya sepasang kambing melahirkan seekor sapi.
- **Statistika deskriptif** adalah statistik yang mengumpulkan informasi dalam bentuk deskripsi. Informasi yang diperoleh terbagi menjadi dua jenis yaitu nilai pemusatan data dan penyebaran data. Pemusatan data memberikan informasi tentang nilai rata-rata, nilai tengah dan nilai terbanyak dari himpunan data. Sedangkan penyebaran data memberikan informasi mengenai rentang data, simpangan rata-rata, varians dan simpangan baku.
- **Statistika inferensial** berkenaan dengan permodelan data dan melakukan pengambilan keputusan berdasarkan analisis data, misalnya melakukan pengujian hipotesis, melakukan estimasi pengamatan masa mendatang (estimasi atau prediksi), membuat

permodelan hubungan (korelasi, regresi, ANOVA, deret waktu), dan sebagainya. Statistika inferensial merupakan suatu metode yang dapat dipakai untuk bisa menganalisis kelompok kecil dari data induknya maupun sample yang diambil dari populasi.

C. STATISTIKA DESKRIPTIF (DESCRIPTIVE STATISTICS)

Ruang Lingkup Statistik Deskriptif, yaitu: distribusi frekuensi, penyajian grafik dan tabel, ukuran pemusatan (mean, median, modus), ukuran Letak (kuartil, desil, persentil), ukuran penyebaran (Range, simpangan rata-rata, ragam, simpangan Baku).

1. Distribusi Frekuensi

Tahapan membuat distribusi frekuensi, yaitu:

- a. Menentukan range/jangkauan data :
 $r = \text{nilai maksimum} - \text{nilai minimum}$
- b. Menentukan banyaknya kelas, dengan memakai rumus empiris Sturges, yaitu :
 $k = 1 + 3,3 \log n$,
dimana:
 $k = \text{banyaknya kelas}$
 $n = \text{banyaknya data}$
(jumlah kelas jangan terlalu besar dan jangan terlalu kecil, umumnya diambil 5 sampai 15, tergantung banyaknya data).
- c. Menentukan panjang kelas (c), dengan cara membagi jangkauan data (r) dengan banyaknya kelas (k), yaitu r/k .
- d. Menentukan batas interval kelas:
Tepi bawah interval kelas = batas bawah kelas $- 0,5$ (skala terkecil)
Tepi atas interval kelas = batas atas kelas $+ 0,5$ (skala terkecil)
Panjang interval kelas = Tepi atas kelas - Tepi bawah kelas
- e. Menentukan nilai tengah (*mid-point*) = $\frac{1}{2}$ (Batas atas kelas + batas bawah kelas)
- f. Menghitung Frekuensi: banyaknya data (jumlah data) dalam setiap interval kelas yang diperoleh dari himpunan data disesuaikan dengan batas-batas pada tiap interval kelasnya.

Contoh 1:

Dari hasil pengamatan yang dilakukan oleh aparat Pemerintah Daerah Kota X terhadap 100 pengusaha industri lemah sampai sedang, diperoleh informasi mengenai keberadaan modal usahanya sebagai berikut (juta rupiah) :

Tabel 1. Data modal usaha 100 pengusaha industri lemah dan sedang (dalam juta rupiah):

25	32	40	33	26	34	45	58	97	68
65	70	98	55	58	53	86	97	64	34
29	30	45	54	66	76	75	88	48	38
44	48	74	43	42	58	55	30	31	51
87	67	68	75	54	65	89	93	94	76
66	69	70	79	37	38	66	87	50	25
36	39	64	60	69	70	71	72	75	80
86	83	82	98	61	73	82	86	44	42
35	38	42	49	44	75	77	79	81	52
28	43	55	83	66	69	70	73	52	39

- a. Susun data ke dalam daftar distribusi frekuensi dan frekuensi relatif
- b. Susun data ke dalam daftar distribusi frekuensi kumulatif dan gambar grafiknya

Penyelesaian:

Menyusun tabel distribusi frekuensi

- Range (r) = $D_{max} - D_{min} = 98 - 25 = 73$
- Jumlah kelas:
 $k = 1 + 3,3 \log n$
 $= 1 + 3,3 \log 100 = 7,6 \approx 8$ kelas

- Panjang kelas :
 $c = r/k = 73/8 = 9,125 \approx 10$

Tabel 2. Distribusi Frekuensi

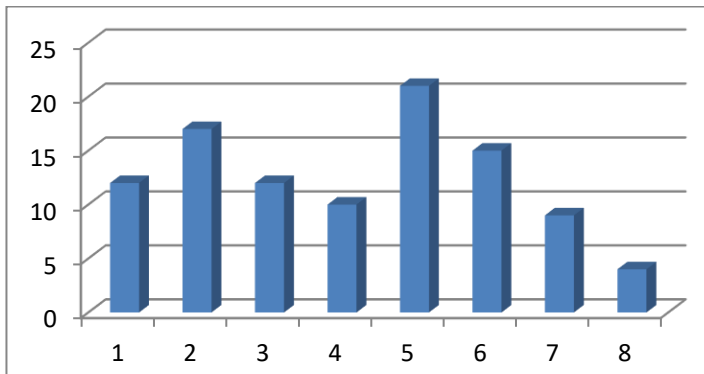
Interval Kelas (Juta Rp)	Frekuensi	Mid-Point	Frekuensi Relatif	Frekuensi Kumulatif	Frekuensi Kumulatif Relatif
25 - 34	12	29,5	0,12	12	0,12
35 - 44	17	39,5	0,17	29	0,29
45 - 54	12	49,5	0,12	41	0,41
55 - 64	10	59,5	0,10	51	0,51
65 - 74	21	69,5	0,21	72	0,72
75 - 84	15	79,5	0,15	87	0,87
85 - 94	9	89,5	0,09	96	0,96
95 - 104	4	99,5	0,04	100	1
Total	100		1		

Tabel 3. Frekuensi Kumulatif Kurang Dari

Interval Kelas (Juta Rp)	Frekuensi	Batas Kelas	Frekuensi Kurang Dari	Presentasi Kumulatif
		Kurang dari 24,5	0	0
25 - 34	12	Kurang dari 34,5	0 + 12 = 12	12
35 - 44	17	Kurang dari 44,5	12 + 17 = 29	29
45 - 54	12	Kurang dari 54,5	29 + 12 = 41	41
55 - 64	10	Kurang dari 64,5	41 + 10 = 51	51
65 - 74	21	Kurang dari 74,5	51 + 21 = 72	72
75 - 84	15	Kurang dari 84,5	72 + 15 = 87	87
85 - 94	9	Kurang dari 94,5	87 + 9 = 96	96
95 - 104	4	Kurang dari 104,5	96 + 4 = 100	100

Tabel 4. Frekuensi Kumulatif Lebih Dari

Interval Kelas (Juta Rp)	Frekuensi	Batas Kelas	Frekuensi Kurang Dari	Persentase Kumulatif
25 -34	12	Lebih dari 24,5	$100 - 0 = 100$	100
35 - 44	17	Lebih dari 34,5	$100 - 12 = 88$	88
45 - 54	12	Lebih dari 44,5	$88 - 17 = 71$	71
55 - 64	10	Lebih dari 54,5	$71 - 12 = 59$	59
65 - 74	21	Lebih dari 64,5	$59 - 10 = 49$	49
75 - 84	15	Lebih dari 74,5	$49 - 21 = 28$	28
85 - 94	9	Lebih dari 84,5	$28 - 15 = 13$	13
95 - 104	4	Lebih dari 94,5	$13 - 9 = 4$	4
		Lebih dari 104,5	$4 - 4 = 0$	0



Gambar 2. Grafik Batang

2. Ukuran Pemusatan (mean, median, modus)

Ukuran pemusatan adalah suatu ukuran yang menunjukkan pusat segugus data, yang telah diurutkan dari yang terkecil sampai yang terbesar atau sebaliknya dari yang terbesar sampai yang terkecil.

Yang termasuk ukuran pemusatan adalah (tendency central):

- Rata-rata (mean)
- Nilai tengah (median)
- Nilai sering (modus)

Contoh 2: Hitung Rata-rata (Merujuk contoh 1)

Interval Kelas	Frekuensi (f _i)	Mid Point (x _i)	f _i .x _i
25 - 34	12	29,5	354,0
35 - 44	17	39,5	671,5
45 - 54	12	49,5	594,0
55 - 64	10	59,5	595,0
65 - 74	21	69,5	1459,5
75 - 84	15	79,5	1192,5
85 - 94	9	89,5	805,5
95 - 104	4	99,5	398,0
Σ	100		6070

Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{n} = \frac{6070}{100} = 60,70$$

Contoh 3: Hitung Median (Me)

Interval Kelas	Frekuensi (f _i)
25 - 34	12
35 - 44	17
45 - 54	12
55 - 64	10
65 - 74	21
75 - 84	15
85 - 94	9
95 - 104	4
Σ	100

Terlebih dahulu mencari letak kelas median tersebut.

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} 12 \\ 17 \\ 12 \end{array} \right\} 50 \\
 & Me = b + c \left(\frac{\frac{1}{2}n - F}{f} \right) \\
 & = 54,5 + 10 \left(\frac{\frac{1}{2}100 - 41}{10} \right) = 63,50
 \end{aligned}$$

Contoh 4: Hitung Modus (Mo)

Interval Kelas	Frekuensi (f _i)
25 - 34	12
35 - 44	17
45 - 54	12
55 - 64	10
65 - 74	21
75 - 84	15
85 - 94	9
95 - 104	4
Σ	100

Terlebih dahulu mencari frekuensi paling banyak muncul = 21

$$\begin{aligned}
 M_e &= b + c \left(\frac{d1}{d1 + d2} \right) \\
 &= 64,5 + 10 \left(\frac{11}{11 + 6} \right) = 70,97
 \end{aligned}$$

3. Ukuran Letak Data (kuartil, desain, persentil)

Ukuran letak data adalah ukuran yang didasarkan pada letak ukuran tersebut dalam suatu distribusi. Ukuran letak dinyatakan dalam fraktil. Fraktil adalah nilai yang membagi data yang berurutan menjadi beberapa bagian, diantaranya kuartil, desil, persentil.

Contoh 5: Hitung Kuartil (Q_i)

Interval Kelas	Frekuensi (f _i)
25 - 34	12
35 - 44	17
45 - 54	12
55 - 64	10
65 - 74	21
75 - 84	15
85 - 94	9
95 - 104	4
Σ	100

Terlebih dahulu mencari letak kelas kuartil misal Q₃ tersebut.

$$\begin{aligned}
 Q_i &= \frac{i(n+1)}{4} & Q_3 &= \frac{3(100+1)}{4} = 75,70 \\
 Q_3 & & & \\
 &= b + c \left(\frac{\frac{i(n)}{4} - F}{f} \right) \\
 Q_3 &= 74,5 + 10 \left(\frac{\frac{3(100)-72}{4}}{15} \right) = 76,50
 \end{aligned}$$

75,70

Contoh 6: Hitung Desil (Di)

Terlebih dahulu mencari letak kelas desil misal D_3 tersebut.

Interval Kelas	Frekuensi (fi)
25 - 34	12
35 - 44	17
45 - 54	12
55 - 64	10
65 - 74	21
75 - 84	15
85 - 94	9
95 - 104	4
Σ	100

30,30

$$D_i = \frac{i(n+1)}{10} \quad D_3 = \frac{3(100+1)}{10} = 30,30$$

$$D_i = b + c \left(\frac{\frac{i(n)}{10} - F}{f} \right)$$

$$D_3 = 44,5 + 10 \left(\frac{\frac{3(100)}{10} - 29}{12} \right) = 53,67$$

Contoh 7: Hitung Persentil (Pi)

Terlebih dahulu mencari letak kelas persentil misal P_{60} tersebut.

Interval Kelas	Frekuensi (fi)
25 - 34	12
35 - 44	17
45 - 54	12
55 - 64	10
65 - 74	21
75 - 84	15
85 - 94	9
95 - 104	4
Σ	100

60,60

$$P_i = \frac{i(n+1)}{100} \quad P_{60} = \frac{60(100+1)}{100} = 60,60$$

$$P_i = b + c \left(\frac{\frac{i(n)}{100} - F}{f} \right)$$

$$P_{60} = 64,5 + 10 \left(\frac{\frac{60(100)}{100} - 51}{12} \right) = 68,78$$

D. RANGKUMAN MATERI

Dalam ilmu statistika terdapat dua ukuran, yaitu ukuran pemusatan dan ukuran penyebaran data. Ukuran pemusatan data yaitu suatu nilai tunggal yang mewakili suatu kumpulan data dan menunjukkan karakteristik dari data tersebut, dan ukuran penyebaran data adalah suatu

ukuran untuk mengetahui seberapa jauh penyebaran data dari nilai rata-ratanya.

Ukuran pemusatan yang paling banyak digunakan adalah rata-rata (mean), nilai tengah (median), dan nilai sering muncul (modus).

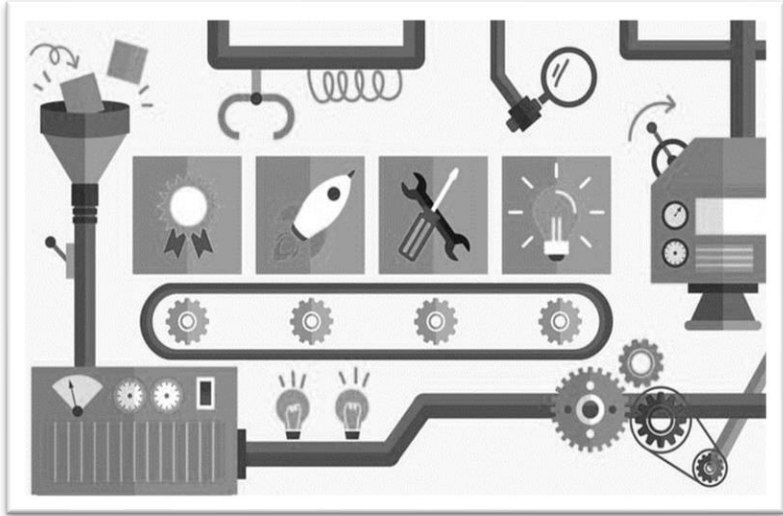
TUGAS DAN EVALUASI

Setelah membaca, memahami dan menambah sumber-sumber referensi lainnya yang relevan, jawablah pertanyaan di bawah ini secara detail dan berikan contoh konkritnya:

1. Apa beda statistika dan statistik!
2. Apa yang anda ketahui ukuran pemusatan dan berikan contoh di dunia nyatanya!
3. Apa yang anda ketahui ukuran penyebaran dan berikan contoh di dunia nyatanya data!

DAFTAR PUSTAKA

- Dajan, Anton, (1981). Pengantar Metode Statistik Jilid I. Jakarta: LP3ES.
- Fauzi Akhmad, (2008). Statistik Industri. Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Walpole, E., Ronald, (1993). Pengantar Statistika. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Walpole, E., Ronald... [et al.], (2012). Probability & Statistics for Engineers & Scientists. 9th ed, Prentice Hall.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 3: MATERIAL DAN MANUFAKTUR

Merisha Hastarina, S.T., M.Eng.¹ & Bayu Wahyudi, S.T., M.T.²

Universitas Muhammadiyah Palembang

BAB 3

MATERIAL DAN MANUFAKTUR

A. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai Material dan Manufaktur, material merupakan bahan baku cikal bakal sebuah produk akan dihasilkan. Pemilihan material, termasuk di dalamnya mengetahui sifat dan karakteristik bahan baku yang akan digunakan merupakan langkah awal sebelum proses manufakturing/pengerjaan dimulai. Proses manufaktur mengubah bahan baku dan komponen-komponen dalam suatu aktivitas produksi menjadi produk akhir. Siklus aktivitas manufaktur ini meliputi banyak hal yang terkait dengan langkah pembuatan produk hingga produk tersebut terdistribusi ke konsumen.

Tujuan topik bahasan setelah mempelajari bab ini, pembaca diharapkan mampu memahami konsep dasar mengenai material dan fungsinya dalam industri serta perkembangan terkait material sebagai bahan baku suatu produk. Selain itu juga diharapkan mampu memahami proses manufaktur yang merupakan salah satu disiplin yang terkait erat dan bagian pokok dalam Teknik Industri, sehingga dapat mengetahui pertimbangan yang dibutuhkan dalam kegiatan proses produksi.

B. MATERIAL

Secara harfiah material diartikan sebagai bahan yang dipakai untuk membuat bahan lain. Material teknik juga diartikan sebagai material yang langsung dapat digunakan atau melewati proses tertentu (perlakuan) dan menjadi material baku sebuah produk yang memiliki nilai tambah. Sejarah pun menunjukkan bahwa perkembangan dan kemajuan yang dialami dalam

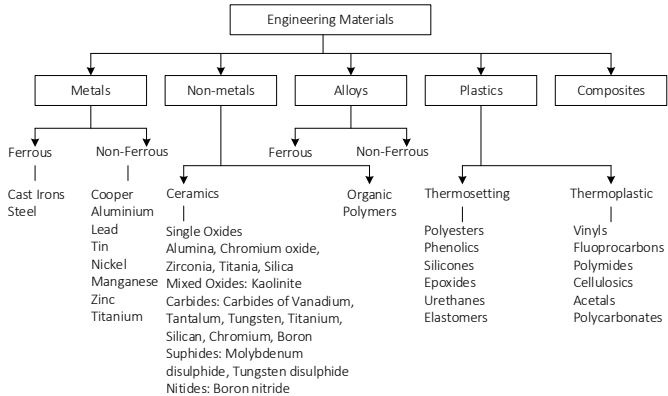
kehidupan manusia juga tak lepas dari kemampuan dalam membuat dan merekayasa material yang ada untuk memenuhi kebutuhan hidup (Nasmi, 2018). Material juga merupakan pendukung penting dalam desain produk, karena sifat dan karakteristik material akan menentukan pada saat *engineer* melakukan desain konsep pada suatu produk. Oleh karena itu perlu diketahui material apa yang akan digunakan, jenis, harga, dan pertimbangan lainnya (Tanjung, 2023). Memahami material adalah hal fundamental dalam studi proses manufaktur.

1. Klasifikasi Material

Pemilihan bahan saat merancang suatu produk dilakukan dengan mengetahui sifat yang dimiliki oleh bahan tersebut yang sesuai dengan fungsi dan prinsip kerja dari produk yang dirancang tersebut. Secara umum, sifat material dapat dibagi sebagai berikut (Irawan, 2017):

- a. Sifat mekanik adalah sifat atau perilaku material apabila diberi beban baik statik ataupun dinamik. Sifat ini meliputi *strength, elasticity, toughness, ductility, plasticity, stiffness, creep, hardness, fatigue, impact, brittleness, resilience* (menyerap energi *impact* dan *shock*).
- b. Sifat fisika dan kimia adalah sifat yang berhubungan dengan karakteristik fisik atau kondisi material tersebut. Sifat fisika diantaranya: *melting point, thermal expansion, density, specific heat, thermal and electrical conductivity* dan sifat magnetik. Sedangkan untuk sifat kimia meliputi: *oxidation, sulfidation, corrosion resistance, dan resistance*.
- c. *Manufacturing properties* atau sifat teknologi adalah sifat yang berhubungan dengan material untuk diproses lanjut. Sifat ini meliputi *machinability, workability, formability, castability, weldability, dan hardenability*.

Selain itu berdasarkan sifat-sifatnya, bahan teknik atau material dapat dibedakan dalam 5 kelompok besar, yaitu logam, non-logam, logam-paduan/*alloys*, plastik, keramik dan komposit. Material teknik secara umum dapat dilihat diklasifikasikan pada Gambar 1



Gambar 1 *General Classification on Engineering Materials* (Singh, 2010)

Adapun sifat-sifat bahan Teknik berdasarkan kelompoknya secara umum dapat dibagi sebagai berikut: (Irawan, 2017, p, 131)

- a. **Logam.** Memiliki modulus elastisitas tinggi, kuat, ulet, kekuatan tarik tinggi, tahan kelelahan, beberapa logam korosi dan temperatur tinggi, sifatnya dapat diperbaiki dengan melakukan pemaduan, perlakuan panas, dan pelapisan.
- b. **Keramik dan Gelas.** Memiliki modulus rendah, getas/tidak ulet, tidak tahan terhadap konsentrasi tegangan, susah dalam pembentukan, kaku, keras, tahan goresan dan gesekan, tahan terhadap temperatur tinggi, dan tahan korosi.
- c. **Karet dan Polimer.** Memiliki modulus elastisitas rendah, kekuatannya sama dengan logam, tidak tahan terhadap beban merayap/*creep*, tidak tahan temperatur tinggi, mudah dibentuk, tahan korosi, koefisien gesek rendah, dan tidak memerlukan proses *finishing*.
- d. **Komposit.** Bersifat ringan, kaku dan kuat, tangguh, dan tidak tahan temperatur tinggi.

Pengujian tarik statik menyebabkan deformasi bahan atau perubahan bentuk merupakan dasar pengujian dalam studi kekuatan bahan untuk melihat tingkat keamanan bahan jika menerima beban tegangan. Pengujian statik untuk tekan, bengkok dan puntir juga dilakukan karena terkadang komponen tidak hanya menerima beban tarik saja sehingga

terkadang menimbulkan dimensi berlebihan. Uji bengkok juga untuk melihat patahan yang ideal dari bahan uji yang keras dan getas. Pada poros kekuatan puntir menjadi penting untuk melihat geseran pada bidang. Pengujian keuletan dan patah ulet untuk variasi sifat karena temperatur dan laju regangan. Pengujian kekerasan untuk mengukur kekuatan atau ketahanan terhadap deformasi. Melar (*creep*) merupakan deformasi yang tergantung pada waktu, terutama dipengaruhi oleh temperatur. Kelelahan atau patahan lelah dapat disebabkan oleh tegangan berulang. Keausan dapat terjadi jika sebuah mesin dengan komponen yang bergerak dengan gesekan sehingga terjadi abrasi hingga komponen dapat berkurang fungsinya. Lingkungan juga mempengaruhi atau mengakibatkan korosi pada bahan.

Pada *process engineering* yaitu perancangan proses dalam pengerjaan suatu produk, perlu diperhatikan pemilihan proses yang tepat. Sebagai contoh pada proses pengolahan logam kegiatan manufacturing berupa *metallurgical transformation*, pengecoran, pembentukan dan pemotongan logam pengelasan, penyambungan, perakitan dan penyelesaian akhir (*finishing*) (Wignjosoebroto, 2006). Masing-masing jenis logam tentu memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda, oleh karena itu perlu dilakukan pemilihan logam yang tepat. Perancang perlu mengetahui kekuatan logam yang digunakan dalam menerima beban, kekerasan, kemampuan dalam menyerap energi, kemudahan untuk dibentuk, dan lainnya. Pembentukan logam melalui *mold* atau pencetakan juga membutuhkan ukuran/dimensi yang tepat agar dapat diketahui jika terjadi penyusutan pada logam yang akan mempengaruhi kualitas rancangan dari cetakan benda kerja yang diinginkan. Beberapa contoh di atas menunjukkan bahwa seorang *engineer* teknik industri juga memahami aspek perancangan termasuk pemilihan bahan yang tepat juga teknologi yang akan diaplikasikan.

Memahami karakteristik dan sifat dari material dalam suatu pengembangan atau perancangan produk akan sangat menentukan dalam keberhasilan mewujudkan konsep produk mulai dari desain sampai akhirnya menjadi produk nyata, seorang perancang harus menguasainya agar dapat memilih material yang tepat. Kebanyakan sifat-sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom yang membentuk bahan,

yaitu unsur dan komposisinya. Pengujian bahan juga dilakukan untuk mengetahui kekuatan bahan yang digunakan (Surdina & Saito, 2005). Selain itu juga penguatan bahan juga dapat dilakukan, sebagai contoh untuk produk pesawat terbang yang membutuhkan struktur yang memiliki ketahanan terhadap beban namun juga harus ringan agar dapat menghemat bahan bakar yang digunakan sehingga yang dapat dilakukan dalam teknologi bahan/materialnya adalah memperbaiki kekuatan bahan tersebut.

2. Perkembangan Material Modern

Perkembangan material didukung dengan kemajuan teknologi dan permintaan yang ada di masyarakat. Saat ini penelitian berkembang dengan pesat, siklus produk pun menjadi singkat sehingga bagian *Research* dan *Development* dalam suatu perusahaan harus terus bekerja dan memikirkan bagaimana caranya menarik hati konsumen dengan menghasilkan produk yang berkualitas serta mengikuti perkembangan jaman.

Pada beberapa dekade terakhir terdapat perubahan yang cukup signifikan dalam ilmu material, dimana penggunaan komputer juga digunakan untuk simulasi-simulasi dalam menemukan materi baru, memahami fenomena, serta memprediksi properti. Selain material di atas, terdapat pula jenis material baru yang saat ini semakin marak dikembangkan dan diteliti termasuk material nano, biomaterial, dan energi.

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi sumber material untuk pengembangan *advance materials*, yang dapat digunakan dalam riset penyimpan daya (*energy storage*) seperti super kapasitor dan baterai, sel surya, keramik dan berbagai bidang *advance* lainnya. Hal ini berkaitan dengan material seperti Natrium (Na), Magnesium (Mg) juga Karbon (Ca) yang berlimpah dalam kandungan air laut (gnfi, 2019).

C. MANUFAKTUR

Jurusan Teknik Produksi yang merupakan cikal bakal perkembangan Teknik Industri awal kali terbentuk pada tahun 1960 di Institut Teknologi Bandung (Gani, 2007). Teknik manufaktur atau yang pula diterjemahkan

sebagai *Production Engineering* menurut definisi dinyatakan sebagai “*designing the production process for a product*”. Secara umum manufaktur dipahami sebagai suatu kegiatan atau proses yang merubah bahan baku menjadi suatu produk.

Pada praktek manufaktur modern, setiap upaya dilakukan untuk mengurangi *scrap*, dengan tujuan utamanya adalah *zero defects* (Groover, 2020).

1. Definisi Manufaktur

Konferensi CIRP (Konferensi Internasional Penelitian Produksi) di tahun 1983 menyebutkan bahwa manufaktur adalah serangkaian kegiatan yang saling berhubungan dan kegiatan tersebut dimulai dari desain, pemilihan material, perencanaan, produksi manufaktur, jaminan mutu, mengelola dan pemasaran produk industri manufaktur (Nur & Suyuti, 2017).

Manufaktur dapat didefinisikan dalam dua cara, yaitu secara teknis dan ekonomi. Jika kita lihat pengertiannya secara teknis manufaktur adalah transformasi dari reaksi fisika-kimia dan sifat untuk mengubah geometri atau bentuk awal untuk membuatnya menjadi bentuk baru/produk, di dalam proses tersebut juga terdapat aktivitas perakitan ataupun penggunaan mesin terintegrasi, *tools*, energi juga operator. Sedangkan dari sisi ekonomi, dimaknai sebagai suatu proses bahan menjadi barang yang memiliki nilai tambah setelah melewati kegiatan proses operasi atau perakitan (Sulistyarini, 2018).

Industri Manufaktur dapat dibagi menjadi industri primer, sekunder, dan tersier. Industri primer adalah yang mengambil dan mengeksploitasi sumber daya alam, seperti pertambangan dan pertanian. Industri sekunder adalah yang mengambil luaran dari industri primer dan mengkonversinya menjadi *consumer* dan *capital goods*. Industri tersier yang membentuk sektor jasa ekonomi (Groover, 2020).

Manufactured Product merupakan produk akhir yang terbuat dari serangkaian proses manufaktur di suatu industri. Produk ini dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. *Consumer goods*, merupakan suatu produk dapat langsung digunakan oleh konsumen setelah dibeli.
- b. *Capital Goods*, merupakan suatu produk yang dapat digunakan guna menghasilkan produk yang berbeda atau menghasilkan jasa setelah dibeli.

2. Dasar Sistem Manufaktur

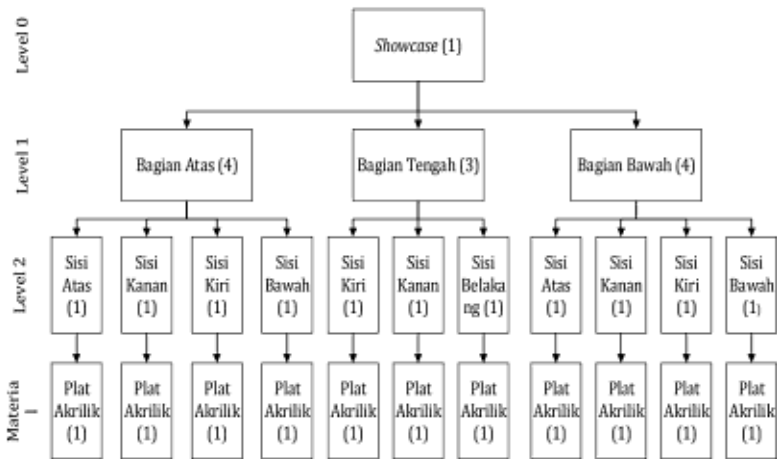
Sistem manufaktur memiliki aspek-aspek yang mempengaruhinya, adapun ketiga aspek yang tersebut adalah:

- a. Aspek struktural merupakan kumpulan perangkat keras dalam kegiatan produksi, bahan/peralatan, pekerja dan lainnya. Sehingga aspek ini membentuk *layout* (ruang statis) dari suatu pabrik. Hal ini disebut juga sebagai sistem produksi.
- b. Aspek transformasi atau fungsional dimaknai sebagai proses perubahan sumber daya atau bahan baku menjadi produk akhir, targetnya adalah produktivitas yang tinggi. Hal ini disebut dengan sistem proses produksi yang juga berhubungan dengan aliran bahan. Selain itu juga mencakup konsumen dan produsen atau sistem logistik.
- c. Aspek prosedural mendefinisikan sistem manufaktur sebagai prosedur operasi produksi yang menjadi sistem manajemen dalam manufaktur. Termasuk di dalamnya perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian. Manajemen biasanya terdiri dari menetapkan sasaran, melakukan kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pengintegrasian, pengendalian, dan lainnya.

Pada proses pengerjaan suatu produk terdapat aktivitas yang disebut dengan kerja bangku atau *bench work* dimana kegiatan pembentukan, perakitan, perbaikan dilakukan di atas meja kerja (*work bench*). Pekerjaan ini tentu membutuhkan alat-alat pendukung seperti mesin gerinda, mesin las, bor dan lainnya. Mesin *Computer Aided Design* (CAD) atau *Computer Aided Manufacturing* (CAM) juga digunakan dalam kegiatan kerja bangku. Teknologi CAD menggunakan sistem computer dalam merancang, melakukan pengembangan atau modifikasi agar desain menjadi lebih optimal. Sedangkan CAM digunakan untuk merencana, mengelola serta

mengendalikan operasi manufaktur sebagai contoh mesin CNC atau *Computer Numerical Control*.

Faktor penting sebagai pendukung dalam proses *bench work* adalah *Bill of Material (BoM) tree* yang akan memberikan informasi terkait spesifikasi produksi. Pada BoM akan terdapat informasi mengenai material-material yang akan digunakan, bahan baku yang dibutuhkan dan jumlah komponen sehingga akan didapati biaya bahan yang dibutuhkan. *Bill of Material* juga terdiri dari level-level yang akan menunjukkan urutan pengerjaan juga perakitan mulai dari produk yang dibuat lalu diturunkan menjadi komponen pendukung untuk menghasilkan produk tersebut, hingga komponen dan material yang akan digunakan. Contoh *Bill of Material Tree* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 *Bill of Material Tree* (Nur & Suyuti, 2017)

Selain *BoM tree* juga terdapat *Bill of Materials table* yaitu daftar komponen secara lengkap dalam bentuk tabel. Faktor pendukung lainnya adalah peta-peta kerja yang akan memberi informasi tahapan pengerjaan, diantaranya peta proses operasi yang akan memberikan informasi terkait proses yang akan dialami oleh bahan baku/material. Lalu peta aliran proses akan memberi gambaran semua aktivitas dalam pengerjaan produk termasuk transportasi, dan juga diagram aliran yang akan memberikan

informasi terkait langkah proses namun dengan pemetaan menggunakan *layout* fasilitas. Peta-peta ini juga berfungsi sebagai penanda waktu standar pengerjaan produk dan juga sebagai kontrol terkait aktivitas yang kurang produktif juga jarak tempuh, sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk dilakukannya perbaikan.

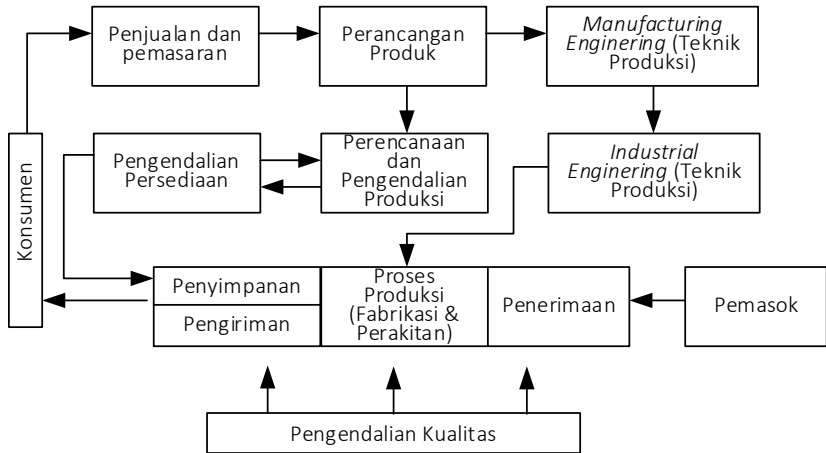
Ketika bahan baku, jumlah komponen, jenis, telah diketahui kita dapat menentukan estimasi biaya produksi. Akan ada tiga komponen biaya utama yang meliputi biaya material langsung, biaya pekerjaan langsung dan biaya *overhead*. Estimasi biaya merupakan salah satu langkah utama dalam kegiatan manufaktur.

Kegiatan manajemen produksi terdiri dari strategis perencanaan produksi dan operasional manajemen produksi. Hal yang dilakukan pada perencanaan produksi adalah menetapkan terlebih dahulu tujuan produksi lalu merencanakan sumber daya produksi. Sedangkan prosedur operasional dimulai dari menentukan agregat produksi, menentukan aliran proses, melakukan penjadwalan produksi, pelaksanaan produksi dan melakukan kontrol apakah kegiatan telah sesuai dengan rencana dan jadwal yang telah ditetapkan (Nur & Suyuti, 2017).

Berdasarkan jumlah ataupun volume produksi yang dihasilkan, sistem produksi dapat dibagi sebagai berikut (Wignosoebroto, 2006):

- a. *Job shop* yaitu membuat produk berdasarkan pesanan (*job order*). Jumlah atau kuantitas produksi biasanya rendah memenuhi permintaan yang spesifik dengan fleksibilitas tinggi karena mesin atau fasilitas harus melayani berbagai aktivitas. Terkadang menimbulkan biaya yang tinggi dikarenakan faktor yang mempengaruhinya.
- b. *Batch Production* yaitu menghasilkan produk dengan cara bersamaan dalam satu ukuran lot dengan satu kali setup dengan skala medium.
- c. *Mass Production* yaitu tipe produksi massal yang dilakukan untuk menghasilkan produk dalam jumlah yang besar tetapi cenderung sejenis atau sama. Karena kecenderungannya mesin atau peralatan mengerjakan produk dengan tipe khusus/tertentu sehingga terkadang menimbulkan biaya investasi yang tinggi.

Langkah-langkah dalam suatu siklus manufaktur dapat berbeda-beda tergantung dari tipe industri, selain itu produk yang dihasilkan juga memberikan perbedaan, skala industri, atau pula gaya manajemen yang diterapkan. Siklus manufaktur disebut juga sebagai langkah atau proses dimana awal produk diinginkan oleh konsumen, dibuat hingga didistribusikan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Siklus tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Siklus Aktivitas Manufaktur (Groover, 1980 dalam Wignjosoebroto, 2006)

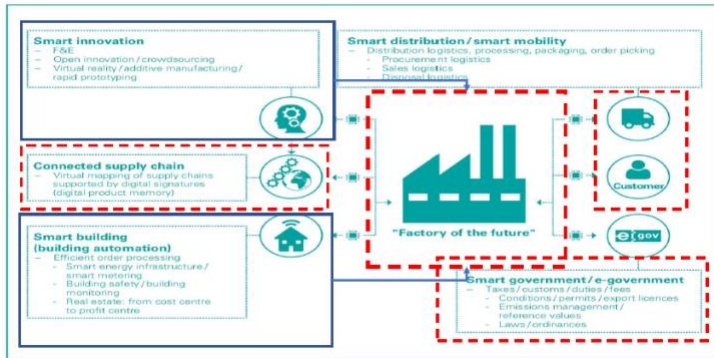
Pada siklus manufaktur ini digambarkan saat permintaan konsumen datang artinya hal tersebut merupakan *order* yang akan diformulasikan oleh bagian pemasaran dan penjualan dari material menjadi produk yang diinginkan. Lalu produk harus dibuat dengan spesifikasi khusus, di lakukanlah perancangan produk. Tahap selanjutnya adalah teknik produksi atau manufaktur diantaranya memberikan *feedback* terkait rancangan produk lalu menetapkan langkah operasional, menetapkan spesifikasi dan *tools* yang akan digunakan. Perencanaan dan pengendalian produksi akan membuat *master schedule* terkait berapa unit yang akan diproduksi dari masing-masing produk, jadwal produksi akan meliputi *requirement planning, scheduling, dispatching* dan ekspedisi. Pada departemen teknik industri menetapkan waktu standar dan metode kerja yang dapat meningkatkan produktivitas. Bagian pengendalian kualitas, produksi,

proses, dan peralatan akan bertugas memeriksa dan bertanggung jawab untuk menjamin kualitas produk dan komponen sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Hingga akhirnya aktivitas pengiriman dan pendistribusian produk ke konsumen.

3. Perkembangan Industri Manufaktur

Saat ini perkembangan industri telah semakin pesat, istilah *Industry 4.0* mulai digaungkan lewat Hannover Fair, 2011. Pemerintah Jerman menggunakan istilah ini dalam penggunaan teknologi yang lebih *advanced* untuk memajukan bidang industri ke tingkat yang lebih tinggi dengan menitikberatkan pada digitalisasi (Kominfo.go.id). Implementasi Industri 4.0 di bidang manufaktur akan berhubungan dengan persiapan infrastruktur dan teknologi informasi juga komunikasi terkait: *Artificial Intelligence, Internet of Things (IoT), Big Data, Cloud Computing, Virtual dan Augmented Reality, Mobility*, sistem sensor dan otomasi.

Kegiatan manufaktur tradisional terbatas pada suatu set operasi untuk mengubah bahan mentah menjadi suatu produk jadi, dengan perkembangan teknologi *Information and Communication Technology (ICT)*. Kegiatan perencanaan dan pengendalian aktivitas produksi menggunakan ICT dan data dalam jaringan maka kegiatan manufaktur pun mulai beralih ke *smart manufacturing*. Kegiatan *manufacturing* menjadi proses yang dikendalikan dengan data-data pada semua level manufaktur sehingga bergerak menjadi *adaptive manufacturing*. Pada gambar 3.4 merupakan gambaran perusahaan/pabrik di masa depan yang telah menerapkan *smart manufacturing* (Halim, 2020).



Gambar 4 Smart Manufacturing

Smart manufacturing atau manufaktur cerdas merupakan suatu sistem yang saling terintegrasi dengan respon yang *real-time* dalam kegiatan manufaktur. Pada tahun 2000an dimana perangkat pintar sudah mulai marak digunakan dan sebagiannya dapat mengganti tugas-tugas manusia. Sistem ini juga menjawab tantangan permintaan konsumen yang semakin kompetitif, produk *customized*, persaingan yang cepat sehingga industri harus cepat merespon hal tersebut. Integrasi data, *Internet of Things* (IoT) dan pemanfaatan ICT ini tentunya juga akan membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan. *Smart manufacturing* juga dapat membantu dalam meningkatkan produksi jika memiliki data kebutuhan secara *real time*, membuat produksi lebih fleksibel karena cepat dalam merespon permintaan konsumen. Kegiatan produksi berjalan dengan lebih efektif dan efisien sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

D. RANGKUMAN MATERI

Pada 2020 Kementerian Perindustrian menyatakan kontribusi sektor industri di Indonesia yang mencapai 19,8% juga melampaui rata-rata dunia yang sebesar 16,5% (Kemenperin, 2022). Peta jalan *Making Indonesia 4.0* juga memberikan peluang bagi revitalisasi industri manufaktur Indonesia untuk menjadi satu dari sepuluh negara ekonomi terbesar di dunia. Hal ini ditempuh melalui pengembangan tujuh industri prioritas, yaitu makanan dan minuman, tekstil dan pakaian jadi, otomotif, elektronik, kimia, farmasi, dan alat kesehatan. Ketujuh sektor prioritas ini juga memberi kontribusi

terhadap penyerapan tenaga kerja industri. (Kemenperin, 2023). Sesuai dengan janji yang telah disepakati oleh para pemimpin dunia dalam *Sustainable Development Goals* (SDG's).

Pemilihan bahan atau material menjadi hal penting sebelum seorang *engineer* memulai kegiatan perancangannya. Pengetahuan tentang bahan terkait sifat, kemampuan akan membuat perancang mengetahui kekuatan serta performa hingga estimasi biaya yang akan dibutuhkan sehingga dapat menentukan estimasi biaya yang dibutuhkan dan mewujudkan desain menjadi produk nyata. Perkembangan studi dan penelitian pada material membuat produk menjadi semakin variatif. Transformasi suatu desain sampai menjadi suatu produk membutuhkan aktivitas manufaktur yang panjang. Teknologi dan perkembangan zaman tentu memberikan andil dalam aktivitas industri untuk memenuhi permintaan konsumen yang semakin kompetitif. Sentuhan ICT dan *cyber system* juga telah membawa dunia industri dalam *smart manufacturing* di era *Industrial Revolution 4.0*.

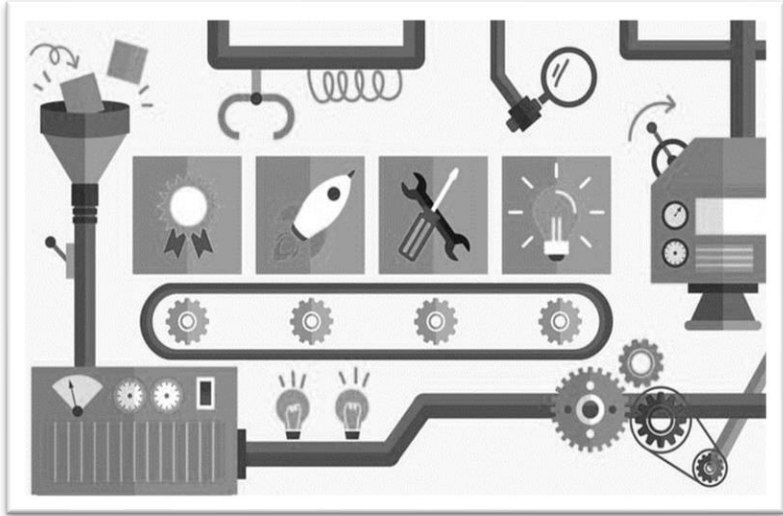
TUGAS DAN EVALUASI

1. Jelaskan pemahaman Anda terkait sifat-sifat dan karakteristik material yang digunakan dalam dunia industri?
2. Jelaskan perkembangan material yang digunakan dalam industri dan apa saja potensi yang dimiliki oleh Indonesia terkait pengembangan bahan teknik selain yang telah disebutkan pada topik di atas?
3. Jelaskan bagaimana penetapan pembangunan berkelanjutan dalam *Sustainable Development Goals* dapat mempengaruhi dunia industri?
4. Jelaskan pendapat Anda terkait perkembangan dunia industri manufaktur di masa depan?
5. Jelaskan pemahaman Anda terkait peran seorang sarjana Teknik industri dalam material dan manufaktur?

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. F. (2005). *Material Selection in Mechanical Engineering*, Third Edition. Oxford: Pergamon Press.
- Gani, A. Z. (2007). *Hikayat Kehidupan Dalam Hutan Belantara Teknik Industri*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- gnfi. (2019, October 20). *Jelang 55 Tahun Perkembangan Teknologi Material Indonesia*. Retrieved from Good News from Indonesia: <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2019/10/20/jelang-55-tahun-perkembangan-teknologi-material-indonesia>
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of Modern Manufacturing (Materials, Processes, and Systems Seventh Edition)*. New York City: Wiley.
- Halim, A. H. (2020). *Hakekat Teknik Industri*. Banten: Forum Silaturahmi BKSTI Korwil Jawa Barat.
- Irawan, A. P. (2017). *Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*. Yogyakarta: Andi.
- Kemenperin. (2022, Februari 10). *Industri Manufaktur Indonesia Semakin Ekspansif*. Retrieved from Kementerian Perindustrian Republik Indonesia: <https://kemenperin.go.id/artikel/23125/Industri-Manufaktur-Indonesia-Semakin-Ekspansif>
- Kemenperin. (2023, April 20). *Sesi Conference Hannover Messe 2023: Memperkuat Ekosistem Manufaktur melalui Akselerasi Industri 4.0*. Retrieved from Kementerian Perindustrian Republik Indonesia: <https://kemenperin.go.id/artikel/24011/Sesi-Conference-Hannover-Messe-2023:-Memperkuat-Ekosistem-Manufaktur-melalui-Akselerasi-Industri-4.0>
- Kominfo. (2018, November 28). *Making Indonesia 4.0 makin "Joss" dengan IoT*. Retrieved from Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia: https://www.kominfo.go.id/content/detail/15456/making-indonesia-40-makin-joss-dengan-iot/0/sorotan_media
- Nasmi, H. S. (2018). *Material Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2017). *Pengantar Sistem Manufaktur*. Yogyakarta: Deepublish.

- Singh, S. (2010). Elements of Mechanical Engineering (GTU). New Delhi: S. Chand Publishing.
- Surdina, T., & Saito, S. (2005). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Tanjung, E. F. (2023). The Roles of Engineers in Nuclear Industry. Powerpoint Slide.
- Wignjosoebroto, S. (2006). Pengantar Teknik & Manajemen Industri. Surabaya: Guna Widya



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 4: SISTEM PRODUKSI DAN OPERASI

Y Dicka Pratama, S.T., M.T.¹ & Theresia Sunarni, ST., MT.²

Universitas Katolik Musi Charitas

BAB 4

SISTEM PRODUKSI DAN OPERASI

A. PENDAHULUAN

Perusahaan menjalankan proses produksi atau operasional untuk membuat produk atau layanan yang dibutuhkan oleh pelanggan. Aktivitas perusahaan yang paling utama adalah pemenuhan permintaan konsumen atau pelanggan. Perusahaan merancang berbagai strategi untuk dapat memenuhi permintaan pelanggan. Saat ini perkembangan teknologi yang begitu pesat, mempengaruhi preferensi pelanggan terhadap suatu kebutuhan tertentu. Kondisi ini berdampak pada permintaan produk atau jasa yang begitu dinamis.

Pemenuhan kebutuhan pelanggan adalah aspek yang penting. Di sisi lain perusahaan juga perlu melakukan perencanaan proses produksi atau operasi yang baik untuk menjaga keberlangsungan perusahaan. Efektivitas dan efisiensi proses produksi dan operasional menjadi kunci bagi profitabilitas perusahaan. Perusahaan yang mampu menjaga efektivitas dan efisiensi proses produksi dan operasional dapat mendapatkan keunggulan bersaing (*competitive advantage*). Efektivitas dan efisien dalam perencanaan proses produksi dan operasi berkaitan dengan strategi perusahaan untuk mengalokasikan berbagai sumber daya yang dibutuhkan (Biswas dan Baral, 2021)

Perencanaan proses produksi dan operasi dihadapkan pada tantangan yang berbeda antara industry manufaktur dan industri. Industri manufaktur dan industry jasa memiliki karakter yang berbeda dalam banyak aspek. Perbedaan utama antara industry manufaktur dan jasa terletak pada *intangibility* (Xiang, 2009). Output dari industry manufaktur

lebih nyata jika dibandingkan dengan industri jasa. Selain itu perbedaan lain adalah proses produksi dan konsumsi untuk industri jasa dilakukan pada waktu dan tempat yang sama. Hal ini berbeda dengan industry manufaktur, proses produksi dilakukan jauh sebelum proses konsumsi. Oleh karena itu industry manufaktur dapat melakukan disposisi produk yang *defect* sebelum didistribusikan kepada pelanggan.

Istilah produksi dan operasi di beberapa literatur masih sering tertukar atau *interchangeably* (Gupta dan Star, 2014). Beberapa literatur mendefinisikan produksi dan operasi adalah dua hal yang sama. Jika dilihat istilah produksi merupakan istilah lama yang berkaitan dengan industry manufaktur. Dari sejarah revolusi industri, industri manufaktur yang paling berkembang pesat. Kondisi ini berbeda pada beberapa teori yang lebih banyak membah system atau manajemen produksi. Di beberapa decade terakhir industri jasa juga mulai muncul dan berkembang maju. Istilah produksi dirasa tidak terlalu relevan lagi, sehingga literatur lebih banyak menggunakan istilah system atau manajemen operasi.

Pada Bab 4 ini diberikan materi tentang sistem produksi dan operasi. Ada beberapa *learning outcome* (LO) yang diharapkan dicapai oleh mahasiswa-mahasiswi dari bab ini, seperti;

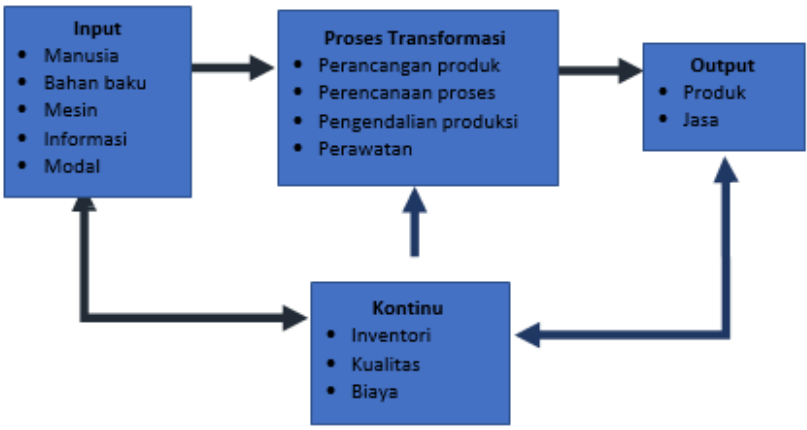
1. Mampu memahami definisi dan konsep system produksi dan operasi. Dalam LO pertama ini juga diharapkan mahasiswa mampu membedakan antara produk dan jasa.
2. Mampu memahami dan menjelaskan klasifikasi sistem produksi
3. Mampu memahami dan menjelaskan perancangan sistem produksi.
4. Mampu memahami dan menjelaskan perancangan dan pengendalian operasi.
5. Mampu memahami dan menjelaskan pengembangan produk
6. Mampu memahami dan menjelaskan manajemen kualita

B. DEFINISI DAN KONSEP SISTEM PRODUKSI DAN OPERASI

Pada mulanya pengertian produksi hanya dikaitkan dengan unit usaha fabrikasi yaitu yang menghasilkan barang-barang nyata, seperti mobil, perabot, semen, dan lain-lain. Namun kemudian pengertian produksi menjadi semakin luas. Produksi didefinisikan sebagai konversi selangkah demi selangkah dari satu bentuk bahan menjadi bentuk lain melalui proses

kimia atau mekanis untuk menciptakan atau meningkatkan kegunaan produk kepada pengguna. Jadi produksi adalah proses penambahan nilai. Pada setiap tahap dari pengolahan, akan ada penambahan nilai (Kumar et.al., 2008). Edwood Buffa (2007) mendefinisikan produksi sebagai suatu proses di mana barang dan jasa diciptakan. Beberapa contoh produksi adalah membuat produk sesuai pesanan seperti, boiler dengan kapasitas tertentu, membangun rumah susun, beberapa pekerjaan fabrikasi struktural untuk pelanggan terpilih, dan pembuatan produk standar seperti, mobil, bus, sepeda motor, radio, televisi.

Sistem produksi merupakan sistem yang mengubah (melakukan transformasi) sumber daya input menjadi output yang memiliki nilai lebih tinggi. Secara skematis sistem produksi dapat digambarkan pada Gambar 1. Lingkungan Informasi Umpan Balik Pada gambar di bawah ditunjukkan adanya informasi umpan balik yang digunakan dalam pengendalian teknologi proses atau masukan-masukan. Sistem transformasi tersebut selalu berinteraksi dengan lingkungannya. Terdapat dua macam lingkungan yang perlu diperhatikan dalam sistem produksi, yakni



Gambar 1. Skema Sistem Produksi

- a. Lingkungan internal, yaitu lingkungan di dalam perusahaan tetapi di luar fungsi operasi. Ada kemungkinan manajemen perusahaan yang lebih tinggi, atau fungsi di luar fungsi operasi mengubah kebijakan, sumber daya, tujuan dan sebagainya, sehingga mau tidak mau sistem transformasi pada fungsi operasi harus menyesuaikan dengan keadaan lingkungan yang baru.
- b. Lingkungan eksternal, yaitu lingkungan di luar perusahaan. Lingkungan di luar perusahaan dapat mengalami perubahan baik itu menyangkut masalah politik, sosial, ekonomi maupun kebijakan pemerintah, ataupun juga keinginan dan tuntutan dari konsumen, sehingga akan mengakibatkan perubahan pada masukan, keluaran ataupun sistem transformasi operasi.

Sebagai contoh adalah adanya perubahan keadaan ekonomi menyebabkan manajemen operasi melakukan perbaikan pada prakiraan permintaan.

Operasi adalah kegiatan yang dilakukan sebagai bagian dari rencana kerja dengan suatu proses yang dirancang untuk mencapai tujuan yang praktis dan konkrit (Gupta et.al., 2014). Operasi dapat didefinisikan dalam hal misi yang dilayani untuk organisasi, teknologi yang digunakan dan proses manusia dan manajerial yang terlibat. Operasi dalam suatu organisasi dapat dikategorikan menjadi operasi manufaktur dan operasi jasa. Operasi manufaktur adalah konversi proses yang mencakup manufaktur menghasilkan output yang nyata: produk, sedangkan proses konversi yang mencakup layanan menghasilkan keluaran yang tidak berwujud: perbuatan, kinerja, usaha.

Sistem operasi mengubah input untuk menyediakan output yang dibutuhkan oleh pelanggan. Sistem operasi mengubah sumber daya fisik menjadi output, yang fungsinya untuk memuaskan keinginan pelanggan menyediakan beberapa utilitas bagi pelanggan. Di beberapa organisasi produk adalah fisik baik (hotel) sedangkan di lain itu adalah layanan (rumah sakit). Layanan bus dan taksi, penjahit, rumah sakit dan builder adalah contoh sistem operasi. Peran dan fungsi manajemen operasi di sini adalah pengawasan dan perencanaan serta perbaikan sistem operasi. Hal terpenting dalam sistem produksi adalah kegiatan yang berupa

pengawasan dan perencanaan operasi. Secara umum istilah produksi dan operasi memiliki makna yang sama.

Istilah produksi merupakan istilah lama yang digunakan karena pada awalnya proses produksi menghasilkan produk lebih dominan atau lebih dikenal sebagai industri manufaktur/fabrikasi. Seiring berjalannya waktu, ketika industri jasa mulia berkembang pesat, istilah produksi dirasa sudah tidak relevan, sehingga istilah operasi dirasa lebih mewakili. Proses operasi tidak hanya mengubah input menjadi output dari produk yang lebih tangible, namun juga intangible yaitu jasa atau layanan. Industri manufaktur dan industri jasa memiliki karakteristik yang berbeda. Beberapa konsep dalam industri jasa tidak bias menggunakan konsep dalam industri manufaktur. Dengan demikian istilah produksi dan manufaktur berbeda dari sisi ruang lingkupnya. Istilah operasional lebih luas ruang lingkup jika dibandingkan dengan istilah produksi.

C. KLASIFIKASI SISTEM PRODUKSI

Sistem produksi dapat diklasifikasikan sebagai sistem produksi job shop, batch, mass dan continuous (Kumar et.al., 2008).

1. Job Shop Production

Produksi job shop ditandai dengan pembuatan satu atau beberapa kuantitas produk dirancang dan diproduksi sesuai spesifikasi pelanggan dalam waktu dan biaya di awal. Karakteristik yang membedakan adalah volume rendah dan variasi produk yang tinggi. Job shop terdiri dari mesin serba guna yang diatur ke dalam departemen yang berbeda. Setiap pekerjaan menuntut persyaratan teknologi yang unik, menuntut pemrosesan pada mesin di urutan tertentu. Sistem produksi job shop diikuti ketika:

- a. Variasi produk yang tinggi dan volume yang rendah.
- b. Penggunaan mesin dan fasilitas serba guna.
- c. Operator yang sangat terampil yang dapat mengambil setiap pekerjaan sebagai tantangan karena keunikannya.
- d. Persediaan bahan, alat, suku cadang yang besar.
- e. Perencanaan terperinci sangat penting untuk mengurutkan kebutuhan setiap produk, kapasitas untuk setiap pusat kerja dan urutan prioritas.

2. Batch Production

Produksi batch didefinisikan oleh American Production and Inventory Control Society (APICS) sebagai suatu bentuk manufaktur di mana pekerjaan melewati departemen fungsional dalam banyak atau batch dan setiap lot mungkin memiliki rute yang berbeda. Ini ditandai dengan pembuatan jumlah terbatas produk yang diproduksi secara berkala dan disimpan menunggu penjualan. Sistem produksi batch digunakan dalam keadaan:

- a. Ketika produksi berjalan lebih singkat.
- b. Ketika pabrik dan mesin fleksibel.
- c. Ketika pengaturan pabrik dan mesin digunakan untuk produksi barang dalam batch dan perubahan pengaturan diperlukan untuk memproses batch berikutnya.
- d. Ketika lead time produksi dan biaya lebih rendah dibandingkan dengan produksi pesanan pekerja

3. Mass Production

Sistem produksi ini dibenarkan oleh volume produksi yang sangat besar. Mesin diatur dalam lini atau tata letak produk. Standardisasi produk dan proses ada dan semua output mengikuti jalan yang sama. Produksi massal digunakan dalam keadaan berikut:

- a. Standarisasi urutan produk dan proses
- b. Mesin tujuan khusus yang memiliki kapasitas produksi dan tingkat output lebih tinggi.
- c. Volume produk yang besar
- d. Waktu siklus produksi yang lebih pendek
- e. Lebih rendah dalam persediaan proses
- f. Lini produksi yang sangat seimbang
- g. Aliran material, komponen, dan suku cadang terus menerus dan tanpa pelacakan balik
- h. Perencanaan dan pengendalian produksi mudah
- i. Penanganan material bisa sepenuhnya otomatis

4. Continuous Production

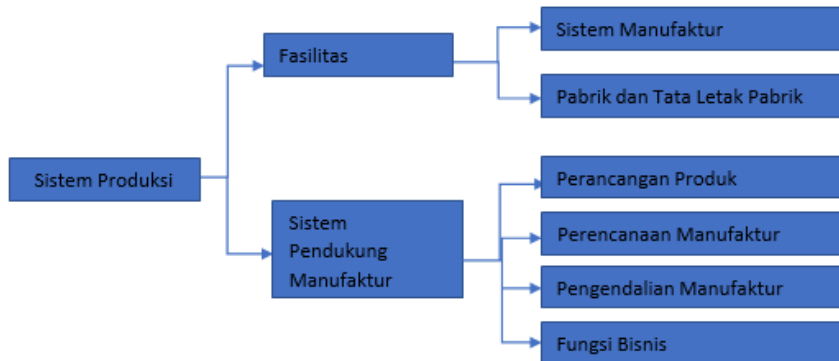
Fasilitas produksi disusun sesuai urutan operasi produksi dari operasi pertama hingga produk jadi. Produk dibuat mengalir melalui urutan operasi melalui perangkat penanganan material seperti konveyor, perangkat transfer, dan lain-lain. Produksi berkelanjutan digunakan dalam keadaan berikut:

- a. Pabrik dan peralatan khusus dengan fleksibilitas nol
- b. Penanganan material sepenuhnya otomatis
- c. Proses mengikuti urutan operasi yang telah ditentukan sebelumnya
- d. Bahan komponen tidak dapat langsung diidentifikasi dengan produk akhir
- e. Perencanaan dan penjadwalan merupakan tindakan rutin

D. PERANCANGAN SISTEM PRODUKSI

Sistem produksi adalah kumpulan orang, peralatan, dan prosedur yang diatur untuk melakukan operasi manufaktur perusahaan. Sistem produksi terdiri dari dua komponen utama seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 (Groover, 2015).

Fasilitas fisik dari sistem produksi meliputi peralatan, cara peralatan ditata, dan pabrik tempat peralatan berada. Sistem pendukung manufaktur adalah prosedur yang digunakan oleh perusahaan untuk mengelola produksi dan untuk memecahkan masalah teknis dan logistik yang dihadapi dalam memesan bahan, memindahkan bahan, dan memastikan bahwa produk memenuhi standar kualitas. Desain produk dan fungsi bisnis juga termasuk dalam sistem pendukung manufaktur.



Gambar 2. Komponen Utama Sistem Produksi

Perancangan sistem produksi adalah perancangan suatu produk yang akan diproduksi, merancang produk merupakan salah satu syarat untuk produksi. Hasil dari desain produk yang telah disetujui selanjutnya dilanjutkan ke bagian operasi untuk dijadikan sebagai spesifikasi produksi. Desain produk merupakan hal yang sangat penting dalam menjaga kelangsungan hidup suatu perusahaan. Kemajuan teknologi berdampak pada berkembang pesatnya desain-desain produk yang secara terus menerus. Sebagian besar perusahaan secara kontinyu melakukan perubahan, perbaikan dan pengembangan terhadap produk-produk lama yang sudah ketinggalan jaman.

Perancangan sistem produksi adalah perencanaan lokasi pabrik, infrastruktur pabrik, sarana dan fasilitas produksi, lingkungan kerja, penentuan jenis barang yang diproduksi, jumlah barang yang diproduksi, desain produksi, bahan baku yang dibutuhkan, dan cara pengolahan.

- a. Analisa Perancangan Kerja (*Method Engineering*), tujuan method engineering adalah melakukan perbaikan metode kerja di setiap bagian untuk meningkatkan fleksibilitas sistem kerja, kepuasan pelanggan dan meningkatkan produktivitas kerja.
- b. Studi Kerja (*Work Study*), perbaikan proses, prosedur dan tata cara pelaksanaan penyelesaian pekerjaan. Perbaikan dan penghematan penggunaan material, mesin/fasilitas kerja serta tenaga kerja. Perbaikan tata ruang kerja yang mampu memberikan suasana

kerja/lingkungan kerja yang lebih aman dan nyaman. Pendayagunaan usaha manusia dan pengurangan gerakan-gerakan (*motion*) kerja yang tidak perlu ataupun penyederhanaan kerja (*work simplification*).

Penyederhanaan kerja bertujuan mencari cara kerja yang terbaik (lebih mudah, lebih cepat, efisien, efektif, dan menghindari pemborosan material, waktu, tenaga dan lain-lain). Lima langkah penyederhanaan kerja yaitu:

- a. Memilih kegiatan kerja yaitu kegiatan yang tidak efisien atau kegiatan yang penyelesaiannya lambat dan ingin diperbaiki.
- b. Pengumpulan dan pencatatan data/fakta yang berkaitan dengan metode kerja yang selama ini dilaksanakan, informasi yang berkaitan dengan urutan kegiatan, gerakan-gerakan kerja, layout dan lain-lain.
- c. Analisa terhadap langkah-langkah kerja. Langkah-langkah yang tidak efisien dicari penyebabnya.
- d. Usulan alternatif metode kerja yang lebih baik efisien dan efektif diusulkan. Sebelum usulan diputuskan terlebih dahulu diuji coba.
- e. Aplikasi dan evaluasi metode kerja baru. Mengaplikasikan alternatif metode kerja yang lebih baik untuk menggantikan metode yang lama,

Beberapa tahapan yang perlu dilakukan dalam perancangan sistem produksi:

- a. Melakukan penelitian dan pengembangan terhadap pasar. Bertujuan agar produk yang diproduksi nantinya dapat sukses di pasaran sehingga memberikan keuntungan yang besar bagi perusahaan.
- b. Menyesuaikan teknologi dengan operasi. Fungsinya adalah agar produk yang dihasilkan sesuai antara desain dan operasi, dan tidak menimbulkan masalah ketika proses produksi sudah mulai berjalan.
- c. Menganalisa metode kerja, penggunaan material dan waktu kerja. Tujuan pokoknya adalah memperbaiki proses, prosedur dan pelaksanaan dalam menyelesaikan pekerjaan, melakukan penghematan penggunaan material, serta memperbaiki tata ruang agar lebih efektif, efisien, aman dan nyaman. Berikut adalah gambar yang menunjukkan proses urutan operasi, gunanya adalah untuk mengetahui proses yang tidak produktif.

- d. Mengembangkan teknologi. Di lihat dari segi produk, fungsi pengembangan teknologi bertujuan agar produk tidak ketinggalan jaman dan tidak kalah bersaing di pasaran, serta meningkatkan kualitas produk tersebut. Dan jika dilihat dari segi produksi, kontribusi pengembangan teknologi dapat terlihat dari cara proses kerja lebih efektif, seperti adanya tombol/saklar, adanya mesin conveyor dan masih banyak lagi yang lainnya. Gunanya untuk menjaga kondisi karyawan agar tidak mudah lelah dan tidak jenuh.

E. PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN OPERASI

Pada bagian sebelumnya sudah dijelaskan penggunaan istilah produksi dan operasi. Kegiatan operasional tidak sekedar hanya menghasilkan produk atau layanan, namun juga berkaitan dengan menghasilkan nilai bagi pelanggan dengan melakukan transformasi input menjadi output (Heizer dkk, 2017). Perusahaan perlu merencanakan dan melakukan pengendalian operasional untuk memastikan bahwa proses transformasi dilakukan dengan cara yang efektif dan efisien.

Kompleksitas kegiatan operasional berbeda-beda tergantung jenis perusahaan. Secara umum industri dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu industri manufaktur dan industri jasa. Dua industri ini memiliki karakteristik yang berbeda. Salah satu perbedaan adalah industri manufaktur dirancang agar proses yang dilakukan menghasilkan variasi yang kecil, sehingga prosesnya didesain untuk melakukan kegiatan yang sifatnya berulang (*repetitive*) (Gupta dan Star, 2014). Industri jasa sebaliknya, dalam industri jasa lebih dinamis, sehingga standarisasi proses tidak banyak bermanfaat. Selain itu industri manufaktur melakukan transformasi sesuatu yang tangible, sedangkan industri jasa biasanya lebih *intangible*. Hal ini dapat berdampak pada pengelolaan persediaan. Untuk industri manufaktur memungkinkan adanya persediaan baik raw material, barang setengah jadi, maupun barang jadi. Industri jasa antara proses produksi dan konsumsi dilakukan pada waktu dan tempat yang sama, sehingga tidak dimungkinkan adanya persediaan. Perbedaan karakteristik antara industri manufaktur dan jasa ini yang mempengaruhi kompleksitas pengelolaan kegiatan operasional.

Setiap perusahaan memiliki tujuan dalam menjalankan proses operasi. Secara jangka pendek bias terkait dengan *profitability*, namun secara jangka panjang bisa terkait dengan keberlanjutan (*sustainability*). Untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan perlu strategi pengelolaan kegiatan operasionalnya. Secara umum terdapat tiga strategi yang digunakan perusahaan, seperti; *differential*, *cost leadership*, dan *response* (Haizer dkk, 2017). Pada gambar 4.3 di bawah diberikan gambaran pengelolaan operasional dan hubungannya dengan strategi perusahaan.

Perusahaan dapat mendasar salah satu atau beberapa strategi yang ada. Namun secara umum jarang perusahaan yang memiliki keunggulan bersaing dengan produk atau layanan unik (*better*), harga yang murah, dan respon yang cepat. Perusahaan yang menggunakan strategi *differentiation* membutuhkan investasi sumberdaya seperti teknologi, sumberdaya manusia yang terampil, dan kegiatan penelitian dan pengembangan (Widuri dan Susanto, 2018). Di sisi lain dengan strategi *differentiation* perusahaan dapat menikmati keuntungan karena bisa memperbesar margin. Di sisi lain perusahaan dapat menggunakan strategi untuk memaksimalkan keunggulan adalah hal *cost leadership*. Strategi ini dilakukan dengan memaksimalkan skala ekonomi perusahaan, lingkup ekonomi, dan operasional yang efisien (Kimiti dkk, 2020). Dengan strategi *cost leadership* perusahaan dapat meningkatkan market share secara signifikan dan pada akhirnya menguasai pasar. Baik strategi *differentiation* maupun *cost leadership* dapat dilakukan dengan peranan dan pengendalian kegiatan operasional dengan baik.



(Sumber: Haizer dkk, 2017)

Gambar 3 Strategi Operasional Perusahaan

F. PERENCANAAN PRODUK UNGGUL

Salah satu kunci daya saing pada saat ini adalah keunggulan produk atau layanan. Banyak perusahaan besar dikenal karena memiliki produk atau layanan yang unggul. Seperti Google menjadi perusahaan besar karena memiliki layanan handal yang memungkinkan manusia mencari informasi apapun. Perusahaan seperti Apple yang dikenal orang sebagai perusahaan yang menyediakan teknologi yang inovatif. Atau pun perusahaan seperti Ferari yang terkenal dengan mobil sport yang dijual dengan harga fantastis.

Bagaimanapun, karena sebagian besar produk memiliki life cycle terbatas bahkan bisa diprediksi, maka perusahaan perlu secara konsisten melakukan perancangan, pengembangan, dan pengenalan produk baru kepada pelanggan (Haizer dkk, 2017). Life cycle produk dipengaruhi banyak faktor. Product life cycle (PLC) adalah perkembangan produk mulai dari pengenalan, pertumbuhan, kedewasaan, dan penurunan. Secara umum produk yang masuk dalam tahap decline ditandai dengan penurunan jumlah permintaan. Produk mulai masuk pada tahap decline bisa disebabkan oleh dua faktor yaitu perubahan preferensi pelanggan dan/atau munculnya produk substitusi dari pelanggan (Gupta, 2022).

Untuk mempertahankan eksistensi, perusahaan perlu melakukan inovasi dengan pengembangan produk baru atau New Product Development (NPD). Pengembangan produk baru menjadi sesuatu hal penting bagi perusahaan. Pengembangan produk didasarkan pada perubahan preferensi pelanggan. Dengan perkembangan teknologi, kebutuhan pelanggan menjadi sangat dinamis. Untuk mengembangkan produk baru bisa menggunakan berbagai pendekatan. Berikut tujuh tahap pengembangan produk yang bisa digunakan (Ulrich dan Epinger, 2016):

1. Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Tujuan utama dari tahap ini adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan secara efektif mengkomunikasikan kepada tim pengembang. Hasil dari tahap ini adalah pernyataan kebutuhan pelanggan. Tahap ini merupakan tahap yang cukup krusial. Tim perancang produk dapat menghasilkan data yang tidak valid jika proses dilakukan tidak hati-hati. Tim perlu memikirkan bagaimana cara efektif untuk menangkap kebutuhan dai pelanggan. Secara umum

pelanggan tidak secara terang mengatakan apa yang dibutuhkan ketika menggunakan produk tertentu.

2. Membuat Spesifikasi Target

Tahap ini dibuat setelah tim secara jelas mengetahui kebutuhan pelanggan. Kebutuhan pelanggan kemudian diterjemahkan pada ukuran yang bisa digunakan untuk mengevaluasi produk. Spesifikasi berarti menunjukkan apa yang harus bisa dilakukan oleh produk. Target spesifikasi digunakan oleh untuk memastikan bahwa proses pengembangan produk dilakukan secara benar. Spesifikasi terdiri dari ukuran dan nilai tertentu. Sebagai contoh kebutuhan pelanggan terhadap produk mobil adalah kendaraan yang hemat bahan bakar, maka tim dapat membuat spesifikasi kendaraan yaitu jarak tempuh kendaraan 30 Km/1Liter bahan bakar.

3. Membuat Konsep Produk

Pada tahap ini tim mencoba membangun konsep secara detail dari produk. Konsep dibuat untuk dapat mencapai spesifikasi yang ditargetkan. Konsep dapat diartikan sebagai bentuk, desain, teknologi, atau mekanisme kerja. Untuk mendapatkan ide konsep yang diharapkan, tim dapat menggunakan berbagai cara baik dari sisi internal maupun eksternal tim.

4. Pemilihan Konsep

Pada tahap sebelumnya tim membangun konsep sebanyak-banyaknya. Pada tahap ini yang perlu dilakukan adalah melakukan evaluasi dan secara bertahap melakukan eliminasi sampai diperoleh konsep yang paling menjanjikan.

5. Pengujian Konsep

Satu atau beberapa konsep kemudian dilakukan pengujian untuk memastikan konsep dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Pada tahap ini juga tim kemudian menilai potensial pasar dan melakukan identifikasi kelemahan-kelemahan yang masih ada. Kelemahan ini kemudian bisa dilakukan perbaikan pada tahap pengembangan. Jika pada proses pengujian konsep produk tidak mampu menghasilkan yang diharapkan, proses pengembangan bisa dihentikan. Namun jika masih memungkinkan bisa dilakukan perulangan tahapan perancangan.

6. Menentukan Spesifikasi Final

Konsep produk yang terpilih sudah dilakukan pengujian. Hasil dari pengujian dapat dianalisis dengan membandingkan dengan spesifikasi target. Tim perlu melihat metric yang dihasilkan apakah sudah sesuai atau belum. Yang menjadi tantangan adalah tidak semua konsep ketika dilakukan pengujian menghasilkan metric yang sama dengan spesifikasi target. Tim perlu menentukan apakah metric yang dicapai masih relevan dengan kebutuhan pelanggan. Jika dianggap masih relevan, maka metric tersebut bisa dijadikan sebagai spesifikasi final.

7. Tahap Pengembangan

Pada tahap ini perlu disiapkan hal-hal yang berkaitan dengan teknis realisasi dari konsep produk yang sudah dikembangkan. Kata kunci yang perlu diperhatikan adalah efisiensi dan efektifitas penggunaan sumber daya.

G. MANAJEMEN KUALITAS

Manajemen kualitas menjadi bagian penting untuk memastikan bahwa operasional perusahaan dilakukan dengan cara yang efektif dan efisien. Manajemen kualitas yang tepat dapat berdampak pada dua hal, yaitu: peningkatan penjualan dan penurunan biaya. Dengan manajemen kualitas perusahaan mendapat dua keunggulan bersaing sekaligus, yaitu produk yang kompetitif dan penurunan biaya produksi.

Sama seperti definisi operasional, definisi kualitas sampai saat ini masih samar-sama. Beberapa referensi mendefinisikan kualitas dengan definisi yang berbeda. Juran dkk (1999) mendefinisikan kualitas menjadi dua bagian. Pertama kualitas dianggap sebagai fitur dari produk yang dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Definisi kedua berkaitan dengan kualitas adalah bebas dari kekurangan. Montgomery (2009) menjelaskan definisi kualitas yaitu fitness for use dan homogeneity atau keseragaman. Kualitas berarti kesesuaian dengan kebutuhan dan keseragaman. Definisi kualitas sebagai keseragaman kemudian dipandang sebagai definisi proses atau online quality measurement.

Manajemen kualitas mengalami perkembangan yang cukup pesat. Namun secara umum ada beberapa konsep kualitas yang lama dan masih relevan digunakan sampai saat ini. Jika dilihat dari sejarah paradigm

mengenai kualitas berkembang dari waktu ke waktu. Pada awal perkembangannya sekitar Tahun 1924 manajemen kualitas lebih mengandalkan pada proses inspeksi. Pada masa ini dikenalkan konsep acceptance sampling sebagai alternative dari 100% inspeksi. Pada Tahun 1946 dibentuk American Society of Quality (ASQ). Kemudian ASQ memperkenalkan metode-metode statistik dalam proses pengendalian kualitas. Paradigma sedikit bergeser dari yang tidaknya mengandalkan inspeksi kemudian mulai melakukan pencegahan produk cacat dengan pengendalian proses produksi.



Gambar 4 *Requirement ISO 9001:2015*

Selanjutnya mulai Tahun 2000 an mulai dikenalkan ISO 9000:2000. ISO 9000:2000 merupakan standar mengenai Quality Management System (QMS). QMS berisi persyaratan yang dibutuhkan oleh perusahaan untuk dapat memastikan produk atau layanan yang dihasilkan berkualitas dan dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Standar kualitas selalu mengalami pembaharuan, saat ini yang digunakan adalah versi ISO 9001:2015. Pada Gambar 4.4 diberikan informasi lengkap requirement ISO 9001:2015

H. RANGKUMAN MATERI

1. Sistem produksi merupakan sistem yang mengubah sumber daya input menjadi output yang memiliki nilai lebih tinggi.
2. Sistem produksi diklasifikasikan sebagai sistem produksi job shop, batch, mass dan continuous.
3. Perancangan sistem produksi adalah perencanaan lokasi pabrik, infrastruktur pabrik, sarana dan fasilitas produksi, lingkungan kerja, penentuan jenis barang yang diproduksi, jumlah barang yang diproduksi, desain produksi, bahan baku yang dibutuhkan, dan cara pengolahan.
4. Perancangan dan pengendalian operasi perlu dilakukan secara tepat untuk menjaga efisiensi dan efektivitas perusahaan.
5. Secara umum terdapat tiga strategi perusahaan, yaitu; differentiation, cost leadership, dan response.
6. Perancangan produk yang unggul dan inovasi menjadi salah satu kunci, secara umum terdapat tujuh tahap perancangan produk, yaitu; identifikasi kebutuhan, penentuan spesifikasi target, membangun konsep, memilih konsep, pengujian konsep, menentukan spesifikasi aktual, perancangan pengembangan produksi.
7. Manajemen kualitas yang baik dapat meningkatkan keunggulan bersaing bagi perusahaan. Pada satu sisi meningkatkan keunggulan produk pada sisi lain meningkatkan efisiensi perusahaan.
8. Jelaskan dengan sebuah contoh rancangan, tahapan-tahapan pengembangan sebuah produk.
9. Jelaskan perkembangan manajemen kualitas.

TUGAS DAN EVALUASI

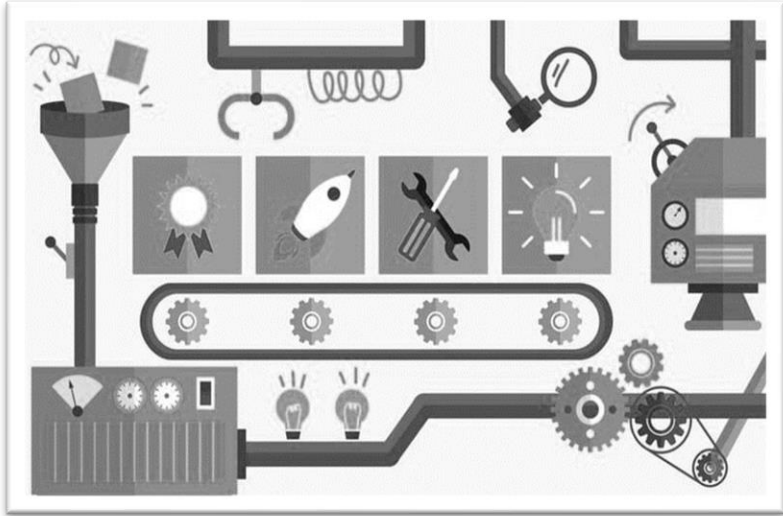
1. Jelaskan pengertian produksi dan sistem produksi
2. Jelaskan klasifikasi sistem produksi
3. Jelaskan karakteristik sistem produksi mass
4. Jelaskan karakteristik sistem produksi batch
5. Jelaskan karakteristik sistem produksi job shop
6. Jelaskan karakteristik sistem produksi continuous

7. Jelaskan pengertian operasi dan sistem operasi
8. Jelaskan pengertian perancangan sistem produksi
9. Jelaskan tahapan perancangan sistem produksi
10. Jelaskan strategi operasional yang mungkin dilakukan oleh perusahaan
11. Jelaskan dengan sebuah contoh tahapan-tahapan yang perlu dilalui untuk melakukan pengembangan sebuah produk.
12. Jelaskan perkembangan manajemen kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Biwas, Tanishk dan Baral. R. N. 2021. A Review in Production Planning and Control. International of Multidiscipline Innovative Research. 1(1). 70-78.
- Buffa E.S. and Sarin R.K. 2007. Modern Production/Operations Management, edisi 8. WILEY. India. Groover M.P. 2015. Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing. edisi 4.
- Pearson. United States of America
- Gupta S dan Starr M. 2014. Production and Operations Management Systems. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- Gupta. R. C. 2020. Product Life Cycle (PLC) Analysis. Pathways to Research.
- Haizer. Jay, Rander. Barry, dan Munson. Chuck. 2017. Operation Management: Sustainability and Suplay Chain Management. Pearson. Texas.
- Jiang, Xing. 2009. The Relationship between Manufacturing and Service Provision in Operations Management. International Journal of Business and Management. 4(3). 183 – 188.
- Juran. J. M. dan Godfrey A. B. 1999. Juran’s Quality Handbook. McGraw-Hill. New York.
- Kimiti dkk. 2020. Cost Leadership Strategy, Competitive Advantage, And Performance: A Cross-Sectional Study In The Context Of Milk Processing Firms In Kenya. International Journal of Management, Innovation & Entrepreneurial Research. 6(2). 64 – 76.
- Kumar S.A. and Suresh, N. 2008. Production and Operations Management (With Skill Development, Caselets and Cases). edisi 2. New Age International Publishers. New Delhi.
- Montgomery. D. 2009. Introduction to Statistic Quality Control. John Willey and Son. USA.
- Ulrich.Karl T dan Eppinger. S. D. 2012. Product Design and Development. Mc Graw Hill Education. USA. Widuri R dan Susanta. J. E. 2018. Differentiation Strategy and Market Competition as Determinants of

Earnings Management. 3rd International Conference on Tourism,
Economics, Accounting, Management, and Social Science



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 5: SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER

Ir. Riri Nasirly, S.T., M. Sc., IPM., ASEAN. Eng.

Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia

BAB 5

SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER

A. PENDAHULUAN

Sistem informasi dan komputer telah menjadi sangat penting dan meluas digunakan di berbagai bidang kehidupan dalam era digital yang semakin maju. Sistem informasi dan komputer digunakan di hampir semua aspek kehidupan, dari bisnis dan industri hingga pendidikan, kesehatan, dan hiburan.

Sistem informasi dan komputer merujuk pada kumpulan perangkat keras, perangkat lunak, dan jaringan yang digunakan untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan membagikan informasi. Perangkat keras meliputi komputer, server, perangkat penyimpanan data, perangkat jaringan, dan perangkat input/output. Sedangkan perangkat lunak meliputi sistem operasi, aplikasi, dan program-program yang digunakan untuk mengelola dan memproses informasi.

Salah satu aspek kunci dari sistem informasi dan komputer adalah kemampuan untuk mengumpulkan dan memproses informasi. Informasi adalah data yang telah diolah menjadi bentuk yang memiliki makna. Sistem informasi dan komputer memungkinkan kita untuk mengumpulkan, memproses, dan menyimpan informasi dengan cepat dan akurat, yang memungkinkan kita untuk membuat keputusan yang lebih baik dan melakukan tugas-tugas dengan lebih efisien.

Selain itu, sistem informasi dan komputer juga memiliki peran penting dalam mengelola dan memproses transaksi bisnis dan keuangan, seperti transaksi *e-commerce* dan perbankan *online*. Selain itu juga digunakan dalam bidang medis untuk mengumpulkan dan mengelola data pasien,

serta membantu dokter dalam membuat diagnosis dan memberikan perawatan yang lebih baik.

Pemahaman tentang sistem informasi dan komputer menjadi semakin penting dalam dunia industri dan bisnis yang semakin tergantung pada teknologi. Pengetahuan tentang bagaimana sistem informasi dan komputer bekerja, bagaimana hubungan keduanya, dan bagaimana dapat memberikan nilai tambah bagi perusahaan dan meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kinerja perusahaan.

Dalam tulisan ini akan membahas mengenai sistem informasi dan komputer, data, informasi, pengetahuan, komponen sistem informasi dan komputer, manfaat sistem informasi dan komputer. Penerapan sistem informasi dan komputer diberbagai bidang, serta tantangan yang dihadapi dalam mengimplementasikannya. Semoga tulisan ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang sistem informasi dan komputer dan memberikan nilai tambah bagi pembaca.

B. PENGANTAR SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER

Sistem informasi merupakan kegiatan mengumpulkan, memproses, menyimpan, menganalisis, dan menyebarkan informasi untuk tujuan tertentu (Rainer *et al*, 2017). Menurut Stair & Reynolds (2018) sistem informasi adalah sekumpulan komponen yang saling terkait yang mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan menyebarkan data dan informasi, selain itu juga menyediakan mekanisme umpan balik untuk memantau dan mengendalikan operasinya dalam memastikan bahwa sistem tersebut terus memenuhi target dan tujuan. Mekanisme umpan balik menjadi penting untuk membantu organisasi mencapai tujuannya, seperti meningkatkan keuntungan atau meningkatkan layanan pelanggan.

Sebelum lebih lanjut membahas mengenai sistem informasi, teknologi informasi menjadi hal yang penting. Teknologi Informasi merupakan setiap alat berbasis komputer yang digunakan untuk bekerja dengan informasi dan untuk mendukung kebutuhan informasi serta memproses informasi (Rainer *et al*, 2017). Perkembangan Teknologi informasi memungkinkan lebih banyak orang untuk berkomunikasi, berkolaborasi, dan berkompetisi. Sehingga teknologi informasi memberikan pengaruh yang signifikan baik bagi individu, masyarakat, global bahkan terhadap lingkungan.

Sistem informasi berbasis komputer merupakan satu set perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), basis data (*database*), jaringan (*networks*), pengguna (*people*), dan prosedur yang dikonfigurasi untuk mengumpulkan, memanipulasi, menyimpan, dan memproses data menjadi informasi (Stair & Reynolds, 2018). Dalam penerapannya saat ini semakin banyak perusahaan yang menggabungkan sistem informasi berbasis komputer pada produk dan layanannya. Perusahaan *Automobiles* saat ini dilengkapi dengan sistem navigasi canggih yang tidak hanya memandu ke tempat tujuan, namun menggabungkan informasi mengenai cuaca dan kondisi lalu lintas terkini untuk membantu pengguna menghindari kemacetan lalu lintas. Jam tangan, kamera digital, ponsel dan perangkat lainnya mengandalkan sistem informasi berbasis komputer untuk memberikan fitur-fitur terbaru dan canggih kepada penggunanya.

C. DATA, INFORMASI DAN PENGETAHUAN

Data merupakan deskripsi dasar tentang hal, peristiwa, aktivitas, dan transaksi yang dicatat, diklasifikasikan, serta disimpan tetapi tidak diorganisasikan untuk menyampaikan makna tertentu (Rainer *et al*, 2017). Selain itu data juga merupakan kumpulan fakta mentah yang belum diorganisir atau diinterpretasikan (Stair & Reynolds, 2018). Data bersifat netral dan tidak memiliki makna atau konteks yang jelas. Contohnya, dalam konteks bisnis, data dapat berupa angka penjualan, nama pelanggan, atau tanggal transaksi. Tipe-tipe data dapat dilihat pada Tabel 1.

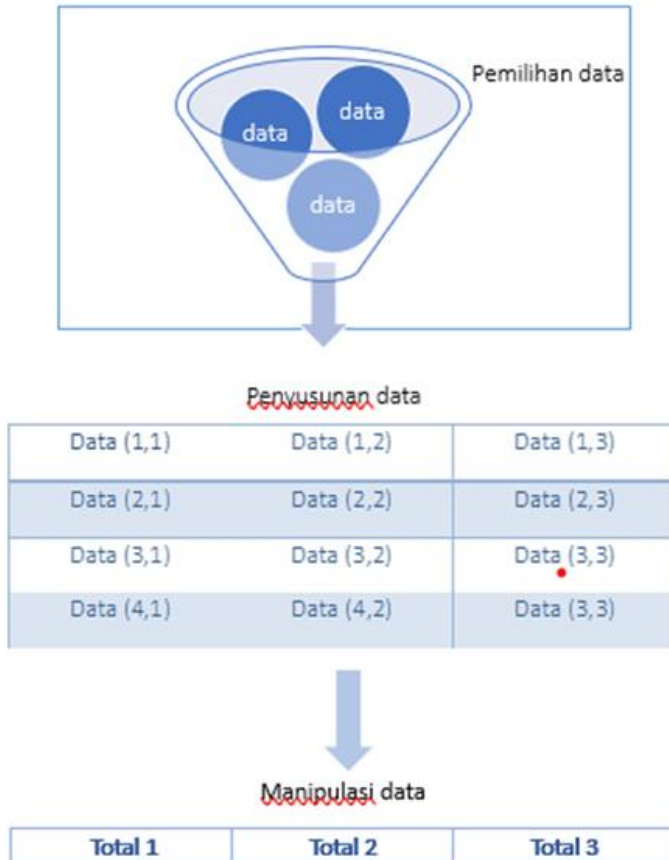
Tabel 1. Tipe-tipe data

Tipe Data	Keterangan
<i>Alphanumeric data</i>	angka, teks dan karakter lainnya
<i>Audio data</i>	suara, <i>noises</i> , atau nada
<i>Image data</i>	<i>Graphic images</i> dan gambar
<i>Video data</i>	<i>Moving images</i> atau gambar

Informasi mengacu pada data yang telah diorganisir sehingga memiliki arti dan nilai bagi penggunaannya (Rainer *et al*, 2017). Informasi merupakan data yang telah diolah, diinterpretasikan, dan diberi makna. Informasi memberikan konteks dan pemahaman yang lebih baik terhadap data. Informasi memberikan nilai tambah karena memberikan wawasan, pemahaman, dan penjelasan tentang suatu situasi atau peristiwa. Informasi bermanfaat untuk pengambilan keputusan, pengelolaan bisnis, atau pelaksanaan tindakan tertentu. Dalam konteks bisnis, informasi dapat berupa laporan keuangan, analisis pasar, atau ringkasan hasil penelitian.

Pengetahuan melibatkan pemahaman yang lebih dalam, pengalaman, konsep, dan pola pikir yang terbentuk melalui interaksi dengan data dan informasi. Menurut (Stair & Reynolds, 2018) proses mendefinisikan hubungan antara data untuk menciptakan informasi yang berguna membutuhkan pengetahuan, yang merupakan kesadaran dan pemahaman tentang sekumpulan informasi dan tahap-tahap informasi tersebut dapat dibuat bermanfaat untuk mendukung tugas tertentu atau mencapai suatu keputusan. Dengan kata lain, informasi pada dasarnya adalah data yang dibuat lebih bermanfaat melalui penerapan pengetahuan.

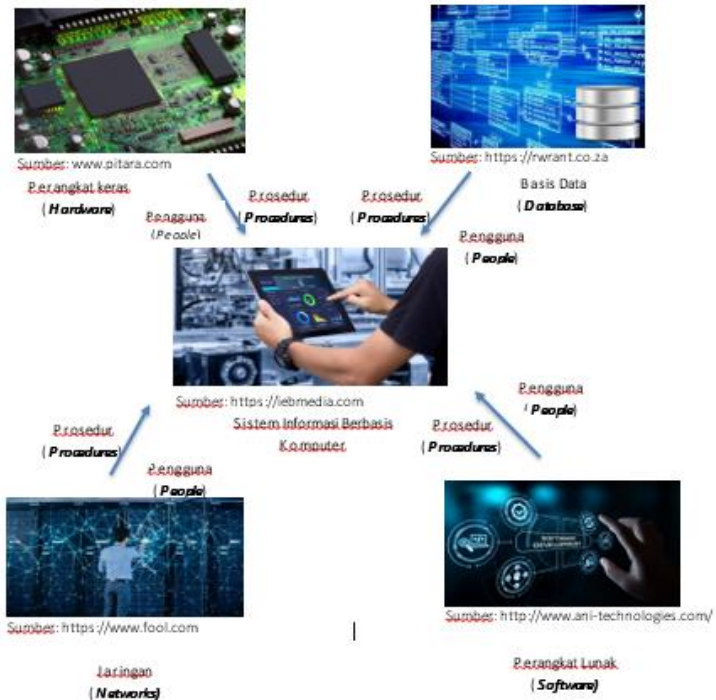
Pengetahuan melampaui sekadar fakta atau informasi, dan melibatkan pemahaman konteks, hubungan, dan implikasi yang lebih luas. Pengetahuan menjadi hasil dari pengelolaan informasi oleh pikiran manusia dan pengalaman yang diperoleh dari belajar, berpikir kritis, dan pengamatan. Pengetahuan dapat diterapkan untuk memecahkan masalah, mengembangkan keahlian, atau proses pengambilan keputusan. Transformasi dari data menjadi informasi dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**



Gambar 1. Transformasi data menjadi informasi (Stair & Reynolds, 2018).

D. KOMPONEN SISTEM INFORMASI BERBASIS KOMPUTER

Sistem informasi berbasis komputer menggunakan teknologi informasi berupa komputer untuk melakukan beberapa atau semua tujuan. Interaksi antar setiap komponen dapat dilihat pada **Error! Reference source not found..**



Gambar 2. Interaksi antar setiap komponen (Rainer et al, 2017)

1. Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras terdiri dari peralatan komputer yang digunakan untuk melakukan aktivitas input, pemrosesan, penyimpanan, dan *output*. Perangkat keras merupakan bagian yang dapat dilihat, diraba, dan terdiri dari berbagai perangkat elektronik, mekanis, dan elektromekanis yang bekerja bersama untuk memproses, menyimpan, dan mentransfer data. Perangkat keras ini termasuk komputer, server, jaringan, perangkat penyimpanan seperti *hard drive*, printer, dan perangkat keras lainnya yang diperlukan untuk menjalankan sistem. Kecenderungan dalam industri komputer saat ini adalah memproduksi perangkat keras yang lebih kecil, lebih cepat, dan lebih mudah dibawa, seperti ponsel cerdas, laptop, dan komputer tablet.

Beberapa komponen Perangkat keras yang umum ditemukan dalam sistem komputer antara lain:

a. *Central Processing Unit* (CPU)

CPU merupakan komponen yang bertanggung jawab untuk mengeksekusi instruksi dan menjalankan operasi komputasi. CPU memproses data dengan mengambil instruksi dari memori, melakukan operasi matematika, logika, dan mengendalikan aliran data dalam sistem.

b. Memori

Memori merupakan tempat penyimpanan data dan instruksi yang digunakan oleh CPU saat menjalankan program. Ada beberapa jenis memori dalam sistem komputer, antara lain:

- 1) *Random Access Memory* (RAM) menyimpan data sementara yang dapat diakses oleh CPU dengan cepat. RAM digunakan untuk menjalankan program dan menyimpan data yang sedang aktif.
- 2) *Read-Only Memory* (ROM) berisi instruksi dasar yang ditanamkan dalam *chip* dan tidak dapat diubah. termasuk BIOS (*Basic Input/Output System*) yang digunakan untuk memulai sistem saat dinyalakan.
- 3) *Cache* merupakan memori kecil yang berada di dekat CPU untuk menyimpan data dan instruksi yang sering digunakan dengan tujuan meningkatkan kecepatan akses.

c. Perangkat Penyimpanan

Perangkat penyimpanan digunakan untuk menyimpan data secara permanen. Beberapa perangkat penyimpanan umum meliputi:

- 1) *Hard Disk Drive* (HDD) merupakan perangkat penyimpanan magnetik yang menyimpan data secara persisten di piringan berputar.
- 2) *Solid State Drive* (SSD) menggunakan *chip flash memory* untuk menyimpan data dan memiliki kecepatan akses yang lebih cepat daripada HDD.
- 3) *Flash Drive* adalah perangkat penyimpanan portabel yang menggunakan teknologi *flash memory*.
- 4) *Optical Drive* menggunakan cakram optik seperti CD, DVD, atau Blu-ray untuk menyimpan dan membaca data.

d. Perangkat Input

Perangkat input digunakan untuk memasukkan data atau perintah ke dalam sistem komputer. Contoh perangkat input meliputi:

- 1) *Keyboard* digunakan untuk memasukkan teks, perintah, dan simbol ke dalam komputer.
- 2) *Mouse* digunakan untuk mengontrol pergerakan kursor dan memilih objek pada layar.
- 3) *Touchpad* adalah perangkat input yang terintegrasi dalam laptop untuk mengontrol gerakan kursor dengan jari.

e. Perangkat Output

Perangkat *output* digunakan untuk menampilkan atau mengeluarkan data dari sistem komputer. Beberapa perangkat output umum meliputi:

- 1) *Monitor* atau layar menampilkan informasi visual dalam bentuk teks, gambar, atau video.
- 2) *Printer* digunakan untuk mencetak dokumen, gambar, atau data dalam bentuk cetak fisik.
- 3) *Speaker* menghasilkan suara dan digunakan untuk output audio.

2. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat Lunak adalah program atau perangkat lunak yang berperan dalam mengelola dan mengatur operasi sistem informasi. Selain itu juga merupakan komponen inti dari sistem komputer yang melibatkan serangkaian program, data, dan instruksi yang memberikan fungsi, tugas, atau operasi tertentu pada komputer atau perangkat lainnya. Perangkat lunak mencakup sistem operasi, aplikasi bisnis, perangkat lunak basis data, perangkat lunak analisis, dan perangkat lunak khusus lainnya yang mendukung fungsi dan tujuan sistem informasi. Perangkat lunak dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori utama, antara lain (Rainer *et al*, 2017):

a. Perangkat Lunak Sistem

Perangkat lunak sistem adalah perangkat lunak yang berfungsi untuk mengelola dan mengontrol operasi dasar dari sistem komputer. Ini termasuk sistem operasi, driver perangkat keras, utilitas sistem, dan

bahasa pemrograman. Beberapa contoh perangkat lunak sistem populer adalah *Microsoft Windows*, *macOS*, *Linux*, dan *UNIX*.

b. Perangkat Lunak Aplikasi

Perangkat lunak aplikasi adalah perangkat lunak yang dirancang untuk memberikan solusi atau layanan khusus kepada pengguna. Jenis perangkat lunak aplikasi sangat beragam dan mencakup berbagai bidang, seperti pengolahan kata, presentasi, pengolahan gambar, pengelolaan proyek, desain grafis, sistem manajemen basis data, dan masih banyak lagi. Beberapa contoh perangkat lunak aplikasi termasuk *Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint)*, *Adobe Photoshop*, *AutoCAD*, dan *MySQL*.

3. Basis Data (Database)

Basis data adalah tempat penyimpanan terstruktur yang digunakan untuk menyimpan, mengelola, dan mengorganisir data yang relevan dalam sistem informasi. Basis data menyediakan cara efisien untuk mengakses, mengelola, dan memanipulasi data. Prosesnya menggunakan struktur yang terorganisir seperti tabel, relasi, atau skema lainnya untuk menyimpan dan menghubungkan data.

Berikut adalah beberapa konsep penting dalam basis data:

a. Entitas

Entitas mengacu pada objek nyata atau konsep yang dapat diidentifikasi dengan jelas dan memiliki atribut yang terkait. Misalnya, dalam basis data perusahaan, entitas dapat mencakup pelanggan, produk, pesanan, atau karyawan.

b. Tabel

Tabel adalah struktur dasar dalam basis data yang terdiri dari baris dan kolom. Setiap tabel mewakili suatu entitas dalam basis data. Setiap baris dalam tabel mewakili catatan atau instansi dari entitas, sementara setiap kolom mewakili atribut atau karakteristik dari entitas tersebut.

c. Kolom (*Field*)

Kolom, juga dikenal sebagai field, adalah komponen dari tabel yang mendefinisikan jenis data yang akan disimpan. Misalnya, kolom

"Nama" pada tabel pelanggan akan menyimpan nama pelanggan dalam bentuk teks.

d. Baris (*Record*)

Baris, juga disebut record, merupakan kumpulan nilai yang terkait dengan entitas tertentu. Setiap baris dalam tabel mewakili entitas spesifik dan nilainya disimpan dalam kolom-kolom yang sesuai.

e. Kunci Primer (*Primary Key*)

Kunci primer adalah kolom atau kombinasi kolom yang secara unik mengidentifikasi setiap baris dalam tabel. Kunci primer digunakan untuk memastikan integritas data dan memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi dan memanipulasi data dengan tepat.

f. Relasi antar Tabel

Relasi antar tabel merupakan hubungan logis antara tabel dalam basis data. Relasi ini dibentuk dengan menggunakan kunci primer dan kunci asing. Kunci asing adalah kolom yang mengacu pada kunci primer di tabel lain, memungkinkan data terkait untuk dihubungkan antara tabel.

g. Bahasa *Query*

Bahasa query digunakan untuk mengambil data dari basis data. SQL (*Structured Query Language*) adalah bahasa *query* yang paling umum digunakan untuk berinteraksi dengan basis data.

h. Integritas Data

Integritas data mengacu pada keberadaan data yang konsisten, akurat, dan valid dalam basis data. Integritas data diterapkan melalui aturan dan batasan yang didefinisikan pada tingkat basis data.

i. Manajemen Basis Data

Manajemen basis data melibatkan tugas-tugas seperti merancang struktur basis data, membangun, memelihara, dan memperbaiki basis data, mengamankan data, melakukan pemulihan data dalam kasus kegagalan sistem, dan mengoptimalkan kinerja basis data.

4. Jaringan (*Networks*)

Jaringan adalah infrastruktur yang menghubungkan berbagai komponen sistem informasi, termasuk perangkat keras dan perangkat lunak, melalui koneksi jaringan seperti LAN (*Local Area Network*) atau WAN (*Wide Area Network*). Jaringan memungkinkan komunikasi dan

pertukaran data antara pengguna, server, dan komponen sistem informasi lainnya. Jaringan memainkan peran penting dalam berbagai aspek kehidupan *modern*, termasuk komunikasi, akses internet, pembagian sumber daya, komputasi awan, dan banyak lagi. Jaringan memungkinkan kolaborasi, pertukaran informasi, dan konektivitas yang luas di seluruh dunia.

5. Prosedur (Procedures)

Prosedur adalah serangkaian langkah-langkah atau tindakan yang ditetapkan secara formal untuk mencapai tujuan tertentu. Proses ini dirancang untuk memberikan panduan yang jelas tentang bagaimana suatu tugas harus dilakukan dengan benar dan efisien (Rainer *et al*, 2017). Prosedur sering digunakan dalam berbagai konteks, baik dalam bisnis, organisasi, pemerintahan, maupun dalam kehidupan sehari-hari.

Prosedur ditetapkan dengan tujuan khusus, seperti meningkatkan efisiensi operasional, menjaga konsistensi, memastikan kepatuhan terhadap kebijakan atau standar, meminimalkan risiko kesalahan, atau mencapai hasil yang diinginkan. Dengan mengikuti prosedur yang ditetapkan, individu atau tim dapat mencapai hasil yang konsisten, meminimalkan ketidakpastian, dan memungkinkan kerja sama yang lebih baik.

Meskipun prosedur adalah panduan yang ditetapkan, mereka juga dapat disesuaikan atau ditingkatkan jika diperlukan. Evaluasi rutin terhadap prosedur dapat membantu mengidentifikasi kelemahan atau ketidaksesuaian yang mungkin terjadi. Dalam situasi tertentu, prosedur dapat disesuaikan untuk mengakomodasi perubahan dalam tuntutan, teknologi, atau kebutuhan organisasi.

6. Pengguna

Pengguna adalah individu atau entitas yang menggunakan sistem informasi untuk memperoleh informasi, menjalankan proses bisnis, atau melakukan tugas-tugas tertentu. Pengguna dapat berupa pengguna akhir yang mengakses informasi melalui antarmuka pengguna, administrator sistem yang mengelola dan memelihara sistem, atau pengembang yang merancang dan mengembangkan aplikasi atau perangkat lunak.

E. MANFAAT SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER

Sistem informasi dan komputer memberikan sejumlah manfaat yang signifikan bagi organisasi dan individu. Manfaat-manfaat tersebut menunjukkan pentingnya sistem informasi dan komputer dalam mengoptimalkan operasi bisnis, meningkatkan kualitas pengambilan keputusan, meningkatkan komunikasi, dan menghadirkan nilai tambah bagi organisasi. Dengan memanfaatkan teknologi dengan bijaksana, organisasi dapat mencapai tujuan dengan lebih efisien dan efektif.

Beberapa manfaat utama yang dapat diperoleh melalui penggunaan sistem informasi dan komputer, antara lain:

1. Peningkatan Efisiensi Operasional

Sistem informasi dan komputer dapat meningkatkan efisiensi operasional organisasi dengan otomatisasi tugas-tugas rutin dan pemrosesan data yang cepat. Dengan menggantikan proses manual yang lambat dan rentan terhadap kesalahan, sistem informasi dapat membantu menghemat waktu dan sumber daya yang berharga.

Sebagai contoh pada Rumah Sakit, menurut Fadilla & Setyonugroho (2021), biaya menjadi fokus penting, pelayanan kesehatan yang optimal meningkatkan kepuasan pasien. Investasi dalam teknologi informasi berupa rekam kesehatan elektronik, sistem perencanaan pasien elektronik dan manajemen sumber daya manusia berdampak signifikan terhadap kualitas pelayanan kesehatan. Aplikasi sistem informasi rumah sakit dapat mengurangi biaya operasional dengan menyediakan informasi sebagai alat pengambilan keputusan utama untuk pengoptimalan sumber daya yang lebih baik, peningkatan produktivitas staf, dan meminimalkan biaya tambahan (Bardhan & Thouin (2013)).

2. Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik

Sistem informasi dapat menyediakan informasi yang relevan, akurat, dan *real-time* kepada manajemen untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik. Dengan adanya data yang terstruktur dan dapat diakses dengan mudah, manajemen dapat menganalisis tren, mengidentifikasi peluang, dan memprediksi hasil berdasarkan informasi yang tersedia.

Penelitian yang dilakukan oleh Andrian (2021) pada perusahaan konstruksi swasta milik negara. Beberapa tantangan yang sering dihadapi termasuk lokasi proyek yang jauh, yang mengakibatkan keterlambatan dalam pertukaran informasi. Selain itu, penting bagi manajer proyek untuk memeriksa secara langsung progress pekerjaan yang dilaporkan oleh pelaksana. Namun, karena keterbatasan waktu dan banyaknya proyek yang sedang berjalan, seringkali sulit bagi manajer proyek untuk mengunjungi lokasi secara langsung, sehingga menghambat pengambilan keputusan. Masalah lainnya terkait dengan penyimpanan dan manajemen gambar dokumentasi proyek, yang sering mengakibatkan kebingungan dan kesalahpahaman tentang proyek yang sedang berlangsung. Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, maka dirancang sistem yang memungkinkan pelaporan perkembangan proyek secara terus-menerus dalam berbagai format yang tersusun secara sistematis berbasis web. Dari hasil penelitiannya secara umum dimensi *Information Quality* pada *website* sistem Informasi proyek dalam kategori sangat layak untuk digunakan.

3. Peningkatan Kolaborasi dan Komunikasi

Sistem informasi dan komputer memfasilitasi kolaborasi dan komunikasi yang lebih baik antara individu, tim, dan departemen dalam organisasi. Melalui alat seperti email, aplikasi pesan instan, dan platform kolaboratif, pengguna dapat berbagi informasi, berdiskusi, dan bekerja sama secara efektif, terlepas dari lokasi geografis.

Kolaborasi adalah sebuah pendekatan dalam memecahkan masalah yang bertujuan untuk mencapai tujuan bersama dan berbagi sumber daya yang tersedia. Hal ini dapat terwujud melalui upaya meningkatkan semangat kerja dan memperbaiki hubungan kerjasama antara anggota organisasi (Kurniawan *et al*, 2020). Komunikasi memegang peran sentral yang sangat penting dalam suatu perusahaan karena salah satu elemen penting dalam komunikasi adalah sumber informasi yang dapat mempengaruhi perilaku individu-individu di dalam perusahaan, dan juga berdampak pada kinerja pegawai atau karyawan (Wardhani *et al*, 2016). Dalam konteks sebuah organisasi, komunikasi akan berjalan dengan baik jika didukung oleh jaringan informasi, baik itu jaringan informal maupun

formal, yang selalu ada dan digunakan dalam operasional organisasi atau perusahaan tersebut.

4. Penyimpanan dan Pengelolaan Data yang Efisien

Sistem informasi memungkinkan penyimpanan data yang terstruktur dan pengelolaan yang efisien. Dengan menggunakan basis data dan perangkat lunak pengelolaan data, organisasi dapat menyimpan, mengorganisir, dan mengakses data dengan mudah. Meminimalkan risiko kehilangan atau kerusakan data, serta mempercepat proses pencarian dan pengambilan informasi yang diperlukan.

5. Peningkatan Layanan Pelanggan

Sistem informasi dapat meningkatkan layanan pelanggan dengan memberikan akses yang lebih baik dan cepat ke informasi yang relevan. Dengan adanya sistem basis data pelanggan dan sistem dukungan pelanggan, organisasi dapat merespon permintaan pelanggan dengan lebih efisien, memberikan layanan yang personal, dan membangun hubungan yang lebih kuat dengan pelanggan.

6. Inovasi dan Keunggulan Kompetitif

Sistem informasi dan komputer dapat menjadi sumber inovasi dan memberikan keunggulan kompetitif bagi organisasi. Dengan menggunakan teknologi informasi yang canggih, organisasi dapat mengembangkan produk baru, meningkatkan proses bisnis, dan mengadopsi strategi yang lebih efektif dalam pasar yang kompetitif

F. PENERAPAN SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER DALAM BERBAGAI BIDANG

Sistem Informasi dan komputer hampir secara menyeluruh digunakan di semua fungsional bisnis sebagai berikut (Stair & Reynolds, 2018):

1. Akuntansi dan keuangan. Sistem informasi digunakan untuk meramalkan pendapatan dan pengeluaran, menentukan sumber dan penggunaan dana terbaik, mengelola kas dan sumber daya keuangan lainnya, menganalisis investasi, dan melakukan audit untuk

memastikan bahwa organisasi tersebut sehat secara finansial dan bahwa semua laporan dan dokumen keuangan yang akurat.

2. Layanan pelanggan. Sistem informasi digunakan untuk mengumpulkan data tentang pelanggan dan interaksi mereka dengan perusahaan untuk lebih memahami kebutuhan dan masalah mereka dan memungkinkan layanan pelanggan yang unggul.
3. *Human resource*. Sistem informasi membantu staf kepegawaian menyaring pelamar kerja, mengelola tes kinerja kepada karyawan, memantau produktivitas karyawan, dan menghasilkan laporan yang diperlukan.
4. Manufaktur. Sistem informasi digunakan untuk memproses pesanan pelanggan, menyusun jadwal produksi, mengontrol tingkat persediaan, dan memantau kualitas produk.
5. *Research and development* (R&D). Sistem informasi membantu staf R&D mendesain produk, mengumpulkan masukan dari pelanggan yang mengarah pada ide-ide baru dan perbaikan, dan memungkinkan berbagi informasi dengan komunitas peneliti di seluruh dunia.
6. Penjualan dan pemasaran. Sistem informasi membantu staf penjualan dan pemasaran mengembangkan barang dan jasa baru (analisis produk), menentukan pendekatan iklan dan penjualan terbaik (analisis promosi), dan menetapkan harga produk yang optimal untuk mendapatkan total pendapatan tertinggi (analisis harga).

Sistem informasi juga digunakan di berbagai bidang sebagai berikut:

1. Bidang Pertanian, dikenal sebagai pertanian berbasis teknologi (*agritech*), telah membawa perubahan signifikan dalam pengelolaan sumber daya, produktivitas, dan efisiensi di sektor pertanian. Sistem informasi pertanian membantu petani dalam pengelolaan tanaman, termasuk perencanaan tanam, pemantauan pertumbuhan tanaman, pengelolaan irigasi, dan pemupukan. Sistem ini dapat memberikan informasi *real-time* tentang kondisi tanah, kelembaban udara, dan cuaca, sehingga memungkinkan petani untuk mengambil keputusan yang lebih baik terkait budidaya dan perawatan tanaman (Saydi, 2021). Sistem informasi dan sensor yang terintegrasi dapat digunakan untuk mendeteksi secara dini serangan hama dan penyakit pada tanaman

(Muammar *et al*, 2022). Dengan mendapatkan informasi yang cepat, petani dapat mengambil tindakan pencegahan yang tepat, seperti penggunaan pestisida yang tepat waktu, untuk mengendalikan penyebaran hama dan penyakit.

2. Bidang Kesehatan. Sistem informasi dan komputer memungkinkan layanan kesehatan jarak jauh melalui telemedicine. Pasien dapat berkomunikasi dengan dokter melalui video konferensi atau konsultasi online untuk mendapatkan diagnosis, saran, dan perawatan tanpa harus secara fisik pergi ke rumah sakit atau klinik (Sari & Wirman, 2021). Sistem informasi dan komputer digunakan dalam manajemen rumah sakit untuk mengelola jadwal perawatan, registrasi pasien, inventaris obat dan perlengkapan medis, serta pengaturan pelayanan medis. Sistem ini membantu meningkatkan efisiensi operasional dan koordinasi antara departemen rumah sakit (Fadilla & Setyonugroho, 2021).
3. Bidang Pertambangan. Penerapan sistem informasi dan komputer dalam bidang pertambangan (mining) telah mengubah cara industri ini beroperasi dan mengoptimalkan produktivitas serta keselamatan. Sistem informasi dan komputer digunakan dalam manajemen stok dan logistik di industri pertambangan. Mencakup pemantauan persediaan bahan tambang, pengelolaan inventaris suku cadang, dan pengaturan pengiriman dan distribusi secara efisien (Safitriani & Nugraha, 2020; Haludin *et al*, 2022).
4. Bidang *fashion*. Sistem informasi dan komputer memainkan peran penting dalam *e-commerce* dan pemasaran digital di industri *fashion*. Platform *e-commerce* dan situs web memungkinkan penjualan produk *fashion* secara online, sementara media sosial dan alat analisis digital digunakan untuk memasarkan produk kepada konsumen target dengan cara yang lebih efektif (Pramadyanto, 2022). Sistem informasi dan komputer digunakan untuk menciptakan pengalaman pelanggan yang personal dan terhubung. Contohnya, teknologi Augmented Reality (AR) dan Virtual Reality (VR) digunakan untuk memungkinkan konsumen mencoba pakaian atau aksesoris secara virtual sebelum membeli (Wu & Kim, 2022).

5. Bidang Media dan hiburan. *Platform streaming* digital dan aplikasi media sosial memanfaatkan sistem informasi dan komputer untuk mengirim, menyimpan, dan mengelola konten multimedia (Jansson, 2021). Sistem manajemen hak cipta membantu melindungi karya seni dan media digital.

G. TANTANGAN DALAM IMPLEMENTASI SISTEM INFORMASI DAN KOMPUTER

Implementasi sistem informasi dan komputer tidak selalu berjalan mulus, melainkan sering dihadapkan pada berbagai tantangan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah memastikan kebutuhan dan harapan yang jelas dari pengguna sistem. Terkadang, ada kesenjangan antara apa yang diinginkan pengguna dengan apa yang dihasilkan oleh sistem. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis yang mendalam dan komunikasi yang baik dengan para pemangku kepentingan untuk memahami dan menentukan kebutuhan yang tepat.

Banyak organisasi telah menggunakan sistem yang ada sebelumnya. Integrasi sistem baru dengan sistem yang ada dapat menjadi tantangan, terutama jika sistem lama tidak dirancang dengan kemampuan integrasi yang baik. Proses migrasi data dan pemeliharaan konsistensi antara sistem lama dan baru bisa rumit. Sistem informasi dan komputer sering kali melibatkan teknologi yang kompleks dan berkembang dengan cepat. Tantangan teknis seperti keamanan data, integrasi dengan perangkat keras dan perangkat lunak lainnya, serta keandalan dan skalabilitas sistem dapat mempengaruhi implementasi yang sukses.

Sistem informasi dan komputer harus dirancang dengan memperhatikan keamanan data dan privasi. Melindungi data sensitif dari ancaman keamanan seperti serangan *cyber* dan pelanggaran privasi merupakan tantangan yang harus ditangani dengan serius (Stair & Reynolds, 2018). Penerapan kebijakan keamanan yang ketat dan tindakan pencegahan yang tepat menjadi penting dalam mengatasi tantangan ini.

H. RANGKUMAN MATERI

1. Sistem informasi adalah sekumpulan komponen yang saling terkait yang mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan menyebarkan data dan informasi, selain itu juga menyediakan mekanisme umpan balik untuk memantau dan mengendalikan operasinya dalam memastikan bahwa sistem tersebut terus memenuhi target dan tujuan.
2. Data merupakan kumpulan fakta mentah yang belum diorganisir atau diinterpretasikan. Setelah data diolah, diinterpretasikan, dan diberi makna maka disebut dengan informasi. Kemudian pemahaman yang lebih dalam, pengalaman, konsep, dan pola pikir yang terbentuk melalui interaksi dengan data dan informasi menjadi pengetahuan.
3. sistem informasi dan komputer memiliki komponen-komponen yang saling terkait dan berinteraksi untuk menciptakan infrastruktur teknologi yang efektif. Komponen-komponen ini meliputi perangkat keras (hardware), perangkat lunak (software), jaringan, basis data, dan pengguna.
4. Manfaat dari sistem informasi dan komputer yang utama yakni Peningkatan Efisiensi Operasional, pengambilan keputusan yang lebih baik, peningkatan kolaborasi dan komunikasi, penyimpanan dan pengelolaan data yang efisien, peningkatan layanan pelanggan, inovasi dan keunggulan kompetitif.
5. Penerapan Sistem Informasi dan komputer hampir secara menyeluruh digunakan tidak hanya pada proses bisnis namun sudah diterapkan pada berbagai bidang seperti pertanian, Kesehatan, pertambangan, industri *fashion* bahkan pada bidang media dan hiburan.
6. Tantangan utama dalam sistem informasi dan komputer adalah memastikan kebutuhan dan harapan yang jelas dari pengguna sistem. Integrasi sistem baru dengan sistem yang ada serta keamanan data dan privasi.

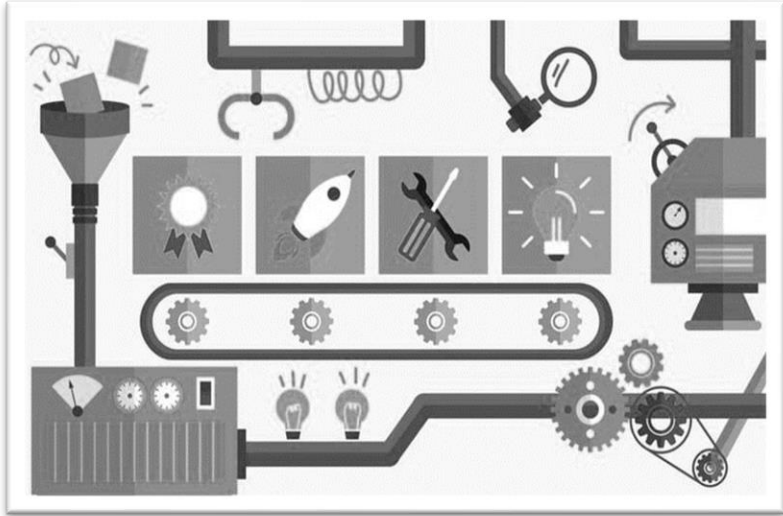
TUGAS DAN EVALUASI

1. Apa perbedaan antara sistem informasi dan sistem komputer? Bagaimana keduanya saling terkait dalam konteks teknologi?
2. Bagaimana peran sistem informasi dan komputer dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas organisasi?
3. Apa perbedaan antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dalam konteks sistem komputer?
4. Apa pentingnya keamanan informasi dalam sistem informasi dan komputer?
5. Bagaimana integrasi sistem informasi dan komputer dengan sistem yang sudah ada dapat memberikan manfaat bagi sebuah organisasi? Apa tantangan yang mungkin dihadapi dalam proses integrasi tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

- Andrian, D. (2021). Penerapan Metode Waterfall Dalam Perancangan Sistem Informasi Pengawasan Proyek Berbasis Web. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, 2(1), 85–93. <http://jim.teknokrat.ac.id/index.php/informatika>
- Bardhan, I. R., & Thouin, M. F. (2013). Health information technology and its impact on the quality and cost of healthcare delivery. *Decision Support Systems*, 55(2), 438–449. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.10.003>
- Fadilla, N. M., & Setyonugroho, W. (2021). Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit Dalam Meningkatkan Efisiensi: Mini Literature Review. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. 8 (1), 357-374. ISSN 2407-4322, E- ISSN 2503-2933.
- Haludin, G., Indrajit, R.E., & Dazki, E. (2022). Arsitektur Perusahaan Untuk Dealer Alat Berat Di Indonesia Menggunakan Business Model Canvas. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 3 (4), 939-948. p-ISSN:2723-3863, e-ISSN: 2723-3871. <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2022.3.4.270>
- Jansson, A. (2021). Beyond the platform: Music streaming as a site of logistical and symbolic struggle. *Sage Jpurnals*. <https://doi.org/10.1177/14614448211036356>
- Kurniawan, D., iriani, A., & Manongga, D. (2020). Pemanfaatan Social Network Analysis (Sna) Untuk Menganalisis Kolaborasi Karyawan Pada Pt. Arum Mandiri Group. *TRANSFORMATIKA*, 17 (2), 149-159. ISSN: 1693-3656, journals.usm.ac.id/index.php/transformatika.
- Muammar, Khairat, UL., & Mailani, R. (2022). Sistem Pakar Deteksi Hama dan Penyakit Tanaman Padi Menggunakan Metode Certainty Factor. *Buletin Poltanesa*, 23 (1), 395-02. p-ISSN 2721-5350 e-ISSN 2721-5369. <https://doi.org/10.51967/tanesa.v23i1.498>.
- Pramadyanto, M.R. (2022). Pemanfaatan Digital Marketing Dalam Membangun Brand Awareness Brand Fashion Streetwear Urbain Inc. *Jurnal Komunikasi dan Teknologi Informasi*, 14 (1), 69-92. e-ISSN: 2549-5623.

- Rainer, R.K., Prince,B., & Watson, H.J. (2017). *Management Information Systems Moving Business Forward 4th Edition*. John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken.
- Saydi, R. (2021). Monitoring Curah Hujan dan Kelengasan Tanah Lahan Pertanian Menggunakan Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) sebagai Dasar Pertanian Presisi. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 6(1), 25-31.
- Sari, G. G., & Wirman, W. (2021). Telemedicine sebagai Media Konsultasi Kesehatan di Masa Pandemic COVID 19 di Indonesia. *Jurnal Komunikasi*, 15(1), 43–54. <https://doi.org/10.21107/ilkom.v15i1>.
- 10181
- Safitriani, D. & Nugraha, K. (2020). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja Rantai Pasok Di Industri Pertambangan (Studi Kasus Pt Berau Coal). *Sebatik*, 24(2), 187-192. <https://jurnal.wicida.ac.id/index.php/sebatik/article/view/1143>
- Sidik, R. (2014). Model Sistem Informasi Kolaborasi Pada Kerjasama Antar Universitas (University To University), *Jurnal Teknologi dan Informasi*, vol. 4, no. 2, pp. 1–10.
- Stair, R.M., & Reynolds, G.W, (2018). *Principles of Information Systems, Thirteenth Edition*. Cengage Learning, 20 Channel Center Street,Boston, USA. ISBN: 978-1-305-97177-6
- Wardhani,A, P., Budi, L. H dan Magdalena, M.M. (2016). Pengaruh Lingkungan Kerja, Komunikasi dan Kepemimpinan Terhadap Kinerja Pegawai. *Jurnal Manage.*, 2 (1), 344–354, 2016.
- Wu, C-H, & Kim, E Y. (2022). Users’ Perceptions of Technological Features in Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) in Fashion Retailing: A Qualitative Content Analysis. *Hindawi (Mobile Information Systems)*, Article ID 3080280, 13 pages, <https://doi.org/10.1155/2022/3080280>



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 6: MANAJEMEN DAN PERENCANAAN

Ari Andriyas Puji, S.T., M.T.

Universitas Muhammadiyah Riau

BAB 6

MANAJEMEN DAN PERENCANAAN

A. SEJARAH MANAJEMEN

Sejarah perkembangan manajemen tidak jauh berbeda dengan perkembangan manusia itu sendiri. Artinya, bahwa manajemen telah berlangsung sejak manusia itu berada di bumi ini, seiring dengan perkembangan dan tuntutan manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pada zaman purba atau zaman batu, manusia juga menggunakan keterampilan dan keahliannya untuk membuat alat-alat dari batu guna merealisasikan tujuan hidupnya. Manajemen kemudian berkembang sesuai dengan perkembangan keahlian serta pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh oleh manusia itu. Pengetahuan serta teknologi (IPTEK) terus tumbuh dan berkembang. Pertumbuhan itu sekaligus juga mengembangkan keterampilan manajemen umat manusia.

Ilmu manajemen merupakan salah satu disiplin ilmu sosial. Pada tahun 1886 Frederick W. Taylor melakukan suatu percobaan time and motion study dengan teorinya ban berjalan. Dari sini lahirlah konsep teori efisiensi dan efektivitas. Kemudian Taylor menulis buku berjudul *The Principle of Scientific Management* (Taylor, 1911) yang merupakan awal dari lahirnya manajemen sebagai ilmu. Di samping itu ilmu manajemen sebagai ilmu pengetahuan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Adanya kelompok manusia, yaitu kelompok yang terdiri atas dua orang atau lebih.
2. Adanya kerjasama dari kelompok tersebut.
3. Adanya kegiatan proses/usaha
4. Adanya tujuan

Selanjutnya ilmu manajemen merupakan kumpulan disiplin ilmu sosial yang mempelajari dan melihat manajemen sebagai fenomena dari masyarakat modern. Dimana fenomena masyarakat modern itu merupakan gejala sosial yang membawa perubahan terhadap organisasi.

Ada beberapa adalah faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kehidupan suatu organisasi, yaitu:

1. Tekanan pemilik perusahaan
2. Kemajuan teknologi
3. Saingan baru
4. Tuntutan masyarakat
5. Kebijakan pemerintah
6. Pengaruh dunia Internasional

Pada kenyataannya manajemen sulit didefinisikan karena tidak ada definisi manajemen yang diterima secara universal. (Follet, 2007) mendefinisikan manajemen sebagai seni dalam menyelesaikan pekerjaan melalui orang lain. Definisi ini mengandung arti bahwa para manajer untuk mencapai tujuan organisasi melalui pengaturan orang lain untuk melaksanakan berbagai tugas yang mungkin dilakukan. Manajemen memang bisa berarti seperti itu, tetapi bisa juga mempunyai pengertian lebih dari pada itu. Sehingga dalam kenyataannya tidak ada definisi yang digunakan secara konsisten oleh semua orang. Stoner mengemukakan suatu definisi yang lebih kompleks yaitu sebagai berikut:

"Manajemen adalah suatu proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengawasan, usaha-usaha para anggota organisasi dan penggunaan sumber daya - sumber daya organisasi lainnya agar mencapai tujuan organisasi yang telah ditetapkan". Dari definisi di atas terlihat bahwa Stoner telah menggunakan kata "proses", bukan "seni". Mengartikan manajemen sebagai "seni" mengandung arti bahwa hal itu adalah kemampuan atau ketrampilan pribadi. Sedangkan suatu "proses" adalah cara sistematis untuk melakukan pekerjaan. Manajemen didefinisikan sebagai proses karena semua manajer tanpa harus memperhatikan kecakapan atau ketrampilan khusus, harus melaksanakan kegiatan-kegiatan yang saling berkaitan dalam pencapaian tujuan yang diinginkan. Berdasarkan uraian diatas disimpulkan bahwa pada dasarnya

manajemen merupakan kerjasama dengan orang-orang untuk menentukan, menginterpretasikan dan mencapai tujuan-tujuan organisasi dengan pelaksanaan fungsi-fungsi perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengarahan (*actuating*), dan pengawasan (*controlling*). Sampai sekarang belum ada suatu teori manajemen dapat diterapkan pada semua situasi. Seorang manajer akan menjumpai banyak pandangan tentang manajemen.

Setiap pandangan mungkin berguna untuk berbagai masalah yang berbeda-beda. Ada tiga aliran pemikiran manajemen yaitu:

- a. Aliran klasik
- b. Aliran hubungan manusiawi
- c. Aliran manajemen modern

Tingkatan manajemen dalam organisasi akan membagi manajer menjadi tiga golongan yang berbeda:

1. Manajer lini pertama

Tingkat paling rendah dalam suatu organisasi yang memimpin dan mengawasi tenaga-tenaga operasional disebut manajemen lini (garis) pertama.

2. Manajer menengah

Manajemen menengah dapat meliputi beberapa tingkatan dalam suatu organisasi. Para manajer menengah membawahi dan mengarahkan kegiatan-kegiatan para manajer lainnya dan kadang-kadang juga karyawan operasional.

3. Manajer puncak

Klasifikasi manajer training pada suatu organisasi. Manajemen puncak bertanggung jawab atas keseluruhan manajemen organisasi.

B. MANAJEMEN MODERN

Ilmu manajemen merupakan salah satu ilmu social yang mulai berkembang tahun 1800, dengan aliran atau teori klasik yang pertama kali muncul. Berkembangnya teori klasik dengan banyak tokoh dan pandangan, masih memunculkan ketidakpuasan bagi sekelompok dan tokoh yang lain sehingga muncul aliran atau teori baru yaitu Neo-Klasik. Dan seiring perkembangan juga perubahan kebutuhan yang serba cepat, praktis dan

efisien, muncullah kembali aliran atau teori baru yaitu manajemen modern. Munculnya teori manajemen modern lebih kepada aliran kuantitatif yang merupakan gabungan dari Operation Research dan Management Science. Teori ini merupakan berkumpulnya para sarjana matematika, fisika, dan sarjana eksakta lainnya dalam memecahkan masalah-masalah yang lebih kompleks.

Pada awalnya tim sarjana yang berasal dari Inggris dan Amerika Serikat, yang lebih dikenal dengan sebutan “OR Tema” digunakan untuk memecahkan masalah pada saat perang. Dan sesudah perang Dunia II tim ini dimanfaatkan untuk memecahkan masalah yang ruwet dalam bidang industry, seperti bidang transportasi dan komunikasi. Teori manajemen modern ini juga memiliki kelemahan karena kurang memperhatikan pada hubungan manusia. Oleh karena itu sangat cocok digunakan untuk bidang perencanaan dan pengendalian, tetapi tidak dapat menjawab masalah-masalah social individu seperti motivasi, organisasi dan kepegawaian. Kehadiran teknologi komputer, membuat prosedur Operation Research lebih diinformasikan menjadi aliran Ilmu Manajemen Modern dan pengembangan model-model dalam memecahkan masalah-masalah manajemen yang kompleks.

Adanya bantuan komputer, dapat memberi pemecahan masalah yang lebih berdasar rasional bagi para manajer dalam membuat keputusannya. Teknik - teknik ilmu manajemen ini membantu para manajer organisasi dalam berbagai kegiatan penting, seperti dalam hal penganggaran modal, manajemen cash flow, penjadwalan produksi, strategi pengembangan produksi, perencanaan sumberdaya manusia dan sebagainya. Meski dengan berkembangnya ilmu ini juga memiliki sisi kelemahan.

C. PENGERTIAN MANAJEMEN

Menurut (Hasibuan, 2012) Manajemen adalah sebuah seni atau ilmu untuk mengatur dan memproses sumber daya yang ada baik itu sumber daya manusia maupun sumber lainnya. Sumber-sumber tersebut diproses dan diatur demi mencapai tujuan tertentu.

Menurut (Sikula., 2011) manajemen merupakan kegiatan untuk merencanakan, mengatur, mengorganisasikan, mengendalikan, menempatkan, memberi motivasi, komunikasi dan mengambil keputusan

yang dilakukan oleh sebuah organisasi. Kegiatan-kegiatan itu dilakukan untuk mengelola sumber daya yang dimiliki. Dari sumber daya itulah kemudian tujuan akhirnya adalah untuk menghasilkan suatu produk maupun jasa secara efisien. (Fayol, 1985) menuturkan bahwa di dalam manajemen terkandung lima gagasan utama yaitu merancang, mengkoordinasikan, memerintah, mengatur/mengorganisasikan, serta mengendalikan.

D. DASAR MANAJEMEN

Kata manajemen diambil dari kata management dalam Bahasa Inggris, yaitu turunan dari kata "*to manage*" yang artinya mengurus tata laksana atau ketatalaksanaan. Sedangkan orang yang mengaturnya disebut manajer. Dari pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa manajemen adalah cara seorang manajer dalam mengarahkan, membina dan memimpin orang-orang yang menjadi karyawannya supaya usaha yang sedang dijalankan dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dikutip dari (Badrudin, 2015), konsep dasar manajemen dapat dibagi menjadi empat, yakni sebagai ilmu pengetahuan, sebagai seni, sebagai profesi dan sebagai proses.

1. Konsep Manajemen Sebagai Ilmu Pengetahuan Manajemen dapat menjadi rujukan atau dasar ilmu pengambilan keputusan di dalam perusahaan maupun kehidupan manusia secara umum. Dengan ilmu manajemen proses manusia bekerja sama dapat diukur dan dievaluasi.
2. Konsep Manajemen Sebagai Seni Manajemen bukan hanya sebatas teori, ilmu ini bergerak fleksibel seperti seni yang terkadang tidak bisa diprediksi. Ketika berada di lapangan, manajemen dibutuhkan untuk bisa bekerja fleksibel dalam menghadapi segala tantangan.
3. Konsep Manajemen Sebagai Profesi Konsep manajemen sebagai profesi merujuk pada profesi manajer atau staff manajemen yang bekerja secara profesional untuk perusahaan dan mendapatkan gaji sesuai dengan keahlian mereka.
4. Konsep Manajemen Sebagai Proses Manajemen merupakan sebuah cara pengelolaan yang berarti membutuhkan waktu untuk bisa mencapai hasil yang diinginkan. Proses ini berkaitan erat dengan fungsi manajemen di dalam perusahaan.

Dasar Manajemen terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Manajemen *Based on Behaviorist Theory*

The behavioral theory atau Teori manajemen perilaku sering disebut gerakan hubungan manusia karena membahas dimensi kerja manusia. Ahli teori perilaku percaya bahwa pemahaman yang lebih baik tentang perilaku manusia di tempat kerja, seperti motivasi, konflik, harapan, dan dinamika kelompok, meningkatkan produktivitas.

2. Manajemen *Based on Industrial Engineering*

Industrial Engineering merupakan konsep yang mulai dipakai lebih dari satu abad yang lalu. Konsepnya bahwa semua pekerjaan yang akan dilakukan di lantai produksi harus di rekayasa dan desain dan pengendalian sistem produksi menjadi alat peningkatan efektivitas dan efisiensi pekerja. Manajemen jepang menerapkan tipe hubungan pekerja partisipatif dan konsensus. Perundangan jepang bahkan tidak memungkinkan pengusaha memecat karyawannya, mengutamakan *lifetime employment*.

E. SUMBERDAYA ORGANISASI

Sumber daya organisasi menurut (Barney, 1991) meliputi semua aset seperti keahlian, proses organisasi, atribut, informasi dan pengetahuan. Sumber daya organisasi dapat menyusun dan mengimplementasikan strategi yang meningkatkan efisiensi dan efektivitas.

Capron and (Hulland, 1999) mendefinisikan sumber daya organisasi sebagai sejumlah pengetahuan, aset fisik, manusia, dan faktor-faktor berwujud dan tidak berwujud yang dimiliki atau dikendalikan organisasi. Sumber daya organisasi memungkinkan organisasi untuk menghasilkan penawaran pasar secara efektif dan efisien penawaran pasar yang bernilai untuk beberapa segmen pasar.

Menurut (Fathoni,2006) Sumber daya organisasi mempengaruhi penetapan strategi yang dibuat oleh organisasi saat berkompetisi di lingkungan bisnis. Kemampuan organisasi juga dapat menambah nilai dalam rantai nilai pelanggan, diversifikasi produk atau pengembangan pasar baru.

Pengelolaan sebuah organisasi tentu melibatkan berbagai sumber daya yang merupakan aset organisasi tersebut. Informasi sebagai suatu sumber daya organisasi semakin dianggap penting untuk dikelola seperti halnya sumber daya organisasi lainnya. Terdapat 5 jenis sumber daya organisasi yang terkenal dengan istilah 5M, organisasi yang terkenal dengan istilah 5M, yaitu:

1. *Man* (manusia)
2. *Money* (uang)
3. *Material* (bahan baku kerja)
4. *Machine* (peralatan mesin)
5. *Method* (metode kerja organisasi)

Method (metode kerja organisasi) Lima sumber daya yang pertama adalah sumber daya fisik, yang memiliki wujud, sementara sumber daya informasi merupakan sumber daya konseptual. Sumber daya konseptual dipakai oleh para manajer untuk mengelola sumber daya fisik. Sumber daya informasi bukan Cuma meliputi informasi dan data, tetapi juga perangkat keras komputer, perangkat lunak komputer, para spesialis informasi, pemakai, fasilitas, database, informasi dan data. Organisasi dalam operasinya selalu membutuhkan sistem-sistem untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, melihat kembali, dan menyalurkan informasi. Sumber daya dalam organisasi perlu terus-menerus disusun ulang agar siap pakai pada saat diperlukan perusahaan. Penyusunan ulang tersebut juga bertujuan untuk menghasilkan daya guna yang lebih tinggi.

Terdapat empat kriteria yang menentukan sumber daya merupakan aset strategi yang berkontribusi dalam meraih keunggulan bersaing yang berkelanjutan (Madhani, 2009), yakni:

1. Berharga (Valuable): sumber daya organisasi berharga jika memberikan nilai strategis bagi organisasi. Sumber daya organisasi memberikan nilai jika membantu organisasi dalam memanfaatkan peluang pasar. Sumber daya membantu dalam mengurangi ancaman pasar.

2. Langka (Rare): sumber daya organisasi yang sulit ditemukan menjadi keunikan organisasi. Sumber daya harus langka atau unik untuk menawarkan keunggulan kompetitif.
3. Imitability (I): sumber daya organisasi dapat menjadi dasar keunggulan kompetitif yang berkelanjutan. Sumber daya organisasi tidak dapat diimitasi
4. Non-substitusi (N): alternatif sumber daya lain tidak dapat menggantikan sumber daya organisasi.

F. FUNGSI MANAJEMEN

5 fungsi manajemen menurut (Fayol, 1985). Secara garis besar, fungsi-fungsi manajemen tersebut merupakan proses dari suatu aktivitas yang dilakukan dengan merencanakan, mengorganisasikan, mengatur SDM, sampai dengan pengendalian.

1. Perencanaan

Salah satu 5 fungsi manajemen yang penting adalah perencanaan atau *planning*. Manajemen berfungsi untuk memberikan arahan, koordinasi, dan pengendalian yang baik berdasarkan rencana yang sebelumnya telah ditetapkan. Namun, dalam menjalankan proses manajemen, perencanaan yang dibuat tidak harus mutlak dijalankan. Bisa saja perencanaan tersebut berubah sesuai dengan situasi yang ada. Namun, perencanaan ini tetap penting dilakukan

Adanya rencana bisa membuat semua terkonsep dengan baik sehingga setiap pelaksanaan yang dilakukan akan memiliki patokan dasar yang baik sehingga setiap langkah penting yang diambil tidak seenaknya. Rencana yang baik juga memungkinkan tujuan dari organisasi atau perusahaan dapat tercapai. Selain itu, *planning* juga berfungsi untuk membuat strategi agar suatu ketidakpastian bisa menjadi lebih terarah di masa mendatang.

2. Pengorganisasian

Kami juga akan jelaskan fungsi manajemen berikutnya, yaitu pengorganisasian (*organizing*). Menurut Henry Fayol, pengorganisasian dilakukan dengan mengelola sumber daya yang ada dengan baik sampai

dengan melakukan pengaturan agar rencana yang sudah ada dapat berjalan sesuai perkiraan.

Dalam menjalankan fungsi pengorganisasian ini, terdiri dari 4 tingkatan. Diantaranya adalah pembagian tugas, menjadi satu pengarahan, ada jenjang organisasi, dan tingkat sentralisasi. Adanya pengorganisasian akan membuat pelaksanaan tugas menjadi lebih efisien dan efektif. Kenapa harus ada sentralisasi atau sistem terpusat? Hal ini agar lebih mudah untuk mengelola organisasi. Jadi, perintah yang diberikan harus dalam satu kesatuan yang disetujui oleh tingkatan paling atas atau ketua.

Jika semua orang memberikan pengorganisasian tentu hal ini akan menimbulkan kebingungan kepada siapa mereka harus patuh dan tugas apa sebenarnya mereka kerjakan. Lain halnya jika pengorganisasian tersebut dilakukan secara terpusat sehingga setiap orang lebih mudah untuk menjalankan tupoksinya sesuai yang diberikan oleh orang yang berwenang tersebut.

3. Pengarahan

Kita sebutkan fungsi manajemen lainnya yaitu pengarahan atau *briefing*. Pengarahan juga diperlukan untuk setiap kegiatan yang melibatkan banyak orang seperti organisasi atau perusahaan. Fungsi manajemen pengarahan ini diberikan untuk memudahkan proses pelaksanaan tugas agar berjalan sesuai harapan. Pengarahan biasanya diberikan dari tingkat atas ke bawah. Contohnya dari manajer ke karyawan.

Arahan ini diberikan untuk SDM (Sumber Daya Manusia) yang termasuk dalam anggota dari perusahaan atau organisasi. Adanya briefing sebelumnya juga meminimalkan resiko kesalahan yang dilakukan oleh karyawan.

4. Koordinasi

Fungsi-fungsi manajemen yang tak kalah penting adalah bertujuan untuk koordinasi (*coordination*) atau menyelaraskan kegiatan. Adanya koordinasi antar divisi atau sesama divisi akan membuat tujuan perusahaan menjadi lebih mudah tercapai.

Koordinasi yang baik dilakukan dengan interaksi yang efektif kepada rekan kerja atau bawahan. Interaksi ini harus terjalin secara harmonis dan semangat kekeluargaan. Dengan demikian, anggota dari perusahaan tersebut bisa menjalankan kerjasama tim dengan baik.

Adanya koordinasi ini ditandai dengan dibentuknya rapat rutin untuk mencari suatu solusi dari permasalahan yang terjadi di perusahaan. Selain itu, fungsi dari koordinasi juga berguna untuk mencapai suatu kesepakatan dengan mudah sesuai impian bersama.

5. Pengendalian

Fungsi-fungsi manajemen lainnya yaitu pengendalian atau *controlling*. Pengendalian juga termasuk dalam fungsi manajemen yang tidak boleh terlewat.

Pengendalian bertujuan untuk memantau proses berjalannya suatu kegiatan. Selain itu, fungsi ini juga berguna untuk memastikan semua kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan dapat berjalan dengan baik.

Adanya pengendalian juga berguna untuk membuat perusahaan menjadi lebih berkembang. Hal ini karena pengendalian akan lebih mencegah resiko kerugian yang mungkin terjadi. Setiap tugas akan dipantau secara seksama untuk memastikan apakah sudah sesuai dengan standar atau tidak.

Selain itu, dari pengendalian ini Anda bisa melihat bagaimana evaluasi kedepannya. Hal ini karena setiap kegiatan yang nantinya akan dilaksanakan akan selalu ada masalah dan hambatan yang akan dihadapi.

Dari hasil pemantauan tersebut dapat dianalisis bagaimana cara pemecahan masalah terbaiknya

G. TOP MANAGEMENT

Tingkatan yang pertama dan menduduki level paling atas adalah manajemen puncak atau top manajemen. Dalam tingkatan ini, top management masuk ke kedudukan paling tertinggi sehingga mengawasi semua manajer yang ada di bawahnya.

Ada berbagai jabatan yang menduduki posisi ini, diantaranya adalah *Chief Financial Officer (CFO)*, *Chief Operating Officer (COO)*, *Chief Executive Officer (CEO)*, *presdir*, dan berbagai posisi eksekutif lain.

Adapun tugas dan fungsi dari manajemen puncak adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan tujuan dari organisasi tersebut dengan target waktu tertentu. Baik itu jangka waktu singkat ataupun tujuan jangka panjang.
2. Menjadi citra dari organisasi untuk berhubungan dengan para konsumen, media, sampai dengan investor terkait.
3. Membuat kebijakan serta rencana untuk tujuan kelompok atau perusahaan. Perencanaan ini harus dibuat sebaik mungkin mengikuti visi dan misi yang ada.
4. Mengawasi seluruh aktivitas manajer bawahan agar bisa terorganisir.
5. Punya tanggung jawab penuh untuk pertumbuhan perusahaan.
6. Mengatur dan menjaga seluruh sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan, baik itu aset, tenaga kerja, maupun arus keuangan. Semua elemen tersebut yang mendukung dan mempengaruhi jalannya suatu organisasi atau perusahaan. Oleh sebab itu, penting untuk mengendalikannya dengan baik agar perusahaan berjalan lancar.

H. MIDDLE MANAGEMENT

Tingkatan yang kedua adalah middle management atau manajemen menengah. Level ini berada di bawah top manajemen dan di atas manajemen lini pertama. Middle management bertanggung jawab kepada top management karena posisinya ditunjuk langsung oleh puncak manajemen ini.

Di tingkat ini, manajemen tengah diberi wewenang untuk memantau manajemen yang di bawahnya. Contoh jabatan yang termasuk dalam manajemen menengah adalah kepala departemen, junior executive, sampai dengan manajer cabang.

Ada beberapa tanggung jawab yang diperlukan dalam menjabat di posisi ini, antara lain sebagai berikut:

1. Memastikan seluruh kegiatan dari tiap departemen yang disertai tanggung jawab untuk membuat perusahaan berjalan dengan baik dan mencapai tujuan bersama.

2. Menjadi penghubung antara top manajemen dengan manajemen di bawahnya agar dapat melaksanakan perencanaan yang sudah ditetapkan dengan baik.
3. Selain itu, penting juga untuk menjaga kinerja dari tenaga kerja agar tetap produktif. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan motivasi pekerja dengan berbagai strategi yang optimal.
4. Merealisasikan kebijakan yang dibuat oleh top manajemen.
5. Melakukan seleksi, pemilihan rekrutmen, sampai dengan penempatan karyawan sesuai dengan bidangnya secara tepat.
6. Mengawasi dan memantau langsung pelaksanaan pekerjaan.
7. Membangun kerja sama dan suasana yang kondusif di setiap departemen guna menjaga kebersinambungan yang baik.

I. LOWER MANAGEMENT

Tingkatan manajemen terakhir atau level terendah adalah first line management. Tingkatan ini memiliki kekuasaan yang paling rendah jika dibandingkan dengan manajemen lainnya. Tanggung jawabnya adalah menjaga kinerja dari seluruh tim di bidang operasional.

Dengan tanggung jawab ini membuat para manajer harus mampu memiliki keahlian tertentu, seperti komunikasi dan teknikal. Selain itu, ada juga beberapa tugas lain yang dimiliki oleh first line management, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menjadi pendengar dari berbagai masalah yang dialami seluruh pekerja di bidang operasional.
2. Melaporkan kritik dan saran tersebut ke manajemen menengah.
3. Menciptakan suasana kerja yang harmonis dan nyaman.
4. Melengkapi berbagai fasilitas pendukung untuk operasional kerja.
5. Membantu manajemen tingkat menengah melakukan seleksi calon tenaga kerja.
6. Selalu meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi yang baik di perusahaan.
7. Bertanggung jawab dalam menjaga attitude yang baik dari tenaga kerja di perusahaan.

J. FORMASI KEBIJAKAN MANAJEMEN

1. Mission, misi adalah tujuan yang paling jelas terlihat, misalnya perusahaan membuat sabun
2. Objective, sasaran biasanya mengacu pada akhir aktivitas yang harus dicapai.
3. Policy, kebijakan adalah aturan, regulasi, dan sasaran yang digunakan dalam pengambilan keputusan manajerial.
4. Strategy, mengacu pada rencana dari kegiatan dan sumber daya yang digunakan untuk mencapai misi dan sasaran.

K. FUNGSI OPERASIONAL MANAJEMEN

Ada beberapa jenis operasional manajemen yaitu:

1. Human Resources Management

Manajemen sumber daya manusia (human resources management) adalah rangkaian aktivitas organisasi yang diarahkan untuk menarik, mengembangkan, dan mempertahankan tenaga kerja yang efektif. Manajer memiliki peran besar dalam mengarahkan orang-orang yang berada di organisasi untuk mencapai tujuan yang diharapkan, termasuk memikirkan bagaimana memiliki manajemen sumber daya manusia (MSDM) yang mampu bekerja secara efektif dan efisien. Memang sudah menjadi tujuan umum bagian MSDM untuk mampu memberikan kepuasan kerja yang maksimal kepada pihak manajemen perusahaan yang lebih jauh mampu membawa pengaruh pada nilai perusahaan (company value) baik secara jangka pendek maupun jangka panjang.

Agar pengertian MSDM ini lebih jelas, di bawah ini dirumuskan dan dikutip definisi yang dikemukakan oleh para ahli : menurut (Marwansyah, 2014) berpendapat bahwa manajemen sumber daya manusia dapat diartikan sebagai pendayagunaan sumber daya manusia di dalam organisasi, yang dilakukan melalui fungsi-fungsi perencanaan sumber daya manusia, rekrutmen dan seleksi, pengembangan sumber daya manusia, perencanaan dan pengembangan karir, pemberian kompensasi dan kesejahteraan, keselamatan dan kesehatan kerja, dan hubungan industrial.

Selain itu menurut (Edy, 2016) Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM) adalah: “Kegiatan perencanaan, pengadaan, pengembangan, pemeliharaan, serta penggunaan SDM untuk mencapai tujuan baik secara

individu maupun organisasi.” Menurut (Hasibuan, 2012) manajemen sumber daya manusia adalah “ilmu dan seni mengatur hubungan dan peranan tenaga kerja agar efektif dan efisien membantu terwujudnya tujuan perusahaan, karyawan, dan masyarakat”.

Sedangkan menurut (Kasmir, 2016), menyatakan bahwa Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM) adalah: “Proses pengelolaan manusia, melalui perencanaan, rekrutmen, seleksi, pelatihan, pengembangan, pemberian kompensasi, karier, keselamatan dan kesehatan serta menjaga hubungan industrial sampai pemutusan hubungan kerja guna mencapai tujuan perusahaan dan peningkatan kesejahteraan stakeholder.

2. Marketing Management

Pemasaran merupakan aktivitas penting bagi perusahaan dan merupakan sistem keseluruhan dari kegiatan usaha. Pemasaran tidak hanya berorientasi pada kegiatan menjual produk saja namun pemasaran memiliki tujuan yang lebih luas yaitu untuk merencanakan produk, menentukan harga, mempromosikan, dan mendistribusikan barang atau jasa. Pemasaran merupakan ujung tombak keberhasilan perusahaan dalam mendapatkan laba melalui aktivitas penjualan barang atau jasa yang dihasilkan perusahaan.

(Tjiptono,2002) memberikan definisi pemasaran adalah: “Suatu proses sosial dan manajerial dimana individu atau kelompok mendapatkan apa yang mereka butuhkan dan inginkan melalui penciptaan, penawaran, dan pertukaran segala sesuatu yang bernilai dengan orang atau kelompok lain.

(Kotler, 2008) mengungkapkan definisi pemasaran bahwa:

“Pemasaran adalah mengidentifikasi dan memenuhi kebutuhan manusia dan sosial. Memenuhi kebutuhan dengan cara menguntungkan”.

(Saladin, 2007) mengungkapkan bahwa “Pemasaran adalah suatu sistem total dari kegiatan bisnis yang dirancang untuk merencanakan, menentukan harga, promosi, dan mendistribusikan barang-barang yang dapat memuaskan keinginan dan mencapai pasar serta tujuan perusahaan”.

3. Operation Management or Production Management

Manajemen operasi dan produksi pada dasarnya adalah proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan dan pengendalian berbagai sumber daya untuk melakukan perubahan input menjadi output melalui proses transformasi atau produksi secara efektif dan efisien. Manajemen operasi dapat diterapkan baik untuk produksi yang menghasilkan barang maupun jasa, meskipun keduanya mempunyai perbedaan.

Ada beberapa perkembangan desain sistem operasional produksi yang baru yaitu *Design for Manufacture* (Desain untuk produksi), *Computer-Aided-Design* (CAD), *Computer Aided Manufacturing* (CAM), dan *Computer Integrated Manufacturing* (CIM). Perencanaan kapasitas ditujukan untuk merencanakan seberapa banyak produk yang akan dibuat (diproduksi). Perencanaan fasilitas menetapkan lokasi fisik dimana produk atau jasa akan dihasilkan, dan mencakup perencanaan lokasi dan lay-out.

4. Financial Management

Manajemen Keuangan adalah semua aktivitas atau kegiatan perusahaan yang berkaitan dengan bagaimana cara mendapatkan, menggunakan, dan mengelola keuangan perusahaan. *Financial management* adalah kegiatan manajemen yang bertujuan untuk mengelola dana maupun aset-aset yang dimiliki perusahaan untuk dimanfaatkan pada hal-hal atau kegiatan yang membantu tercapainya tujuan utama perusahaan tersebut, yaitu profit. Dalam perusahaan atau bisnis, manajemen keuangan memiliki 3 aktivitas utama yang dilakukan oleh manajer keuangan yaitu:

- a. Perolehan dana
- b. Aktivitas penggunaan dana
- c. Pengelolaan aktiva

Ketiga hal tersebut berkaitan dengan sumber dana internal maupun eksternal perusahaan. Modal kerja dan kepemilikan saham juga termasuk tugas dalam manajemen keuangan. Lebih dalam tentang tujuan dan peran *financial management* dalam bisnis akan dibahas secara lengkap dalam artikel ini.

Menurut (Riyanto, 2014), pengertian manajemen keuangan adalah semua aktivitas perusahaan yang berkaitan dengan usaha untuk mendapatkan pendanaan yang diperlukan dengan biaya minimal dan syarat-syarat yang paling menguntungkan, serta usaha untuk menggunakan dana tersebut se-efisien mungkin.

Menurut (Massie, 2016), pengertian manajemen keuangan adalah aktivitas operasional bisnis yang bertanggung jawab untuk mendapatkan dan menggunakan dana yang diperlukan untuk kegiatan operasional yang efektif dan efisien.

5. Information Technology Management

Manajemen informasi atau information management adalah pengumpulan, penyimpanan, pengelolaan dan pemeliharaan data dan jenis informasi lainnya. Ini melibatkan pengumpulan, penyebaran, pengarsipan dan penghancuran informasi dalam segala bentuknya.

Information management mencakup prosedur dan pedoman yang diadopsi organisasi untuk mengelola dan mengkomunikasikan informasi di antara individu, departemen, dan pemangku kepentingan yang berbeda.

Manajemen ini berfokus pada tingkat kontrol yang dimiliki organisasi atas informasi yang dihasilkannya. Hal ini membutuhkan pembangunan sistem manajemen informasi khusus yang dirancang untuk membantu perusahaan menggunakan sumber dayanya untuk mendukung proses bisnis.

Manajemen informasi juga berkaitan dengan bagaimana organisasi berbagi dan memberikan informasi kepada penerima yang beragam. Ini termasuk format, seperti informasi digital dan fisik, dan media, termasuk komputer, server, situs web, media sosial, perangkat seluler, dan aplikasi.

Penjelasan secara terperinci dan sistematis yang terdiri dari sub bab, dan sub subbab dan seterusnya.

L. RANGKUMAN MATERI

Sejarah manajemen diawali dengan dari pedagang sumeria yang menjual budak, para pemilik budak di hadapkan dengan masalah eksploitasi. Lalu dilakukan angka arab, pembukuan, menyediakan alat penelitian, perencanaan dan pengendalian. merupakan awal dari lahirnya

manajemen sebagai ilmu. Di samping itu ilmu manajemen sebagai ilmu pengetahuan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Adanya kelompok manusia, yaitu kelompok yang terdiri atas dua orang atau lebih.
2. Adanya kerjasama dari kelompok tersebut.
3. Adanya kegiatan proses/usaha
4. Adanya tujuan

Pengertian Manajemen Menurut (Hasibuan, 2012) Manajemen adalah sebuah seni atau ilmu untuk mengatur dan memproses sumber daya yang ada baik itu sumber daya manusia maupun sumber lainnya. Sumber-sumber tersebut diproses dan diatur demi mencapai tujuan tertentu.

Kata manajemen diambil dari kata *management* dalam Bahasa Inggris, yaitu turunan dari kata "*to manage*" yang artinya mengurus tata laksana atau ketatalaksanaan. Sedangkan orang yang mengaturnya disebut manajer.

Sumberdaya Organisasi Menurut (Fathoni,2006) Sumber daya organisasi mempengaruhi penetapan strategi yang dibuat oleh organisasi saat berkompetisi di lingkungan bisnis. Kemampuan organisasi juga dapat menambah nilai dalam rantai nilai pelanggan, diversifikasi produk atau pengembangan pasar baru.

Fungsi Manajemen (Fayol, 1985). Secara garis besar, fungsi-fungsi manajemen tersebut merupakan proses dari suatu aktivitas yang dilakukan dengan merencanakan, mengorganisasikan, mengatur SDM, sampai dengan pengendalian. Kemudian ada 3 level dalam manajemen diantaranya: *Top Management*, *Midle Management* dan *Lower Management*.

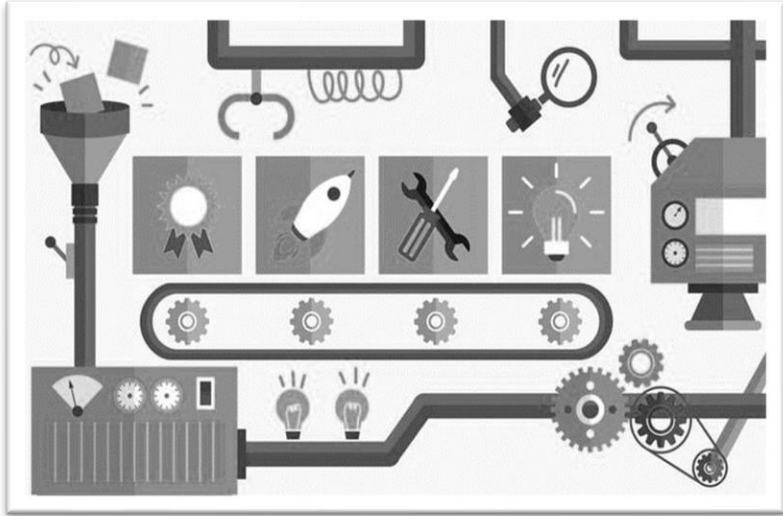
Ada beberapa jenis operasional manajemen yaitu: *Human Resources Management*, *Marketing Management*, *Operation Management or Production Management*, *Financial Management*, *Information Technology Management*.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Jelaskan Pengertian Manajemen
2. Jelaskan Sejarah Berkembangnya Manajemen
3. Jelaskan Fungsi-Fungsi Manajemen
4. Jelaskan level pada manajemen dan perencanaan
5. Jelaskan peran Perencanaan dalam Manajemen

DAFTAR PUSTAKA

- Badrudin. (2015). Dasar-Dasar Manajemen. Alfabeta.
- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, Vol. 17(No. 1), 19-120.
- Edy, S. (2016). Manajemen Sumber Daya Manusia. Kencana Prenada Media Group.
- Fathoni, A. (2006). Organisasi dan Manajemen Sumber Daya Manusia. Rineka Cipta.
- Fayol, H. (1985). Industri dan Manajemen Umum Terjemahan Winardi. Sir Issac and Son.
- Follet, M. P. (2007). Manajemen. Indeks.
- Hasibuan, M. S. (2012). Manajemen SDM. Bumi Aksara.
- Hulland, J. (1999). Use of Partial Least Squares (PLS) in Strategic Management Research: A Review of Four Recent Studies. *Strategic Management Journal*, 20(2), 195.
- Kasmir. (2016). Manajemen Sumber Daya Manusia (Teori dan Praktik). PT. Rajagrafindo Persada.
- Kotler, P. (2008). Manajemen Pemasaran Edisi 12 Jilid 2. Indeks.
- Madhani, P. (2009). Resource Base View (RBV) of Competitive Advantage: Importances, Issues, and Implications. *Indian Management Research Journal*, Vol. 1(No 2), 1–15.
- Marwansyah. (2014). Manajemen Sumber Daya Manusia, Edisi Kedua. Alfabeta.
- Massie, J. L. (2016). Dasar-Dasar Manajemen. Erlangga. Erlangga.
- Riyanto, B. (2014). Dasar-Dasar Pembelanjaan Perusahaan, Edisi. Keempat,. Cetakan Ketujuh. BPFE.
- Saladin, D. (2007). Manajemen Pemasaran, Bandung. Linda Karya.
- Sikula., A. E. (2011). Manajemen Sumber Daya Manusia. Erlangga.
- Taylor, F. W. (1911). The Principles of Scientific Management. Harper & Brothers.
- Tjiptono, F. (2002). Strategi Pemasaran. Penerbit Andi.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 7: TEKNIK ERGONOMI DAN KEAMANAN KERJA

Ir. Christofora Desi Kusmindari, M.T., IPM

Universitas Bina Darma

BAB 7

TEKNIK ERGONOMI DAN KEAMANAN KERJA

A. PENGERTIAN ERGONOMI

Ergonomi adalah ilmu yang mengkaji antar muka antara manusia dan komponen sistem, dengan segala keterbatasan dan kemampuan manusia, serta menekankan pada hubungan terbaik antara lingkungan kerja untuk menciptakan peningkatan kinerja, keselamatan, dan kepuasan pengguna sistem kerja yang baik. Manfaat ergonomi adalah dapat membantu karyawan, manajemen, perusahaan, dan pemerintah meningkatkan efisiensi waktu kerja, meningkatkan efisiensi otot dan energi, serta meningkatkan efisiensi. (Nurmianto,2005)

Kenyamanan, mengurangi risiko cedera kerja, mengurangi risiko penyakit akibat kerja, mengurangi risiko kelelahan, menghindari risiko kebosanan, mengurangi ketidakhadiran karyawan, mengurangi biaya tak terduga, mengurangi jam/hari kerja, dll sangat bermanfaat bagi semua pihak. Dalam metode ergonomi, untuk dapat meningkatkan kualitas hidup manusia dalam sistem aktif, faktor manusia dari seluruh sistem aktif dari hulu hingga hilir harus diotorisasi agar dapat memberikan kinerja yang maksimal dan terbaik.

Ergonomi berkenaan pula dengan optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah, dan tempat rekreasi. (Amri, 2014)

B. ERGONOMI HAZARD

Ergonomi hazard (bahaya ergonomi) mengacu pada risiko atau bahaya yang terkait dengan ketidaksesuaian antara pekerja, tugas, peralatan, lingkungan kerja, dan proses kerja. Ergonomi sendiri merupakan studi tentang bagaimana manusia berinteraksi dengan elemen-elemen ini di tempat kerja.

Bahaya ergonomi dapat muncul ketika ada ketidakcocokan antara karakteristik fisik atau kognitif pekerja dengan tugas yang dilakukan atau kondisi kerja di lingkungan tersebut. Contoh-contoh bahaya ergonomi meliputi:(Budiman et al., 2017)

1. Posisi kerja yang tidak ergonomis, seperti posisi duduk atau berdiri yang tidak nyaman atau tidak mendukung.
2. Penggunaan peralatan atau alat yang tidak sesuai dengan ukuran, bentuk, atau kekuatan fisik pekerja, seperti mengangkat beban berat tanpa bantuan atau dukungan yang memadai.
3. Beban kerja yang berlebihan, termasuk tugas fisik yang terlalu berat atau tugas kognitif yang terlalu kompleks.
4. Repetisi gerakan yang berulang secara berkepanjangan, seperti gerakan penggunaan keyboard yang berulang dalam jangka waktu yang lama.
5. Paparan vibrasi, suhu ekstrem, kebisingan, atau radiasi di tempat kerja yang dapat berdampak negatif pada kesehatan dan kenyamanan pekerja.

Bahaya ergonomi dapat menyebabkan masalah kesehatan jangka pendek seperti kelelahan, ketegangan otot, dan cedera akut. Namun, secara bertahap dapat pula menyebabkan masalah kesehatan jangka panjang seperti gangguan muskuloskeletal, gangguan penglihatan, dan masalah psikologis.(Lusi et al., n.d.)

Untuk mengurangi risiko bahaya ergonomi, penting untuk merancang tempat kerja yang sesuai dengan kebutuhan fisik dan kognitif pekerja, memberikan pelatihan ergonomi, dan melibatkan pekerja dalam proses perbaikan ergonomi di tempat kerja. (Tarwaka, 2013)

C. EVALUASI, REKOMENDASI & PENGENDALIAN GOTRAK

Program evaluasi dan pengendalian gangguan otot rangka (musculoskeletal) merupakan rangkaian kegiatan yang ditujukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko yang berkaitan dengan gangguan otot rangka di lingkungan kerja. Gangguan otot rangka adalah kelainan atau cedera pada otot, tendon, ligamen, dan struktur muskuloskeletal lainnya yang dapat disebabkan oleh beban kerja yang berlebihan, posisi kerja yang tidak ergonomis, gerakan yang berulang, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi fisik pekerja.

Program evaluasi dan pengendalian gangguan otot rangka melibatkan langkah-langkah berikut:

1. **Evaluasi Risiko Ergonomi:** Dilakukan pengidentifikasian dan penilaian risiko ergonomi di tempat kerja. Ini melibatkan pengamatan langsung, wawancara dengan pekerja, analisis tugas, dan penggunaan alat pengukuran ergonomi untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan gangguan otot rangka.
2. **Pengukuran Faktor-Faktor Ergonomi:** Dilakukan pengukuran dan pemantauan faktor-faktor ergonomi yang berhubungan dengan gangguan otot rangka, seperti posisi kerja, gerakan berulang, beban fisik, dan kekuatan yang diperlukan dalam tugas.
3. **Evaluasi Kesehatan Pekerja:** Melakukan evaluasi kesehatan pekerja untuk mengidentifikasi adanya gejala atau tanda-tanda gangguan otot rangka. Ini dapat melibatkan pemeriksaan fisik, wawancara medis, dan pemeriksaan tes khusus jika diperlukan.
4. **Perancangan dan Implementasi Perubahan:** Berdasarkan hasil evaluasi, dilakukan perancangan dan implementasi perubahan yang diperlukan untuk mengurangi risiko gangguan otot rangka. Ini dapat melibatkan perubahan desain tempat kerja, peralatan yang digunakan, modifikasi tugas, penggunaan alat bantu ergonomis, pelatihan pekerja, dan tindakan pencegahan lainnya.
5. **Pemantauan dan Evaluasi Lanjutan:** Setelah perubahan diimplementasikan, dilakukan pemantauan dan evaluasi lanjutan untuk memastikan efektivitas langkah-langkah yang diambil. Jika diperlukan, penyesuaian lebih lanjut dapat dilakukan untuk memperbaiki kondisi kerja.

Program evaluasi dan pengendalian gangguan otot rangka bertujuan untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan ergonomis, serta melindungi kesehatan dan kesejahteraan pekerja. Penting untuk melibatkan pekerja dalam proses ini dan memberikan pelatihan tentang praktik kerja yang ergonomis untuk mencegah gangguan otot rangka.

Untuk melakukan Program Evaluasi dan Pengendalian GOTRAK, syarat yang harus dipenuhi adalah:



Dukungan manajemen



Bagian dari SMK3 dan terkait dengan kinerja & remunerasi



Tidak berdampak buruk bagi pekerja



Mulai dari skala kecil; sistematis & komprehensif; tunjukkan manfaat dari sisi produktivitas/kualitas

Evaluasi Resiko GOTRAK dilakukan dengan menggunakan:

1. Data antropometri

Data antropometri adalah pengukuran dan analisis dimensi fisik manusia. Pengukuran antropometri berkaitan dengan pengumpulan informasi tentang ukuran dan proporsi tubuh manusia, seperti tinggi badan, berat badan, panjang lengan, lebar bahu, lingkaran pinggang, dan sejumlah variabel antropometri lainnya. (Kroemer & Grandjean, 1997). Data antropometri diukur pada saat tubuh berdiri dan duduk, Berikut adalah data antropometri yang biasanya di gunakan dalam analisis dimensi fisik manusia. (Nurmianto, 2005)

No.	Dimensi Tubuh	Jenis Kelamin	Dimensi (cm)		
			5th	50th	95th
1	Tinggi (berdiri)	Laki-laki	152,38	169,16	185,95
		Perempuan	137,26	154,99	172,71
2	Tinggi mata (berdiri)	Laki-laki	149,01	159,04	169,07
		Perempuan	135,69	145,37	155,06
3	Tinggi bahu (berdiri)	Laki-laki	132,36	141,59	150,92
		Perempuan	119,97	129,77	139,57
4	Tinggi siku (berdiri)	Laki-laki	95,66	105,8	115,94
		Perempuan	89,18	98,35	107,53
5	Tinggi kepalan tangan (berdiri)	Laki-laki	64,65	73,88	83,11
		Perempuan	61,55	69,56	77,57
6	Tinggi (duduk)	Laki-laki	71,81	83,82	95,83
		Perempuan	72,5	82,17	91,84
7	Tinggi mata (duduk)	Laki-laki	62,65	73,69	84,73
		Perempuan	61,46	71,68	81,9
8	Tinggi siku (duduk)	Laki-laki	20,88	31,45	42,02
		Perempuan	14,67	23,51	32,35

No.	Dimensi Tubuh	Jenis Kelamin	Dimensi (cm)		
			5th	50th	95th
9	Tebal paha (duduk)	Laki-laki	7,8	19,04	30,28
		Perempuan	7,96	13,64	19,31
10	Tinggi lutut (duduk)	Laki-laki	47	53,73	60,47
		Perempuan	42,22	48,47	54,73
11	Panjang pantat ke lutut (duduk)	Laki-laki	45,37	53,72	62,07
		Perempuan	42,94	52,27	61,61
12	Tinggi popliteal	Laki-laki	38,04	43,86	49,69
		Perempuan	34,85	40,53	46,2
13	Panjang popliteal	Laki-laki	30,32	40,33	50,34
		Perempuan	36,65	40,53	50,21
14	Panjang jangkauan depan	Laki-laki	53,16	69,48	85,8
		Perempuan	56,06	71,14	86,23
15	Panjang lengan bawah	Laki-laki	31,25	44,58	57,91
		Perempuan	28,21	41,33	54,45
16	Lebar pinggul (duduk)	Laki-laki	27,7	36,22	44,75
		Perempuan	25,78	33,42	41,06

Gambar 1. Dimensi Antropometri

2. Desain Tempat Kerja

Desain tempat kerja adalah proses perencanaan dan pengaturan elemen-elemen fisik dan non-fisik dalam suatu lingkungan kerja dengan tujuan menciptakan lingkungan yang aman, efisien, produktif, dan nyaman bagi para pekerja. Desain tempat kerja yang baik mempertimbangkan aspek-aspek seperti ergonomi, keamanan, kenyamanan, efisiensi, dan produktivitas.

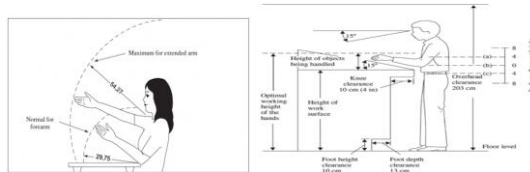
Berikut adalah beberapa faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam desain tempat kerja: (Kroemer & Grandjean, 1997)

- a. Ergonomi: Desain tempat kerja harus mengikuti prinsip-prinsip ergonomi untuk memastikan kenyamanan dan kesehatan pekerja. Ini melibatkan pengaturan yang tepat dari peralatan, perancah kerja, posisi kerja, dan mobilitas yang baik.
- b. Tata Letak dan Ruang: Tata letak yang baik mempertimbangkan aliran kerja, komunikasi antar pekerja, dan aksesibilitas yang mudah terhadap peralatan dan bahan yang diperlukan. Ruang kerja harus mencukupi untuk menampung peralatan dan orang yang bekerja di dalamnya.
- c. Pencahayaan: Pencahayaan yang baik sangat penting untuk kesejahteraan dan produktivitas pekerja. Desain tempat kerja harus mempertimbangkan sumber pencahayaan alami dan buatan yang memadai serta pengaturan pencahayaan yang dapat disesuaikan.
- d. Ventilasi dan Sirkulasi Udara: Tempat kerja harus memiliki ventilasi yang baik untuk memastikan sirkulasi udara yang sehat dan mengurangi paparan terhadap polutan dan bau yang tidak diinginkan.
- e. Kebersihan dan Keamanan: Kebersihan dan keamanan lingkungan kerja harus menjadi prioritas dalam desain tempat kerja. Ini termasuk penyediaan fasilitas sanitasi yang memadai, pengelolaan limbah, pencegahan kebakaran, dan tanda peringatan yang jelas.
- f. Aksesibilitas: Tempat kerja harus dirancang dengan memperhatikan aksesibilitas bagi semua pekerja, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik. Rancangan harus

mempertimbangkan aksesibilitas untuk kursi roda, peralatan yang dapat dijangkau, dan fasilitas yang dapat digunakan oleh semua pekerja.

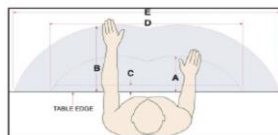
- g. Faktor Psikologis: Desain tempat kerja juga harus memperhatikan faktor-faktor psikologis, seperti desain yang menstimulasi kreativitas, pengaturan ruang yang memberikan privasi, dan pengaturan akustik yang mengurangi kebisingan dan gangguan.
- h. Estetika: Estetika tempat kerja juga penting untuk menciptakan lingkungan yang menarik dan menyenangkan. Penggunaan warna yang tepat, bahan yang berkualitas, dan elemen desain yang menarik dapat meningkatkan suasana kerja.

Dalam desain tempat kerja, penting untuk melibatkan para pekerja dan mendengarkan umpan balik mereka. Dengan melibatkan mereka dalam proses desain, dapat diperoleh wawasan yang berharga dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih baik.



Gambar 2 Area Kerja berdiri

- A = Area kerja yang sering digunakan (25 cm)
- B = Area kerja yang jarang digunakan (50 cm)
- C = Lokasi penempatan peralatan yang digunakan
- D = Jangkauan optimal (100 cm)
- E = Jangkauan maksimal (160 cm)



Gambar 3 Area Kerja Duduk

3. Daftar Periksa

Berikut adalah beberapa poin yang dapat Anda pertimbangkan dalam daftar periksa untuk desain tempat kerja: (Bridger, 2008)

- a. Ergonomi:
 - Apakah peralatan dan furnitur tempat kerja sesuai dengan kebutuhan dan ukuran tubuh pekerja?

- Apakah posisi kerja memungkinkan postur yang baik dan dukungan yang memadai untuk tubuh?
- Apakah ada pengaturan yang memungkinkan variasi gerakan dan istirahat yang cukup?
- b. Tata Letak:
 - Apakah tata letak tempat kerja mengoptimalkan aliran kerja dan komunikasi antar pekerja?
 - Apakah jarak antara peralatan dan area kerja mencukupi untuk kenyamanan dan efisiensi?
 - Apakah ruang kerja dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan privasi dan kolaborasi?
- c. Pencahayaan:
 - Apakah ada pencahayaan alami yang memadai di tempat kerja?
 - Apakah pencahayaan buatan yang digunakan cukup terang dan tidak menyebabkan silau?
 - Apakah ada pengaturan pencahayaan yang dapat disesuaikan dengan preferensi individu?
- d. Ventilasi dan Sirkulasi Udara:
 - Apakah ventilasi cukup baik untuk menjaga sirkulasi udara yang sehat?
 - Apakah ada pengaturan untuk mengurangi paparan terhadap bau atau polutan?
 - Apakah tempat kerja memiliki sistem pendingin udara atau pengatur suhu yang sesuai?
- e. Kebersihan dan Keamanan:
 - Apakah ada prosedur dan fasilitas yang memadai untuk menjaga kebersihan di tempat kerja?
 - Apakah ada langkah-langkah keamanan yang dilakukan, seperti pencegahan kebakaran atau penggunaan peralatan yang aman?
 - Apakah ada tanda peringatan yang jelas dan mudah terlihat?
- f. Aksesibilitas:
 - Apakah tempat kerja mudah diakses oleh semua pekerja, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan fisik?

- Apakah ada fasilitas dan peralatan yang dapat dijangkau oleh semua pekerja?
- Apakah ada tanda-tanda atau petunjuk yang jelas untuk navigasi di tempat kerja?

g. Faktor Psikologis:

- Apakah desain tempat kerja mendorong suasana kerja yang positif dan produktif?
- Apakah ada pengaturan yang memungkinkan privasi dan konsentrasi yang diperlukan?
- Apakah desain dan dekorasi tempat kerja menciptakan lingkungan yang menyenangkan dan menginspirasi?

Pastikan untuk menyesuaikan daftar periksa dengan kebutuhan dan kondisi spesifik tempat kerja yang akan kita periksa.

Desain Umum	Ya	Tidak
1. Tempat kerja memungkinkan pekerja untuk mengubah postur kerja (<i>postural flexibility</i>) sepanjang <i>shift</i> kerja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Tinggi meja kerja (termasuk dimensi bahan dan alat kerja) sesuai dengan tinggi siku (duduk/berdiri)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Dimensi tempat kerja serta tata letak bahan dan peralatan didasarkan atas pekerja yang memiliki jangkauan tangan terkecil (persentil 5)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Tata letak tempat, bahan, dan alat kerja memungkinkan lengan bagian atas untuk umumnya selalu dalam posisi rileks, tergantung secara vertikal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KERJA dalam Posisi Duduk	Ya	Tidak
5. Pekerjaan yang dilakukan cenderung memiliki karakteristik: ringan, menulis, benda kerja tidak lebih dari beberapa kilogram, benda kerja dan kebutuhan lain dalam jangkauan, tidak perlu mengangkat benda kerja lebih dari 15 cm di atas permukaan meja kerja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Operator memiliki kesempatan untuk berdiri dan berjalan dari waktu ke waktu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Tersedia ruang bagi kaki (<i>clearance</i>) dengan lebar dan kedalaman yang memadai	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Kursi dapat diubah ketinggiannya (~ 38 cm – 53 cm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Kursi memiliki bahan dan dimensi yang memadai (lebar, panjang, kedalaman)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Kursi memiliki sandaran punggung bawah (<i>lumbar</i>)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Terdapat ruang (<i>clearance</i>) untuk paha kaki	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Posisi tubuh operator relatif sangat dekat dengan meja kerja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KERJA dalam Posisi Berdiri	Ya	Tidak
13. Pekerjaan yang dilakukan cenderung memiliki karakteristik: benda kerja berat, perlu jangkauan yang lebih jauh, memerlukan gerakan dan perpindahan, memerlukan usaha yang cenderung besar.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Operator memiliki kesempatan untuk duduk (menggunakan <i>stool</i>) dan beristirahat sejenak dari waktu ke waktu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Pekerja memiliki ruang (<i>clearance</i>) yang cukup untuk lutut dan alas kaki.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Permukaan kerja dapat diatur ketinggiannya	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Desain Alat Kerja	Ya	Tidak
17. Kontur, bentuk, dan konfigurasi pemakaian alat kerja memungkinkan tangan (dan pergelangan tangan) dalam posisi normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18. Pegangan, gagang, dan lubang pada alat kerja memiliki ukuran (diameter dan panjang) yang sesuai dengan antropometri tangan dan jari saat menggenggam, termasuk saat menggunakan sarung tangan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19. Operator tampak dapat menggenggam alat kerja dengan baik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Gambar 4. Contoh daftar periksa

Pengendalian Resiko Gangguan otot Rangka harus dilakukan secara sistematis dan holistic, melibatkan pekerja dan *low-cost Technology*.

Pendekatan Sistematis dilakukan dengan:

- a. Identifikasi Risiko: Identifikasi risiko yang terkait dengan gangguan otot rangka, seperti posisi kerja yang tidak ergonomis, beban berlebih, gerakan berulang-ulang, dan kurangnya istirahat.
- b. Evaluasi Risiko: Mengukur tingkat risiko yang terkait dengan setiap faktor risiko yang diidentifikasi. Ini melibatkan analisis dampak dan kemungkinan terjadinya gangguan otot rangka.
- c. Pengembangan Kontrol: Merancang dan mengembangkan langkah-langkah pengendalian yang spesifik untuk mengurangi atau menghilangkan faktor risiko yang telah diidentifikasi. Ini bisa mencakup perubahan desain tempat kerja, penggunaan alat bantu, pelatihan ergonomi, dan rotasi tugas.
- d. Implementasi Kontrol: Menerapkan langkah-langkah pengendalian yang telah dikembangkan dengan memastikan bahwa mereka dijalankan dengan benar.
- e. Pemantauan dan Evaluasi: Memantau efektivitas langkah-langkah pengendalian yang telah diimplementasikan dan melakukan evaluasi terhadapnya. Jika langkah-langkah tersebut tidak efektif, perlu dilakukan penyesuaian atau perbaikan.

Sedangkan Pendekatan Holistik dilakukan dengan:

- a. Konteks Organisasi: Memahami konteks organisasi secara menyeluruh, termasuk budaya kerja, struktur organisasi, kebijakan, dan praktik kerja yang ada. Hal ini penting untuk melihat bagaimana faktor-faktor ini dapat berkontribusi terhadap risiko gangguan otot rangka.
- b. Partisipasi Pekerja: Melibatkan pekerja dalam proses pengendalian risiko dan memperhatikan masukan mereka. Pekerja dapat memberikan wawasan tentang tantangan yang mereka hadapi dan memberikan saran untuk meningkatkan lingkungan kerja yang sehat.
- c. Komunikasi dan Pelatihan: Mengkomunikasikan pentingnya pengendalian risiko gangguan otot rangka kepada semua anggota organisasi dan memberikan pelatihan yang relevan kepada pekerja

tentang ergonomi, teknik kerja yang aman, dan manfaat menjaga kesehatan otot rangka.

- d. Pendekatan Komprehensif: Mempertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat berkontribusi terhadap gangguan otot rangka, seperti kelelahan umum, tekanan kerja, dan stres. Memiliki pendekatan yang holistik memungkinkan untuk menangani berbagai aspek yang terkait dengan kesehatan otot rangka secara keseluruhan.

Dengan menggabungkan pendekatan sistematis dan holistik, organisasi dapat mengidentifikasi dan mengendalikan risiko gangguan otot rangka secara efektif. Pendekatan sistematis membantu dalam merancang langkah-langkah pengendalian yang spesifik, sedangkan pendekatan holistik memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap risiko tersebut.

D. CONTOH-CONTOH DESAIN PENGENDALIAN RESIKO GANGGUAN OTOT RANGKA

Dalam beberapa penelitian rancangan peralatan maupun stasiun kerja di modifikasi untuk mengurangi gangguan otot rangka. Berikut adalah beberapa contoh pengendalian resiko gangguan otot rangka atau GOTRAK.



Gambar 5 (a) Desain awal beratnya 5,4 kg (b) Sesudah Penyesuaian beratnya 1,4 kg

Desain Kotak P3K yang awalnya beratnya 5,4 kg di minimalisasi dengan perubahan bentuk menjadi tas punggung yang beratnya hanya 1,4 kg. Cara yang demikian disebut sebagai substitusi bahaya.(Indonesia, 2021).



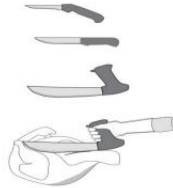
Gambar 6 (a) Desain Tandu awal



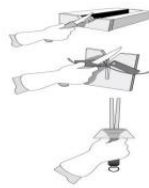
(b) Desain tandu Modifikasi

Terdapat rekayasa atau modifikasi tandu pengangkat pasien pada ambulance, pada desain awal diperlukan tenaga sedangkan pada desain kedua (b) tidak diperlukan banyak tenaga. (Indonesia, 2021)

Beberapa bentuk contoh pengendalian lain:



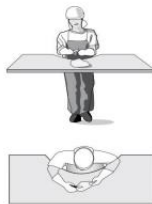
Gambar 7 (a) Desain Pisau



(b) Desain Pengasah pisau



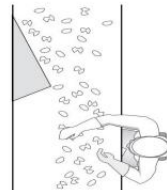
(c) Desain alat semprot



(a) Badan mendekati pada Material Kerja



Gambar 8
(b) Alat Bantu memiringkan container



(c) Mekanisme Pengarah

E. RANGKUMAN MATERI

Ergonomi adalah ilmu yang mengkaji antar muka antara manusia dan komponen sistem, dengan segala keterbatasan dan kemampuan manusia, serta menekankan pada hubungan terbaik antara lingkungan kerja untuk menciptakan peningkatan kinerja, keselamatan, dan kepuasan pengguna sistem kerja yang baik. Manfaat ergonomi adalah dapat membantu karyawan, manajemen, perusahaan, dan pemerintah meningkatkan efisiensi waktu kerja, meningkatkan efisiensi otot dan energi, serta meningkatkan efisiensi. (Nurmiyanto,2005)

Kenyamanan, mengurangi risiko cedera kerja, mengurangi risiko penyakit akibat kerja, mengurangi risiko kelelahan, menghindari risiko kebosanan, mengurangi ketidakhadiran karyawan, mengurangi biaya tak terduga, mengurangi jam/hari kerja, dll sangat bermanfaat bagi semua pihak. Dalam metode ergonomi, untuk dapat meningkatkan kualitas hidup manusia dalam sistem aktif, faktor manusia dari seluruh sistem aktif dari hulu hingga hilir harus diotorisasi agar dapat memberikan kinerja yang maksimal dan terbaik.

Ergonomi hazard (bahaya ergonomi) mengacu pada risiko atau bahaya yang terkait dengan ketidaksesuaian antara pekerja, tugas, peralatan, lingkungan kerja, dan proses kerja. Ergonomi sendiri merupakan studi tentang bagaimana manusia berinteraksi dengan elemen-elemen ini di tempat kerja.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 9011:2021 adalah standar yang mengatur tentang "Pengukuran dan Evaluasi Potensi Bahaya Ergonomi di Tempat Kerja". Standar ini memberikan panduan tentang bagaimana melakukan pengukuran dan evaluasi potensi bahaya ergonomi di lingkungan kerja. (Asshidiq et al., 2021)

Program evaluasi dan pengendalian gangguan otot rangka (musculoskeletal) merupakan rangkaian kegiatan yang ditujukan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengendalikan risiko yang berkaitan dengan gangguan otot rangka di lingkungan kerja. Gangguan otot rangka adalah kelainan atau cedera pada otot, tendon, ligamen, dan struktur muskuloskeletal lainnya yang dapat disebabkan oleh beban kerja yang berlebihan, posisi kerja yang tidak ergonomis, gerakan yang berulang, atau faktor-faktor lain yang mempengaruhi kondisi fisik pekerja

TUGAS DAN EVALUASI

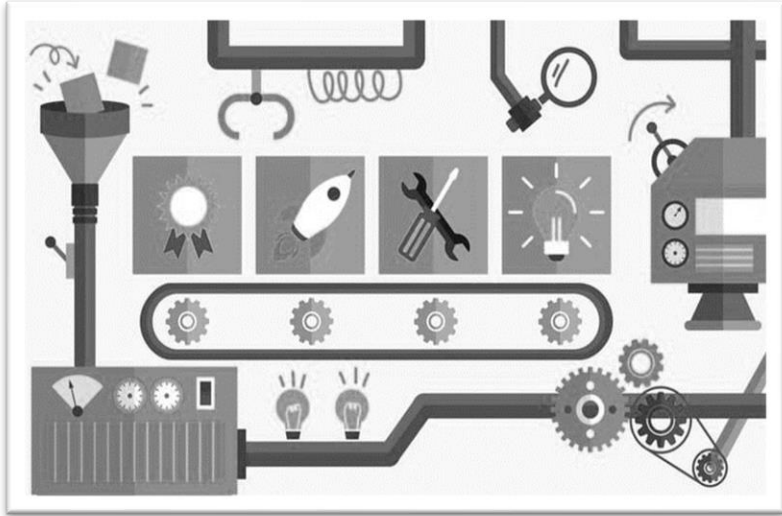
1. Jelaskan mengapa ada keterkaitan antara ergonomi dan keamanan kerja?
2. Sebutkan dan Jelaskan syarat agar Program Evaluasi dan Pengendalian GOTRAK dapat berjalan.
3. Sebutkan dan Jelaskan bagaimana evaluasi Resiko GOTRAK dilakukan.
4. Perhatikan gambar pekerja di bawah ini, lakukan evaluasi kemungkinan resiko ergonomi yang dapat terjadi lalu berikan solusi menurut anda



5. Buatlah sebuah pengendalian resiko ergonomi dari pekerjaan di sekitar anda. (minimal 3 contoh lengkapi dengan gambar)

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I. (2014). Pengantar Teknik Industri. In *Pengantar Teknik Industri*. <https://www.infoteknikindustri.com/p/ebook-lengkap-teknik-industri.html>
- Asshidiq, E., Rahman, N., Achiraeniwati, E., Industri, P. T., Teknik, F., & Islam, U. (2021). *Identifikasi Risiko Kerja dan Keluhan Gangguan Otot Rangka Pekerja Kios Berkah Jaya*. 348–355.
- Bridger, R. (2008). Introduction to Ergonomics. In *Introduction to Ergonomics*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439894927>
- Budiman, Nurhayati, E., & Sakinah, R. K. (2017). Analisis Potensi Bahaya Pada Pekerja Industri Makanan Skala Kecil Di Kabupaten Bandung Tahun 2017. *Prosiding SNaPP2017 Kesehatan*, 227–233.
- Indonesia, P. E. (2021). Contoh Pengendalian dan Penilaian GOTRAK. In *Perhimpunan Ergonomi Indonesia* (pp. 24–42).
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (1997). Fitting The Task To The Human. In *Fitting The Task To The Human*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367807337/FITTING-TASK-HUMAN-KROEMER-GRANDJEAN>
- Lusi, E., Hilma, S., Zadry, R., & Yuliandra, B. (n.d.). *PENGANTAR ERGONOMI INDUSTRI*.
- Nurmianto, E. (2005). *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*.
- Tarwaka. (2013). Ergonomi Industri : Dasar-Dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja. In *Harapan Press*.
- Wahyu, A., & Dinanty, R. (2023). *Pengukuran Dan Evaluasi Potensi Bahaya Ergonomi Pada Pekerja DKRTH di Area ITS Raya*. 1(3), 355–366.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 8: REKAYASA BIOMEDIS

BAB 8

REKAYASA BIOMEDIS

A. PENDAHULUAN

Aktifitas penyembuhan merupakan aktifitas yang telah lama dipraktikkan oleh manusia. Walaupun sumber-sumber penyembuhan yang diyakini manusia dari zaman ke zaman berbeda, keyakinan terhadap aktifitas atau ritual penyembuhan tertentu selalu ada pada setiap zaman dan generasi. Terdapat banyak kisah-kisah mitologi Mesir dan Yunani yang mengindikasikan aktifitas penyembuhan dan pengobatan. Salah satu kisah mitologi tertua, adalah kisah penyembuhan Horus, anak Osiris cikal bakal penggunaan simbol *Rx* (mata Horus) dalam dunia medis. Al kisah, sewaktu kecil Horus kehilangan penglihatan akibat serangan raja iblis Seth. Mengetahui hal ini, Isis, ibunda Horus memohon kepada dewa Thoth, salah satu dewa penyembuhan Mesir yang paling kuat. Thoth tidak hanya memberikan kesembuhan namun juga memberikan kekuatan luar biasa pada Horus. Dari kisah ini simbol *Rx* (mata Horus) menjadi simbol kebesaran perlindungan dewa kepada hamba-hambanya. Era medis modern, mangadopsi simbol ini sebagai instruksi resmi tenaga medis (dokter) pada apoteker di setiap resep-resep yang ia berikan.

Era penyembuhan ala mitologi seperti ini berakhir pada zaman Yunani oleh Descartes. Descartes merupakan salah satu filsuf yang sangat berpengaruh hingga saat ini. Pendekatan Descartes yang mengedepankan rasionalitas juga tercermin dalam profesinya. Descartes lahir dari keluarga yang berkecimpung dalam praktik kedokteran. Ayahnya, sama seperti ayah-ayah saat ini, sangat berharap Descartes mengikuti jejak langkah dirinya menjadi seorang dokter. Descartes pada kenyataannya tidak

menjadi seorang dokter, namun berhasil meletakkan dasar-dasar keilmuan dibidang medis hingga saat ini. Saat kepercayaan zamannya meyakini penyakit sebagai kutukan Tuhan, Descarte justru meyakini bahwa penyakit merupakan tanda-tanda alami manusia. Menurutnya, penyakit bukanlah kutukan, penyakit dapat disembuhkan dengan penanganan fisik yang tepat. Kepiawaiannya berdebat mempercepat perluasan pengaruh Descartes di negaranya saat itu.

Filsafat cartesian menempatkan manusia sebagai mesin. Ibarat sebuah mesin, setiap bagian tubuhnya butuh perawatan. Jika sebuah roda mengalami gangguan, langkah tepat untuk memperbaikinya bukan dengan doa, melainkan penanganan fisik. Dasar pemikiran manusia sebagai mesin inilah yang menjadi dasar ilmu biomedis hingga saat ini.

Pengaruh Descartes terhadap pemikiran bidang medis sempat meredup akibat serangan rezim teokrasi yang menihilkan pengetahuan dan memaksakan ketundukan atas nama agama. Akan tetapi, hal ini tidak berjalan lama. Setelah era ini berakhir, gereja-gereja bertransformasi menjadi pusat-pusat penyembuhan. Kata hospital berasal dari akar kata *hospes* dalam bahasa latin yang berarti “*host*” atau “*guest*”. Prinsip ini menempatkan setiap pasien sebagai tamu-tamu Tuhan yang menjadi tanggung jawab gereja untuk merawat dan memohon kesembuhan mereka.

Era pencerahan (*renaissance*) mengembalikan pengaruh pemikiran Descartes pada prinsip-prinsip medis saat itu. Kebebasan pengetahuan melepas rantai-rantai tabu pengetahuan. Walaupun demikian, sisi negatifnya teramat banyak. Lepasnya rantai tabu ini justru menihilkan etika dan moralitas. Banyak riset medis yang dilakukan ternyata berujung maut, dan ke banyak korbannya adalah masyarakat marjinal dari negara-negara jajahan. Hal ini melahirkan satu prinsip yang berlaku hingga saat ini, yaitu prinsip kebebasan yang beretika. Prinsip ini menjadi salah satu standar baku dalam etika medis. Tujuannya, untuk menghindari eksploitasi manusia atas alasan apapun, termasuk alasan medis.

Sepanjang era dan zaman, pengetahuan medis semakin hari semakin matang dan memberi bentuk berarti bagi kehidupan dan keberlangsungan umat manusia. Pengobatan tidak lagi sekedar memberikan ramuan, namun menawarkan pemanfaatan alat-alat medis sederhana. Dari hal ini

kita mengenal Al Zahrawi yang fokus pada ilmu bedah. Peperangan yang masif berdampak pada tingkat kematian yang tinggi. Satu sabitan pedang dapat mengakibatkan infeksi berujung kematian. Pada era ini, ahli bedah memegang peranan penting. Mereka tidak memerlukan ramuan khusus untuk menghentikan infeksi, yang mereka butuhkan adalah alat yang dapat 'memutuskan' infeksi. Inilah era nya amputasi untuk mencegah kematian. Peralatan-peralatan medis pertama dibuat untuk hal ini.

Memasuki era modernisasi, pemanfaatan listrik mendorong evolusi besar-besaran pada riset biomedis. Perkembangan riset ini memunculkan bidang ilmu terbaru, perpaduan antara keilmuan teknik dan biomedis yang saat ini kita kenal dengan istilah rekayasa biomedis atau teknik biomedis. Dalam bukunya, "The Industries of The Future" (Ross, 2021), Alec Ross menempatkan industri rekayasa biomedis sebagai industri masa depan kedua yang berpotensi mengalami ledakan luar biasa setelah industri teknologi informasi. Profesor Yuval Noah Harari, dalam bukunya Homo Deus (Harari, 2020) juga menempatkan industri rekayasa biomedis sebagai salah satu industri penting masa depan. Kedua pakar ini bukan orang sembarangan. Alec Ross mantan direktur kerjasama dan pengembangan inovasi departemen luar negeri Amerika Serikat. Ia berpengalaman mengembangkan solusi pemberdayaan masyarakat melalui pemanfaatan teknologi informasi. Bukunya, Industrial of The Future memotret beragam peluang industri masa depan yang telah tampak embrionya, salah satunya rekayasa biomedis. Sementara Profesor Yuval Noah Harari, merupakan guru besar bidang sejarah University of Jerusalem, dimana dua bukunya, Sapiens a brief history of human kind dan Homo Deus menjadi salah dua buku terlaris dan berpengaruh pada arah pemikiran global saat ini.

Secara umum ilmu rekayasa biomedis merupakan bidang keilmuan interdisipliner yang menghubungkan prinsip rekayasa/keteknikan dengan ilmu-ilmu medis pada tubuh manusia (Enderie et al., 2005). Ilmu ini digunakan dalam proses perancangan, pengembangan dan perbaikan teknologi pada bidang medis dan kesehatan. Misalnya mitigasi risiko rantai pasok pada proses distribusi darah, penentuan jalur terpendek penempatan vaksin covid-19, desain ergonomis peralatan-peralatan medis dan masih banyak lagi. Selain contoh yang telah disebutkan, kemajuan penerapan rekayasa biomedis saat ini sangat luas, meliputi teknologi

rekayasa genetika, teknologi peralatan medis mutakhir, dan sistem manajemen rekayasa yang mengedepankan efisiensi dan efektifitas dibidang kesehatan.

Keilmuan teknik industri berperan penting dalam pengembangan proses, peningkatan kualitas, dan pemanfaatan data dalam rangka meningkatkan efisiensi sistem medis. Beberapa contoh yang disebutkan sebelumnya akan dibahas lebih lanjut untuk memberikan pemahaman holistik peranan teknik industri dalam bidang rekayasa biomedis.

Bab ini akan memberikan gambaran singkat tentang peranan teknik industri dalam bidang rekayasa biomedis. Kesempatan eksplorasi pada bidang ini masih sangat luas. Bab ini diharapkan mampu menjadi landasan mahasiswa program studi teknik industri untuk memahami lebih dalam rekayasa biomedis.

Bab ini diawali dengan pendahuluan yang memaparkan secara singkat perkembangan ilmu biomedis dan rekayasa biomedis. Penjelasan tentang biomedis dan rekayasa biomedis akan diperjelas pada sub-bab masing-masing. Setelah memahami apa itu biomedis dan rekayasa biomedis, mahasiswa diajak untuk melihat keterkaitan ilmu-ilmu dasar teknik industri dalam pengembangan produk, sistem dan proses biomedis. Masing-masing dibahas secara singkat agar mahasiswa memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi lebih dalam pembahasan-pembahasan yang ia minati.

B. BIOMEDIS

Secara istilah, biomedis merujuk pada upaya pemanfaatan prinsip ilmiah, teknologi, dan pengetahuan kedokteran untuk memahami, mengobati dan mencegah penurunan kesehatan manusia. Ilmu ini melibatkan studi interdisipliner antara farmakologi, kedokteran dan bioinformatika. Ilmu ini menjadi salah satu pilar pengembangan dunia kesehatan saat ini. Melalui riset biomedis yang masif, harapan hidup manusia global meningkat, penyakit-penyakit berhasil ditangani, pandemi cacar yang dulunya menjadi momok bagi dunia, akhirnya tunduk pada penemuan vaksin.

Vaksin dan proses injeksinya merupakan salah satu teknologi biomedis yang menjadi pilar kesehatan saat ini. Kita patut berterima kasih pada penemu teknologi vaksin, terutama saat dunia melalui masa-masa kelam pandemi Covid-19. Kapabilitas dunia dalam hal biomedis sangat masif, terlihat dari cepatnya perkembangan riset vaksin Covid-19, hanya saja hal ini juga tanpa masalah. Riset yang berfokus pada negara-negara maju seperti Tiongkok, Amerika Serikat, dan Israel menimbulkan masalah distribusi vaksin yang tidak merata. Akibatnya, negara-negara berkembang merasakan dampak yang paling besar. Negara berkembang harus rela menunggu ketercukupan vaksin di negara maju dan menghadapi pandemi dengan tangan kosong.

Permasalahan distribusi dan logistik ini harus terjawab dan salah satu pihak yang wajib menjawab adalah pakar-pakar keilmuan Teknik Industri. Sepanjang masa pandemi lalu, riset-riset keilmuan Teknik Industri mulai merambah pada upaya optimalisasi dan efisiensi rekayasa biomedis. Penerapan logistik dan mitigasi rantai pasok kebutuhan darah dan vaksin menjadi salah satu riset yang mulai banyak dilakukan. Riset-riset ini merupakan bukti nyata peran keilmuan teknik industri pada dunia pengembangan Biomedis.

C. REKAYASA BIOMEDIS

Rekayasa Biomedis tertua mungkin dimulai dari praktik tabib (pengobatan klasik) ala Timur Tengah. Jika pengobatan tradisional Tiongkok lebih mengedepankan unsur herbal dan zat yang berasal dari hewan dan tumbuhan, pengobatan klasik ala Timur Tengah mengedepankan pembedahan menggunakan alat sederhana. Abu Qosim Al Zahrawi atau yang biasa dikenal dengan Abulcasis oleh orang-orang barat merupakan salah satu tokoh rekayasa biomedis pertama. Dunia mengakui Al Zahrawi sebagai penemu peralatan bedah. Saat menjalani puncak karir dan masa hidupnya di Cordoba, Al Zahrawi menjadi salah satu mercusuar pengobatan dunia. Banyak pemuda-pemuda Barat, terlepas apapun agamanya rela mengembara dalam rangka menuntut ilmu bedah Al Zahrawi. Menurut Will Durant, Cordoba abad ke 10, di masa kehidupan Al Zahrawi, telah memiliki lebih dari 50 rumah sakit dengan pelayanan bedah yang mumpuni (Jatmiko et al., 2012).

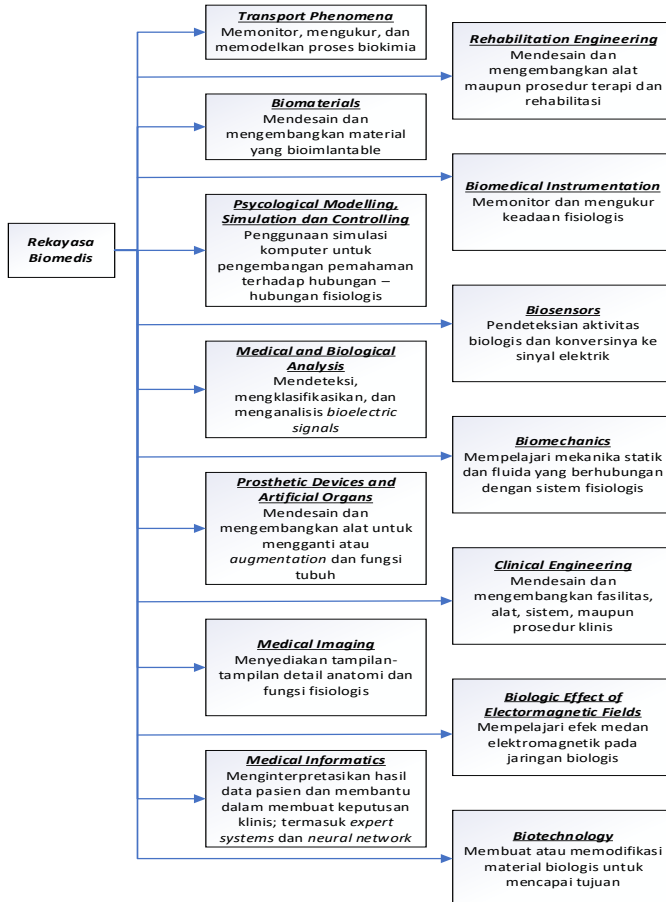
Melompat ke era aufklarung-nya bangsa barat, yang menjadi pilar pengembangan pengetahuan saat ini, fisika klasik tentunya menjadi salah satu bidang keilmuan yang memberi sumbangsih besar pada kemajuan rekayasa biomedis. Penemuan listrik oleh Faraday membuka hamparan penemuan-penemuan mutakhir yang terbukti memperpanjang masa hidup manusia secara global. Dari teori yang dikemukakan Faraday, fenomena gelombang ditemukan. Pemanfaatan gelombang pada rekayasa biomedis teramat banyak, mulai dari pengobatan kanker, pembaca signal kelistrikan tubuh, hingga terapi ringan yang memanfaatkan gelombang radiasi.

Penemuan menarik lainnya dalam bidang rekayasa biomedis adalah sinar-X. Teknologi fotografis dengan memanfaatkan paparan radiasi ini mendapat sambutan hangat dari kalangan medis. Teknologi ini ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen, seorang profesor dibidang fisika salah satu universitas termuka di Jerman. Risetnya terusik oleh sebuah layar tabung berisi katoda yang terus berpendar dari hasil riset yang ia lakukan sebelumnya. Kejadian ini terus mengusik Rontgen, hingga akhirnya ia menyadari bawah sinar berpendar tersebut dapat menembus beberapa material padat. Fotorografi sinar-X pertama adalah paparan tangan istri Rontgen. Hasil fotografi ini mengejutkan peserta konferensi tempat Rontgen mempresentasikan temuannya. Keputusannya yang enggan mematenkan temuan ini hingga memudahkan peneliti lain mengembangkan pemanfaatan sinar-X mengantarkan Rontgen sebagai peraih Nobel pertama dibidang Fisika.

Saat ini kata 'ronsen' tidak asing lagi bagi telinga kita. Tapi kata tersebut mungkin tidak dikenali oleh kakek dan buyut kita sebelumnya. Kata 'ronsen' diambil dari nama penemu metode paparan sinar-X, Wilhem Conrad Rontgen. Penemuannya ini merevolusi dunia medis terutama praktik pembedahan. Melalui aktifitas paparan sinar-X, tubuh yang cidera dapat diketahui tingkat keparahannya. Sepuluh lembar tulisan Rontgen tentang sinar-X yang ia beri judul "*On a new kind of rays*", mampu membuka ratusan, ribuan, bahkan milyaran lembaran-lembaran baru teknik dan keilmuan di bidang rekayasa biomekanis.

Temuan populer rekayasa biomedis lain yang memiliki kaitan dengan Indonesia adalah elektrokardiogram (EKG). Mekanisme elektrokardiogram (EKG) ditemukan oleh Willem Einthoven. Ayahnya seorang dokter yang membaktikan diri pada pemerintahan Hindia Belanda. Einthoven lahir di Semarang. Sepeninggal ayahnya, ia kembali ke Belanda bersama ibunya dan menetap di kota Utrecht, tempat ia menempuh pendidikan kedokteran. Setelah lulus pendidikan kedokteran ia dikenal sebagai fisiolog cerdas, dan menemukan mekanisme *string galvanometer*, cikal bakal mesin elektrokardiogram (EKG). Ia menempelkan dua sensor ke kulit yang terhubung ke tabung magnet besar menggunakan untai kabel perak. Kabel perak di kulit tersebut bergerak dengan ritme tertentu, ritme inilah representasi denyut jantung.

Joseph D. Bronzino (Bronzino, 2000) dalam bukunya "*The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*" membagi rekayasa biomedis menjadi beberapa bidang disiplin. Masing-masing bidang disiplin bisa saling terkait dan berpotensi memanfaatkan bidang-bidang keilmuan di luar bidang rekayasa biomedis.



Gambar 1. Pembagian bidang rekayasa biomedis menurut Joseph D. Bronzino

Berdasarkan paparan Bronzino kita memahami betapa luasnya penerapan bidang ilmu ini. Sebagai bidang ilmu yang tergolong muda, perkembangannya sangat cepat. Hal ini patut kita maklumi, sebab rekayasa biomedis menghasilkan sesuatu yang menjadi kebutuhan primer manusia, yaitu kesehatan, bahkan dapat meningkatkan rata-rata usia suatu bangsa (Harari, 2020).

D. PENGANTAR PENGEMBANGAN PRODUK BIOMEDIS

Struktur fundamental pengetahuan yang dialami manusia telah melalui 3 tahapan. Pertama, pengetahuan berbasis keyakinan mistis tentang kekuatan magis alam. Struktur ini menekankan segala sebab musabab berasal dari kemagisan alam. Setiap fenomena dan permasalahan dikembalikan kepada kekuatan yang tidak terjamah oleh akal manusia. Manusia ditempatkan sebagai objek eksperimen alam, tidak berdaya dan hanya bisa pasrah terhadap sebab musabab yang menimpa dirinya. Kedua, struktur pengetahuan berbasis imajinasi dan nalar manusia. Pada era ini muncullah para filosof dan sophis yang menekankan peranan akal manusia pada problem hidupnya. Teori-teori pengetahuan saat itu merupakan produk imajinasi manusia, seperti teori kehidupan keduanya Plato, dan teori-teori filsafat lainnya. Struktur pengetahuan ketiga adalah desain eksperimen dan riset mendalam. Struktur inilah yang menguasai kehidupan dan menopang kemajuan peradaban manusia saat ini.

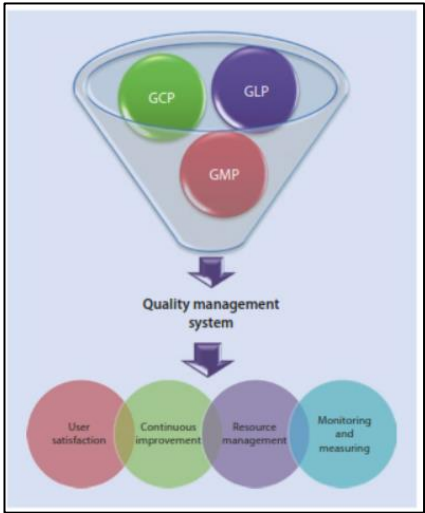
Penyempurnaan dan pengembangan produk biomedis tidak lagi berorientasi pada produk itu sendiri, namun telah menyentuh beragam ranah riset dan eksperimen semisal manajemen sistem pengembangan produk, praktik baik pengembangan produk, prinsip-prinsip praktis proses manufaktur dan sebagainya. Upaya peningkatan segala lini ini berujung pada penyempurnaan produk yang signifikan. Hingga akhirnya definisi kualitas produk tidak lagi sesederhana dulu. Saat ini kualitas produk ditentukan oleh beragam variabel semisal standarisasi proses produksi, *brand*, bahkan negara produksinya.

Untuk menjamin kualitas pengembangan produk biomedis yang baik setidaknya ada beberapa hal yang harus diperhatikan.

1. Dasar dan esensi penerapan Sistem Manajemen Kualitas

Sistem Manajemen Kualitas untuk rekayasa produk telah diterapkan sejak pertengahan tahun 1920an, namun penerapannya pada bidang medis terutama rekayasa biomedis terbilang baru. Menurut Smith T (1999) setidaknya terdapat 3 variabel pengaruh pada kualitas layanan biomedis yaitu *good laboratory practice* (GLP), *good manufacturing practice* (GMP) dan *good clinical practice* (GCP). GLP merujuk pada sekumpulan metode yang mengatur proses dan aktifitas pengumpulan data eksperimen

laboratorium. Metode tersebut harus menjamin reliabilitas dan validitas data yang digunakan dalam pengembangan produk biomedis. GMP merujuk pada aturan-aturan yang memonitor proses manufaktur produk agar kualitas, kadar dan keamanan produk yang dikembangkan benar-benar sesuai dengan perencanaan. Setelah proses uji eksperimen laboratorium yang aman, proses manufaktur yang baik dan benar, maka peran praktik klinik yang baik harus diperhatikan, di sinilah peranan GCP atau aturan-aturan klinis dibutuhkan. Secara umum proses manajemen kualitas produk biomedis dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 2. Manajemen kualitas produk biomedis
(Sumber: Arjmand et al.,2020)

2. Desain eksperimen rekayasa Biomedis

Pengujian, pengembangan, dan pengusulan sebuah produk atau ide baru merupakan hal yang lumrah dalam struktur pengetahuan modern. Salah satu hal penting dalam rutinitas pengetahuan tersebut adalah desain eksperimen. Desain eksperimen dilakukan untuk menguji gagasan melalui mekanisme pengkondisian sistem, lingkungan, ataupun gagasan itu sendiri. Terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam desain eksperimen, yaitu:

- Tujuan akhir dari setiap desain eksperimen harus jelas. Hasil eksperimen yang baik, tidak hanya selesai, tetapi mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan penting studi sebelumnya.
- Rumusan masalah dan tujuan desain eksperimen yang jelas akan menghasilkan gagasan atau hipotesis yang baik dan jelas. Pengujian hipotesis yang jelas akan menghasilkan informasi yang sesuai dengan tujuan dari desain eksperimen itu sendiri. Oleh sebab itu sangat penting membentuk rumusan masalah, dan tujuan yang jelas.
- Dalam beberapa kasus, desain eksperimen rekayasa biomedis melibatkan hewan sebagai subjek uji coba. Aktifitas ini disebut proses *preclinical studies*. Tidak semua hewan dapat digunakan sebagai subjek uji coba. Terkadang beberapa uji coba menunjukkan signifikansi pada jenis hewan pertama dan in-signifikansi pada jenis hewan yang lain. Oleh sebab itu diperlukan studi pencocokan (*preclinical studies validity*) sebelum eksperimen yang melibatkan hewan dilakukan. Struktur hewan dinyatakan valid jika ditemukan beberapa kemiripan signifikan terhadap kondisi Patofisiologis manusia.

3. Berdasarkan praktik manufaktur yang baik

Sebelum memasuki era modernisasi, tanggung jawab kontrol kualitas produk berada pada pembuat produk itu sendiri. Sebuah pedang yang baik ditempa oleh penempa yang baik. Dengan kata lain, penempa merupakan representasi kualitas produk yang ia buat. Setiap keris yang ditempa oleh Empu Gandring, sakti mandra-guna, salah satu contohnya.

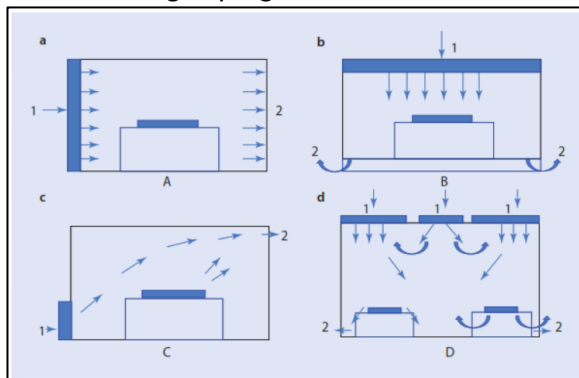
Memasuki era produksi massal, upaya kontrol kualitas diserahkan pada unit organisasi tersendiri. Kontrol kualitas di era produksi massal saat ini bergantung pada penguasaan metode-metode statistik semisal *Six Sigma*. Persaingan yang ketat memberikan daya dorong persaingan kualitas antar perusahaan. Definisi kualitas itu sendiri akhirnya berubah dan dipengaruhi oleh banyak variabel, tidak sesederhana era dulu, tinggal melihat siapa penempanya.

4. Pentingnya memperhatikan kebersihan fasilitas manufaktur produk Biomedis

Salah satu standar yang harus diperhatikan pada manufaktur rekayasa biomedis adalah standar kebersihan fasilitas yang digunakan. Penggunaan tempat yang bersih, tidak terkontaminasi, bahan baku steril, dan teknik-teknik sterilisasi sangat berperan penting dalam hal ini.

Standar ISO 14644-1 mendefinisikan fasilitas yang bersih adalah fasilitas yang partikel udara, temperatur, kelembapan, dan tekanan udaranya dapat dikontrol. Untuk mencapai hal ini beberapa tindakan dapat dilakukan:

- Mengontrol penyebab-penyebab kontaminasi pada lantai produksi
- Mengontrol kontaminasi silang antar proses dan produk
- Mengontrol sebab-sebab kontaminasi pada pekerja
- Mengoptimalkan tata letak fasilitas ruangan untuk memudahkan proses perpindahan barang dan pekerja
- Standarisasi penggunaan alat pelindung diri pada pekerja
- Standarisasi atmosfir kerja yang aman dan nyaman
- Mengontrol setiap potensi bahaya yang timbul dari bahan, produk dan prosesnya
- Standarisasi siklus perawatan dan pengawasan kebersihan ruangan
- Desain aliran udara ruangan yang baik



Gambar 2. Pola desain aliran udara fasilitas laminar. a) aliran laminar horizontal; b) aliran laminar vertikal; c) aliran *non-unidirectional*; d) Aliran campuran. (1) Aliran udara masuk; (2) aliran udara keluar.

(Sumber: Arjmand et al.,2020)

5. Pentingnya proses uji klinis

Uji klinis merupakan protocol standar uji produk biomedis pada beberapa aspek seperti umur, jenis kelamin, dan lain-lain. Terdapat 3 tahapan dalam proses uji klinis. Tahap pertama, merupakan tahapan uji untuk memperoleh informasi dosis dan metode terbaik dengan resiko produk seminimal mungkin. Pada tahapan ini penguji akan mengevaluasi resiko dan efek samping dari produk biomedis berdasarkan dosis dan metodenya. Pada tahap kedua, proses uji fokus pada efektifitas produk biomedis. Subjek uji coba yang dilibatkan bisa lebih besar dari proses uji tahap pertama. Adapun uji tahap ketiga merupakan asesmen hasil dari tahap pertama dan kedua dengan mempertimbangkan efek samping dan efektifitas produk biomedis tersebut.

Dalam pelaksanaan proses uji klinis ini, prinsip-prinsip pengukuran resiko sangat dikedepankan. Pertanyaan-pertanyaan seperti, *“apa saja yang salah?”*, *“seberapa besar kemungkinan hal ini akan salah?”*, dan *“apa saja konsekuensinya?”* menjadi pertanyaan dasar yang dikemukakan dalam setiap tahapan.

6. Pertimbangan etis

Riset biomedis dulunya diwarnai oleh tindakan-tindakan tidak bermoral. Terdapat banyak riset masa lalu yang memiliki latar pelanggaran hak asasi dan moralitas yang berat. Salah satunya adalah riset sipilis Tuskegee. Studi ini meneliti 600 subjek keturunan Afrika-Amerika yang terinfeksi Sipilis. Awalnya, pengobatan gratis dan penisilin diberikan secara rutin. Atas dasar yang tidak jelas, pengobatan tersebut di hentikan. Mayoritas subjek berada pada garis kemiskinan, hasilnya jumlah korban meninggal dari subjek riset tersebut meningkat drastis. Riset ini dihentikan pada tahun 1973. Pada tahun 1997, Presiden Clinton menyampaikan permohonan maaf pada masing-masing keluarga korban meninggal riset sipilis Tuskegee.

Merujuk pada studi yang dilakukan oleh Avashti dkk, prinsip-prinsip etik dalam riset medis terbagi menjadi beberapa poin.

- Urgensi riset
- Prinsip kebebasan memilih, informasi komprehensif, dan persetujuan komunitas

- Bersifat tidak eksploitatif
- Mempertimbangkan privasi dan kenyamanan
- Meminimalisir resiko dan mengedepankan tindakan pencegahan
- Dilakukan oleh pihak yang berkompeten
- Akuntabilitas dan transparan
- Berbasis kepentingan publik dan distribusi keadilan yang merata
- Domain publik
- Tanggung jawab penuh

E. DESAIN SIMULASI PERALATAN DAN SISTEM MEDIS

Perkembangan ilmu ditopang oleh dua hal yaitu temuan teori terbaru, dan metode pengaplikasiannya. Untuk mengaplikasikan sebuah teori, diperlukan sistem dan produk pendukungnya. Ibarat ilmuwan nuklir yang berhasil menyelesaikan rangkaian susunan reaksi fusi namun tidak bermanfaat tanpa teknisi yang mampu mendesain fasilitas reaktor nuklir. Desain bukanlah ranah keterampilan semata. Akan tetapi perpaduan antara kemampuan menghubungkan banyak pengetahuan dan keterampilan itu sendiri. Jadi dapat kita katakan, desain merupakan sebuah aktifitas riset yang dibutuhkan untuk menyelesaikan riset itu sendiri. Ia bersifat mengintegrasikan pengetahuan ke dalam pola sistematis yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah.

Desain dalam rekayasa bio-mekanis terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu peralatan biomedis, sistem biomedis, dan proses biomedis.

1. Desain peralatan biomedis

Pada umumnya desain peralatan biomedis didasari pada dua hal, yaitu kebutuhan dan kompetisi. Kebutuhan biasanya diperoleh dari umpan balik tenaga medis ataupun pasien. Kompetisi biasanya diperoleh dari produk pesaing yang lebih dulu dipasarkan, sehingga mendorong perusahaan untuk meluncurkan produk serupa tanpa melanggar paten pesaing.

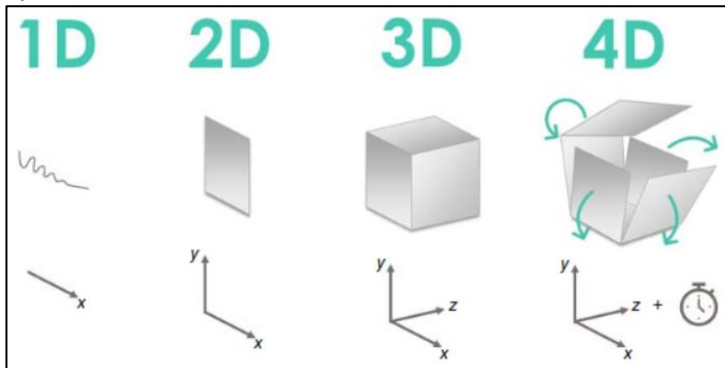
Desain yang baik adalah desain yang mampu menjawab masalah. Untuk menjamin kesesuaian desain dengan problem yang diajukan, seorang desainer dapat memanfaatkan beberapa hal berikut ini.

- **Prototipe**

Prototipe saat ini mengalami kemajuan pesat dengan pemanfaatan *3D* – *4D printing*. Sebelum membahas peran prototipe pada proses desain

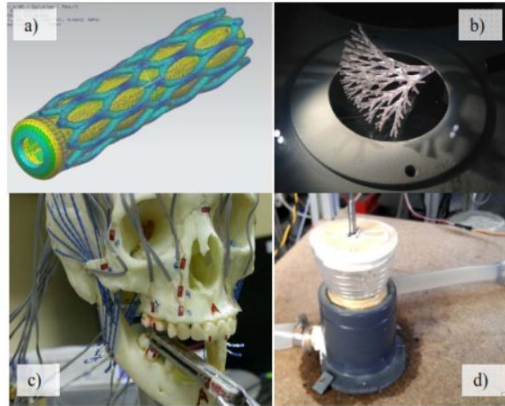
peralatan biomedis, kita harus memahami perbedaan antara konsep 1 dimensi, 2 dimensi, 3 dimensi, dan 4 dimensi. Secara umum konsep dimensi dapat diilustrasikan pada gambar 3.

Konsep satu dimensi ibarat sebuah garis yang tidak membentuk bidang yang memiliki keliling dan luas. Konsep dua dimensi ibarat garis yang membentuk keliling dan luas. Konsep tiga dimensi merupakan kumpulan garis yang memiliki volume. Adapun konsep empat dimensi merupakan konsep yang mirip dengan tiga dimensi hanya saja terdapat satu tambahan variabel yaitu waktu. Berdasarkan konsep empat dimensi inilah, *reverse engineering* dapat dilakukan, dimana setiap bagian dari produk dapat *disassemble*.



Gambar 3. Konsep dimensi dalam desain
(Sumber: Maniruzzaman, 2019)

Prototyping dengan konsep empat dimensi dilakukan dengan memanfaatkan desain yang rinci atas setiap bagian produk, kemudian dicetak secara terpisah, dan disatukan sesuai dengan bentuk pola desainya.



Gambar 4. Beberapa karya desain produk biomedis. a) desain *Computer Augmented* untuk *expandable stent*; b) prototyping 3D pada jaringan vascular; c) 3D *prototyping* dan simulasi sistem rahang; d) simulasi desain pompa *extra - corporeal*

(Sumber: Lantada et al., 2015)

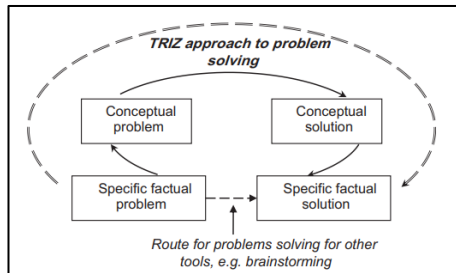
- **Computer Augmented Design (CAD)**

Penemuan komputer membawa kemajuan di berbagai sisi keilmuan. Salah satunya pada bidang desain dan arsitektur. Modernitas dan permintaan jasa desain bangunan yang tinggi pasca perang dunia kedua membuat para arsitek dan desainer memutar otak mencari cara untuk memangkas waktu desain. Salah satu eksperimen pemanfaatan komputer pada aktifitas desain adalah studi yang dilaporkan Berhnholtz dan Biorstone (1966), melakukan eksperimen matematis untuk mengetahui bentuk dan pola bangunan ideal menggunakan program *Computer Augmented Design (CAD)*. Saat ini, tersedia banyak aplikasi serupa yang jauh lebih canggih. Dengan memanfaatkan aplikasi-aplikasi tersebut, proses perancangan produk biomedis semakin mudah.

- **TRIZ**

TRIZ *merupakan* metodologi pengembangan teknis yang melibatkan setiap aspek untuk memahami dan menyelesaikan masalah. TRIZ mengembangkan cara yang efektif untuk menyelesaikan masalah menggunakan prinsip-prinsip yang memudahkan penggunaannya

menemukan inovasi. TRIZ berbeda dengan metode-metode berbasis pemikiran lainnya, semisal *brainstorming*, *mind mapping*, ataupun *morphological analysis* yang hanya menitik beratkan pada identifikasi masalah dan akar masalah, dan tidak memberikan solusi. TRIZ, sebaliknya, ia mampu mengangkat masalah dan akar masalah naik kepermukaan, dan memberikan solusi kreatif yang tepat (Gadd, 2011).



Gambar 5. Bagan pendekatan sistematis TRIZ sebagai alat penyelesaian masalah
(Sumber: Gadd, 2011)

Metode ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1940an oleh Genrich Altshuller. *Metode ini* kemudian dikembangkan dan dipatenkan di kantor paten Angkatan Laut Rusia. Metode ini memanfaatkan parameter teknik dan matriks kontradiksi. Terdapat 40 parameter berbeda yang dapat digunakan dalam proses desain menggunakan TRIZ.

2. Desain sistem biomedis

Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sistem diartikan sebagai, “perangkat unsur yang secara teratur saling berkaitan sehingga membentuk suatu totalitas.” Sistem bersifat multivariabel, kesuksesannya adalah terjaminnya hubungan dan sinergitas dari masing-masing variabel. Berbicara sistem biomedis, berarti berbicara hal-hal di luar pembasahan medis yang mendukung keberlangsungan, keterjaminan, aktifitas biomedis itu sendiri.

Keilmuan Teknik Industri sangat erat menggenggam prinsip berfikir sistem (*system of thinking*). Melalui upaya berfikir sistem, kita belajar memahami faktor-faktor kritis (*critical success factor*) sukseasi beragam

masalah manajerial dan keteknikan. Salah satu bidang yang membutuhkan hal ini adalah bidang biomedis. Ibarat ilmuwan nuklir menemukan reaksi fusi berantai, diaplikasikan oleh ahli tata fasilitas pabrik dan sistemnya didesain oleh pakar sistem. Pakar sistem saat ini sangat dibutuhkan dalam bidang biomedis. Keilmuan mereka bisa diterapkan pada banyak hal berapa-berapa diantaranya sebagai berikut.

- **Mitigasi resiko distribusi bahan medis**

Teknologi rekayasa biomedis saat ini mengalami perkembangan pesat. Salah satu teknologi yang telah menolong jutaan nyawa adalah teknologi transfusi darah. Aktifitas transfusi darah telah dipraktikkan sejak ratusan tahun lalu. Salah satu eksperimen tertulis mengenai transfusi darah pertama adalah eksperimen transfusi darah hewan ke hewan dari Oxford University tahun 1666. Eksperimen itu melibatkan dua ekor anjing. Darah anjing pertama dibiarkan mengalir ke tubuh anjing lainnya hingga ia mati. Anjing yang memberikan transfusi mati karena kehabisan darah, sementara anjing yang di transfusi nampak sangat sehat dan semakin enerjik.

Kebutuhan darah saat ini kebanyakan bersifat insidental, maka ketersediaan stok darah sangatlah penting. Akan tetapi umur pakai darah sifatnya terbatas. Beragam metode dapat digunakan untuk memitigasi risiko pada rantai pasok darah. Salah satunya menggunakan *House of Risk* (HOR), model yang dikembangkan dari pengkombinasian *Quality Function Deployment* dan *Failure Modes and Effect Analysis*. Beberapa studi menggabungkan HOR dengan alat analisis lain semisal AHP-TOPSIS. Tujuannya untuk mengidentifikasi tindakan-tindakan prioritas yang urgen dilakukan dalam upaya mitigasi risiko distribusi darah.

Metode ini dapat diterapkan untuk bahan-bahan medis lain khususnya bahan dengan urgensi dan resiko kontaminasi tinggi, dapat pula diterapkan pada bahan-bahan yang sifatnya perishable item.

- **Analisis lokasi distribusi bahan medis**

Pandemi Covid-19 memunculkan masalah keilmuan yang beragam. Dapat dikatakan riset rentang 2019 hingga tahun 2022 segala bidang keilmuan diarahkan dalam rangka meringankan laju penularan Covid-19.

Banyak portal jurnal ternama menggratiskan biaya akses jurnal terkait Covid-19. Salah satu permasalahan muncul setelah vaksin Covid-19 ditemukan akibat ketidakmerataan dan keterbatasan jumlah yang didistribusikan ke negara-negara berkembang. Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk terbesar ketiga tentunya merasakan dampak yang sama. Vaksin harus didistribusikan secara berkala, sementara korban terus berjatuhan. Masyarakat Indonesia harus bersabar bahkan antri berjam-jam untuk memperoleh vaksin dosis pertama dan kedua saat itu.

Beberapa metode dapat digunakan untuk menjawab permasalahan ini. Salah satunya menggunakan model *linear programming*. Model *linear programming* yang digunakan dapat melibatkan variabel-variabel urgen dalam hal distribusi vaksin seperti, lokasi, kondisi fasilitas kesehatan, kota dan variabel-variabel pengecualian seperti kondisi kehamilan, umur, dan status kesehatan.

- **Manajemen aset peralatan biomedis**

Harga peralatan biomedis tidak murah. Untuk menjamin keberlangsungan bisnisnya, fasilitas kesehatan harus melakukan manajemen aset yang baik agar investasi yang dikeluarkan dalam bentuk peralatan biomedis memberikan manfaat berlebih bagi perusahaan. Manajemen aset yang baik dapat menurunkan persentase resiko *down time*, meningkatkan persentase *equivalent availability factor* (EAF), dan memperpanjang umur peralatan biomedis.

Beberapa industri besar telah menerapkan ISO 55001 tentang Manajemen Aset, dan merasakan manfaat luar biasa dari penerapannya. Langkah ini patut di contoh oleh industri kesehatan. Jika biaya standarisasi ISO 55001 terasa cukup mahal, industri kesehatan dalam hal ini bisa melakukan riset mandiri untuk memperoleh faktor-faktor kritis yang menjadi suksesi manajemen aset yang baik.

3. Desain proses biomedis

Dalam bukunya “The Industries of the future”, Alec Ross menyarankan perbankan untuk mengalihkan bisnisnya yang fokus pada pengelolaan uang menjadi industri pengelolaan data. Alasannya, setiap transaksi yang terjadi pada dunia perbankan merupakan data berharga yang jika dikelola

dengan baik akan mempermudah proses bisnis perbankan itu sendiri. Misalnya analisis pemberian kredit melalui pemanfaatan Big Data. Kreditur tidak perlu membuat proposal hipokrit. Perbankan cukup mendeteksi riwayat transaksi kreditur, kemudian mengambil keputusan persetujuan kredit berdasarkan analisis tersebut.

Berangkat dari hal ini Ross juga menyarankan hal yang sama pada Industri kesehatan. Setiap lini industri kesehatan penuh dengan data berharga. Bayangkan jika diagnosis penyakit pasien dibantu oleh data medis saudara, ayah, kakek dan nenek si pasien? akan ada banyak informasi yang diperoleh dokter untuk memberikan resep dan tindakan. Melalui riwayat medis keluarganya, dokter dapat mendeteksi pola perulangan, atau kelainan genetik, atau simtom penyakit turunan. Tidak hanya itu melalui mekanisme big data, pengembang peralatan biomedis akan mampu menarik keluhan dan kebutuhan pasien, perawat, dan dokter. Upaya rekayasa biomedis akan semakin mudah melalui pemanfaatan big data.

F. RANGKUMAN MATERI

- Dasar konsep biomedis adalah filsafat cartesian yang menyatakan manusia ibarat mesin. Untuk memperbaiki mesin yang rusak, seorang teknisi dapat memanfaatkan peralatan-peralatan keteknikan dan fokus memperbaiki bagian yang rusak. Sama dengan konsep biomedis, ketika salah satu bagian tubuh mengalami gangguan, maka seorang dokter dapat memanfaatkan pengetahuan, pengobatan dan peralatan-peralatan tertentu untuk mengobati bagian tubuh yang mengalami gangguan.
- Secara istilah, biomedis merujuk pada upaya pemanfaatan prinsip ilmiah, teknologi, dan pengetahuan kedokteran untuk memahami, mengobati dan mencegah penurunan kesehatan manusia
- Secara umum ilmu rekayasa biomedis merupakan bidang keilmuan interdisipliner yang menghubungkan prinsip rekayasa/keteknikan dengan ilmu-ilmu medis pada tubuh manusia
- Penemuan dibidang fisika, khususnya fisika klasik mendorong perkembangan masif keilmuan rekayasa biomedis

- Peran keilmuan teknik industri dalam rekayasa biomedis terletak pada tiga hal yaitu desain produk, sistem dan proses rekayasa biomedis

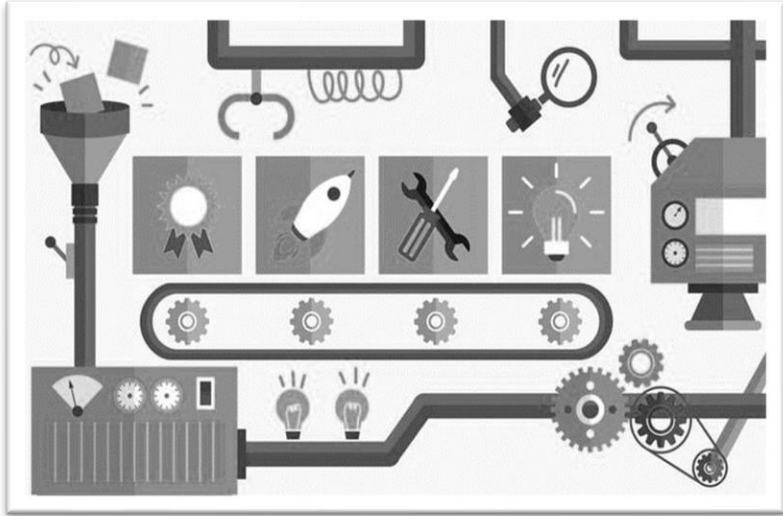
TUGAS DAN EVALUASI

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini:

1. Menurut mu seberapa penting ilmu rekayasa biomedis?
2. Apakah setiap metode pengobatan itu termasuk dalam kategori rekayasa biomedis?
3. Apa perbedaan Biomedis dan rekayasa Biomedis?
4. Dari desain produk, sistem dan proses rekayasa biomedis manakah diantara ketiga hal tersebut yang menarik perhatianmu? Jelaskan alasannya!
5. Setuju kah kamu, jika ilmu rekayasa biomedis memiliki irisan dengan keilmuan teknik industri? Jelaskan alasannya!

DAFTAR PUSTAKA

- Arjmand, B., Payab, M., & Goodarzi, P. (2020). *Biomedical Product Development: Bench to Bedside*. Springer.
- Bernholtz, A., & Biorstone, E. (1966). Computer-Augmented Design. *Design Quarterly*, 66, 40–51.
- Bronzino, J. D. (2000). *The Biomedical Engineering Handbook: Second Edition*. CRC Press.
- Enderie, J., Blanchard, S., & Bronzino, J. (2005). *Introduction to Biomedical Engineering second edition*. Elsevier academic press.
- Gadd, K. (2011). *TRIZ for Engineers*. John Wiley & Sons Inc.
- Harari, Y. N. (2020). *Homo Deus masa depan umat manusia*. Pustaka Alvabet.
- Jatmiko, W., Mursanto, P., Hardian, B., Bowolaksono, A., Wiweco, B., Akbar, M. A., Satwika, I. P., Immadudin, Z., Alvissalim, M. S., Habibie, I., Ma'sum, M. A., & Kurniawan, M. N. (2012). *Teknik Biomedis: Teori dan Aplikasi*. Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.
- Lantada, A. D., Felip, A. R., Fernandez, J. J., Garcia, J. M., Alonso, R. C., & Huertas, J. C. (2015). Integrating Biomedical Engineering Design into Engineering Curricula: Benefits and Challenges of the CDIO Approach. *Proceedings of the 11th International CDIO Conference*.
- Maniruzzaman, M. (2019). *3D and 4D Printing in Biomedical Applications - Processing Engineering and Additive Manufacturing*. Wiley-VCH.
- Ross, A. (2021). *The Industries of the future Industri-industri masa depan*. Penerbit Renebook.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 9: SISTEM ENERGI DAN LINGKUNGAN

Resy Kumala Sari, S.T., M.S

Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai

BAB 9

SISTEM ENERGI DAN LINGKUNGAN

A. PENDAHULUAN

Sistem energi dan lingkungan adalah dua bidang memiliki terkait erat dalam dunia. Sistem energi mencakup semua proses produksi, distribusi, konversi, dan konsumsi energi dalam suatu masyarakat. Sedangkan lingkungan mencakup semua aspek alam, termasuk udara, air, tanah, keanekaragaman hayati, dan ekosistem tempat interaksi manusia dan kegiatan ekonomi berlangsung. Dalam konteks sistem energi, penting untuk mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan. Produksi dan konsumsi energi berkontribusi terhadap perubahan iklim, polusi udara dan air, degradasi lahan, serta hilangnya habitat dan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan sistem energi harus memperhatikan prinsip keberlanjutan dan perlindungan lingkungan.

B. DEFINISI DAN KONSEP DASAR

1. Sistem

Pengertian Sistem Secara umum merupakan suatu kumpulan objek, elemen, bagian-bagian yang memiliki arti berbeda saling terkait, bekerjasama, saling memengaruhi dan melekat pada bidang yang sama dalam mencapai tujuan tertentu yang kompleks.

Dalam terminologi, sistem digunakan dalam berbagai cara sehingga sulit untuk mendefinisikan atau menafsirkannya sebagai pernyataan yang merangkum semua kegunaannya dan cukup ringkas untuk menyadari artinya. Ini karena memahami sistem bergantung pada konteks sudut pandang yang coba didefinisikan. Misalnya, di bawah hukum, suatu sistem

dipandang sebagai kumpulan aturan yang membatasi kemampuan sistem itu sendiri dan lingkungan di mana ia beroperasi untuk memberikan jaminan keadilan dan harmoni (Ridho, 2018). Sistem terdiri dari bagian-bagian yang saling terkait dan bekerja bersama untuk membentuk suatu kesatuan. Dalam konteks energi dan lingkungan, sistem dapat mengacu pada infrastruktur, teknologi, dan proses yang terlibat dalam produksi, distribusi, dan konsumsi energi, serta hubungannya dengan aspek lingkungan.

2. Energi

Energi adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan atau menyebabkan perubahan. Dalam konteks fisik, energi dapat berupa berbagai bentuk, seperti energi kinetik (energi gerakan), energi potensial (energi yang tersimpan), energi panas, energi listrik, dan sebagainya. Energi diperlukan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk untuk menggerakkan mesin, memanaskan rumah, dan menyediakan listrik.

3. Sistem Energi

Sistem energi mengacu pada infrastruktur, teknologi, dan proses yang terlibat dalam penghasilan, konversi, penyimpanan, distribusi, dan konsumsi energi. Ini melibatkan berbagai komponen, seperti sumber energi (misalnya, fosil, terbarukan), infrastruktur pembangkit listrik, jaringan transmisi dan distribusi, serta teknologi penyimpanan energi. Sistem energi juga berhubungan dengan kebijakan energi, efisiensi energi, dan dampak lingkungan dari produksi dan penggunaan energi.

C. JENIS-JENIS SISTEM ENERGI

Sistem energi berdasarkan sumber merujuk pada pembagian dan pengelompokan energi berdasarkan jenis sumbernya. Berikut adalah beberapa jenis sistem energi yang umum berdasarkan sumber energinya:

1. Sistem Energi Konvensional:

- Energi Fosil: Sistem ini menggunakan sumber daya fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam. Contohnya adalah Penambangan yang melibatkan kegiatan untuk mengakses Sumber daya fosil, pembangkit listrik tenaga batu bara atau

pembangkit listrik tenaga gas atau minyak, system transmisi dan distribusi untuk mentransfer listrik dan pembangkit listrik dari pembangkit ke pengguna akhir, dan Infrastruktur penyimpanan dan distribusi bahan bakar untuk fasilitas menyimpan dan mendistribusikan bahan bakar fosil (Coal, 2019)

- Energi Nuklir: Sistem ini menggunakan reaksi nuklir dalam pembangkit listrik tenaga nuklir. Terdiri dari reaktor nuklir yang menggunakan reaksi nuklir untuk menghasilkan panas, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator untuk menghasilkan listrik. Pengelolaan Limbah Nuklir yaitu dengan melibatkan infrastruktur untuk pengolahan, penyimpanan, dan pembuangan aman limbah nuklir yang dihasilkan oleh reaktor nuklir (Tecdod, 1885)

2. Sistem Energi Terbarukan:

Sistem Energi Terbarukan adalah sistem yang menggunakan sumber daya energi alami yang dapat diperbarui secara terus-menerus dan tidak terbatas.

- a. Energi Surya: Sistem ini menggunakan energi matahari, seperti panel surya, untuk menghasilkan listrik atau pemanasan.
- b. Energi Angin: Sistem ini menggunakan turbin angin untuk mengubah energi angin menjadi listrik.
- c. Energi Hidro: Sistem ini menggunakan tenaga air, seperti dari pembangkit listrik tenaga air atau turbin air, untuk menghasilkan listrik.
- d. Energi Geothermal: Sistem ini menggunakan panas bumi untuk menghasilkan listrik atau pemanasan.
- e. Energi Biomassa: Sistem ini menggunakan bahan organik seperti limbah pertanian, limbah kayu, atau biomassa lainnya untuk menghasilkan listrik atau pemanasan.
- f. Infrastruktur Penyimpanan Energi Terbarukan: Melibatkan teknologi dan fasilitas penyimpanan energi terbarukan, seperti baterai, pompa penyimpanan tenaga hidroelektrik, dan sistem penyimpanan termal (Agency, 2021).

3. Sistem Energi Hibrida

Sistem ini menggabungkan beberapa sumber energi, baik konvensional maupun terbarukan, untuk memenuhi kebutuhan energi. Contohnya adalah sistem yang mengintegrasikan energi surya dengan pembangkit listrik tenaga diesel atau baterai.

D. INTERAKSI SISTEM ENERGI DENGAN LINGKUNGAN

Sistem energi dan lingkungan berkaitan dengan interaksi kompleks antara infrastruktur, teknologi, dan proses yang terlibat dalam produksi dan penggunaan energi, serta dampaknya terhadap kondisi lingkungan sekitarnya. Berikut adalah contoh interaksi antara sistem energi dan lingkungan, beserta beberapa referensi yang dapat menjadi sumber penelitian lebih lanjut:

1. Emisi Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim:

Sistem energi berkontribusi pada emisi gas rumah kaca yang menyebabkan perubahan iklim, terutama melalui pembakaran bahan bakar fosil. Ini mencakup emisi CO₂, CH₄, dan N₂O (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014).

2. Pencemaran Udara:

Proses pembakaran dalam sistem energi, terutama pada pembangkit listrik tenaga batu bara dan pembakaran kendaraan bermotor, dapat menyebabkan pencemaran udara dan emisi polutan seperti partikel debu, SO₂, NO_x, dan zat beracun lainnya (World Health Organization (WHO), 2018).

3. Pengaruh terhadap Kualitas Air:

Sistem energi dapat mempengaruhi kualitas air melalui pembebasan limbah termal dari pembangkit listrik tenaga air atau nuklir, serta melalui aktivitas penambangan dan produksi energi (United Nations Environment Programme (UNEP), 2016).

4. Penggunaan Sumber Daya Alam:

Sistem energi memerlukan sumber daya alam seperti air, tanah, dan material lainnya. Pembangunan infrastruktur energi dapat berdampak pada perubahan penggunaan lahan, peningkatan kebutuhan air, dan degradasi habitat (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019)

5. Dampak pada Keanekaragaman Hayati:

Pembangunan proyek energi seperti bendungan atau pariwisata energi terbarukan dapat berdampak pada keanekaragaman hayati melalui perubahan habitat, fragmentasi ekosistem, dan ancaman terhadap spesies yang tergantung pada lingkungan yang terganggu.

E. PERAN SISTEM ENERGI DALAM PEMBANGUNAN DAN LINGKUNGAN

Berikut adalah beberapa peran sistem energi dalam pembangunan dan lingkungan, beserta beberapa referensi yang dapat menjadi sumber penelitian lebih lanjut:

1. Kontribusi terhadap Pembangunan Ekonomi:

Sistem energi yang andal dan terjangkau menjadi landasan penting bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara (International Energy Agency (IEA), 2017).

2. Peningkatan Akses Terhadap Energi:

Sistem energi yang terjangkau dan berkelanjutan penting dalam meningkatkan akses terhadap energi bagi masyarakat yang belum memiliki akses yang memadai (Nations Development Programme (UNDP), 2017).

3. Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca:

Sistem energi berperan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan mengatasi perubahan iklim melalui pengembangan energi terbarukan, efisiensi energi, dan teknologi rendah karbon (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020).

4. Keberlanjutan Lingkungan:

Sistem energi yang berkelanjutan harus mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan, termasuk perlindungan sumber daya alam, pengurangan polusi udara dan air, serta pelestarian keanekaragaman hayati (United Nations Environment Programme (UNEP), 2017).

5. Pemberdayaan Masyarakat:

Sistem energi yang terdesentralisasi dan partisipatif dapat memberdayakan masyarakat lokal, melibatkan mereka dalam pengambilan keputusan energi, dan meningkatkan akses ke energi

bagi komunitas terpencil (International Institute for Sustainable Development (IISD), 2020).

Pemahaman yang komprehensif tentang interaksi antara sistem energi dan lingkungan menjadi kunci dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, kebutuhan energi yang terus meningkat, dan kelestarian lingkungan. Dalam merancang kebijakan energi, strategi pengembangan, dan teknologi baru, penting untuk mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan dan mencari solusi yang seimbang antara kebutuhan energi manusia dan pelestarian sumber daya alam.

F. PERAN TEKNOLOGI DALAM SISTEM ENERGI DAN LINGKUNGAN

Teknologi memiliki peran yang penting dalam sistem energi dan lingkungan. Inovasi teknologi dapat memberikan solusi untuk mengatasi tantangan lingkungan dan mengoptimalkan penggunaan energi. Berikut ini adalah beberapa peran teknologi dalam sistem energi dan lingkungan:

1. Pengembangan Sumber Energi Terbarukan: Teknologi memainkan peran kunci dalam mengembangkan dan meningkatkan efisiensi sumber energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan sel bahan bakar hidrogen. Melalui penelitian dan pengembangan, teknologi energi terbarukan menjadi lebih efisien, terjangkau, dan dapat diintegrasikan ke dalam jaringan energi yang ada.
2. Efisiensi Energi: Teknologi dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dalam berbagai sektor, mulai dari transportasi, bangunan, hingga industri. Contohnya, teknologi seperti lampu LED yang lebih efisien dan sistem manajemen energi pintar dapat mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu.
3. Pengelolaan Jaringan Listrik yang Cerdas: Teknologi informasi dan komunikasi memungkinkan pengembangan jaringan listrik cerdas (smart grids). Smart grids memungkinkan pengawasan real-time, pengoptimalan distribusi energi, dan integrasi yang lebih baik antara sumber energi terbarukan, penyimpanan energi, dan permintaan energi.

4. Penyimpanan Energi: Teknologi penyimpanan energi, seperti baterai, sistem hidrogen, dan penyimpanan termal, memainkan peran penting dalam mengatasi masalah fluktuasi produksi energi terbarukan dan meningkatkan fleksibilitas jaringan energi.
5. Pemantauan dan Prediksi Lingkungan: Teknologi seperti sensor, pemantauan jarak jauh, dan analisis data dapat digunakan untuk memantau dan memprediksi dampak lingkungan dari operasi sistem energi. Hal ini membantu dalam mengelola dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara.
6. Pengembangan Teknologi Karbon Rendah: Teknologi karbon rendah melibatkan pengembangan dan penerapan solusi inovatif untuk mengurangi emisi gas rumah kaca. Contoh teknologi ini termasuk mobil listrik, sistem energi mikrogrid, dan proses produksi yang ramah lingkungan.

G. EFISIENSI ENERGI DAN KONSERVASI

1. Pentingnya efisiensi energi:

Efisiensi energi adalah upaya untuk menggunakan energi dengan lebih efisien, yaitu mengurangi jumlah energi yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas tertentu. Pentingnya efisiensi energi terletak pada beberapa faktor, termasuk:

- Mengurangi konsumsi energi: Efisiensi energi membantu mengurangi penggunaan energi yang berlebihan, mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi yang terbatas, dan mengurangi emisi gas rumah kaca yang berkontribusi pada perubahan iklim.
- Menghemat biaya: Dengan menggunakan energi dengan lebih efisien, individu dan organisasi dapat menghemat biaya operasional dan mengurangi beban finansial.
- Meningkatkan keberlanjutan: Efisiensi energi membantu mencapai keberlanjutan dengan menjaga sumber daya energi yang terbatas dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

2. Teknologi efisiensi energi di sektor industri, transportasi, dan bangunan:

Teknologi efisiensi energi telah dikembangkan untuk berbagai sektor, termasuk industri, transportasi, dan bangunan. Contoh teknologi efisiensi energi meliputi (United Nations Environment Programme (UNEP), 2021):

- Industri: Penggunaan mesin dan peralatan efisien energi, penggunaan sistem otomatisasi yang cerdas, penerapan sistem manajemen energi, dan praktik pengelolaan limbah panas.
- Transportasi: Kendaraan listrik, kendaraan hibrida, teknologi pembakaran yang efisien, sistem transportasi publik yang efisien, dan penggunaan bahan bakar alternatif.
- Bangunan: Desain bangunan yang ramah lingkungan, isolasi termal yang baik, penerapan sistem manajemen energi di gedung, penggunaan peralatan listrik yang efisien, dan pemanfaatan energi terbarukan di bangunan.

3. Praktik konservasi energi di kehidupan sehari-hari:

Praktik konservasi energi dapat dilakukan oleh individu dalam kehidupan sehari-hari untuk mengurangi konsumsi energi, antara lain:

- Matikan peralatan listrik yang tidak digunakan.
- Gunakan lampu LED yang lebih efisien.
- Kurangi penggunaan air panas.
- Isolasi bangunan agar tetap terjaga suhu yang nyaman.
- Gunakan transportasi umum, bersepeda, atau berjalan kaki jika memungkinkan.
- Kurangi penggunaan AC dan pemanas dengan memanfaatkan ventilasi alami.

4. Dampak positif dari efisiensi energi dan konservasi terhadap lingkungan International Energy Agency (IEA), 2020):

Efisiensi energi dan konservasi energi memiliki dampak positif terhadap lingkungan, antara lain:

- Mengurangi emisi gas rumah kaca: Dengan menggunakan energi dengan lebih efisien, jumlah emisi gas rumah kaca dapat berkurang, membantu dalam upaya mitigasi perubahan iklim.

- Konservasi sumber daya alam: Efisiensi energi mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi yang terbatas, seperti minyak bumi dan gas alam, serta mencegah eksploitasi berlebihan.
- Perlindungan ekosistem: Dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti polusi udara dan penggunaan air, efisiensi energi dan konservasi membantu melindungi ekosistem alam dan keanekaragaman hayati.

H. INTEGRASI SISTEM ENERGI DAN LINGKUNGAN

Integrasi Sistem Energi dan Lingkungan adalah pendekatan yang menghubungkan sistem energi dengan aspek lingkungan untuk mencapai keberlanjutan dan mitigasi perubahan iklim. Tujuannya adalah mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi terbarukan, mengurangi emisi gas rumah kaca, dan melindungi lingkungan alam.

Konsep ini melibatkan integrasi berbagai komponen, seperti sumber energi terbarukan (seperti energi surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi), efisiensi energi, teknologi penyimpanan energi, jaringan listrik cerdas, dan manajemen permintaan energi. Dalam integrasi ini, sistem energi berfungsi secara sinergis dengan lingkungan, mengambil keuntungan dari sumber daya alam yang terbarukan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021).

1. Konsep integrasi sistem energi berkelanjutan:

Integrasi sistem energi berkelanjutan mencakup pendekatan yang menggabungkan sumber energi terbarukan, efisiensi energi, dan pengelolaan lingkungan dalam desain dan operasi sistem energi. Tujuannya adalah mencapai keberlanjutan jangka panjang dengan meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.

2. Pendekatan baru dalam desain dan pengelolaan sistem energi:

Pendekatan baru dalam desain dan pengelolaan sistem energi berfokus pada integrasi sumber energi terbarukan, teknologi penyimpanan energi, dan jaringan listrik cerdas. Ini melibatkan penggunaan teknologi informasi dan komunikasi untuk mengoptimalkan produksi, distribusi, dan konsumsi energi.

Pendekatan ini juga mencakup pemantauan dan manajemen real-time, pengaturan permintaan energi, dan peningkatan efisiensi dalam semua sektor.

3. Peran energi terbarukan dalam mitigasi perubahan iklim:

Energi terbarukan memiliki peran kunci dalam mitigasi perubahan iklim karena mereka tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau emisi yang sangat rendah dibandingkan dengan sumber energi fosil. Dengan menggantikan bahan bakar fosil dengan sumber energi terbarukan, seperti energi surya dan energi angin, kita dapat mengurangi emisi karbon dan mengurangi dampak negatif terhadap iklim global. Energi terbarukan juga berperan dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang terbatas dan volatil secara politik.

I. STUDI KASUS

Studi kasus tentang proyek-proyek integrasi sistem energi dan lingkungan (International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021)

1. **Proyek Masdar City, Uni Emirat Arab:** Masdar City adalah kota yang dikembangkan dengan konsep keberlanjutan yang tinggi. Kota ini mengintegrasikan energi terbarukan, seperti panel surya dan pembangkit listrik tenaga angin, dengan sistem pengelolaan energi cerdas dan desain bangunan yang ramah lingkungan.
2. **Proyek Smart Grid di Jeju Island, Korea Selatan:** Jeju Island telah mengimplementasikan proyek smart grid yang mencakup integrasi energi terbarukan, penyimpanan energi, dan manajemen permintaan energi. Proyek ini bertujuan untuk mencapai kemandirian energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca di pulau tersebut.
3. **Proyek Energiewende, Jerman:** Energiewende adalah kebijakan nasional Jerman untuk beralih ke sistem energi yang berkelanjutan dengan menggantikan tenaga nuklir dengan energi terbarukan. Proyek ini melibatkan pengembangan infrastruktur energi terbarukan, peningkatan efisiensi energi, dan integrasi jaringan listrik cerdas.

Salah satu studi kasus yang dapat dipertimbangkan adalah implementasi sistem energi terbarukan di negara Denmark. Denmark telah berhasil mengadopsi dan mengintegrasikan sumber energi terbarukan dalam sistem energi mereka dengan tujuan mencapai kemandirian energi dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Berikut adalah gambaran singkat mengenai implementasi sistem energi dan lingkungan di Denmark:

1. **Penggunaan Energi Angin:** Denmark adalah salah satu pemimpin global dalam penggunaan energi angin. Mereka telah membangun banyak pariwisata angin lepas pantai dan memanfaatkan potensi energi angin di Laut Utara. Penanaman turbin angin yang efisien telah memberikan kontribusi signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi negara ini.
2. **Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa:** Denmark juga mengembangkan industri energi biomassa yang kuat. Mereka menggunakan limbah biomassa, seperti serbuk kayu dan jerami, sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik termal. Hal ini mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan memanfaatkan sumber daya biomassa yang berlimpah.
3. **Sistem Pemanas Jaringan:** Denmark memiliki sistem pemanas jaringan (district heating) yang luas dan efisien. Sistem ini menghubungkan berbagai bangunan di daerah tertentu untuk berbagi panas melalui pipa jaringan. Panas tersebut berasal dari sumber energi terbarukan seperti pembangkit listrik tenaga angin, biomassa, dan panas bumi. Sistem pemanas jaringan mengurangi konsumsi energi fosil dan mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan.
4. **Kendaraan Listrik:** Denmark mendorong adopsi kendaraan listrik dengan kebijakan insentif, termasuk pembebasan pajak dan insentif finansial. Mereka memiliki jaringan pengisian kendaraan listrik yang luas dan membangun infrastruktur untuk mendukung mobilitas berkelanjutan.
5. **Efisiensi Energi Bangunan:** Denmark memiliki kebijakan yang ketat untuk meningkatkan efisiensi energi bangunan. Mereka mendorong retrofit bangunan yang lebih efisien secara energi dan menerapkan standar bangunan hijau yang ketat untuk meminimalkan konsumsi energi.

Implementasi sistem energi dan lingkungan di Denmark adalah contoh sukses dalam mengintegrasikan sumber energi terbarukan, mengurangi emisi, dan membangun infrastruktur yang mendukung keberlanjutan. Pendekatan holistik dan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, industri, dan masyarakat telah menjadi kunci keberhasilan implementasi ini.

J. RANGKUMAN MATERI

Kesimpulan dari bab ini adalah sebagai berikut:

- Sistem energi dan lingkungan saling terkait erat dalam dunia ini. Penting untuk mempertimbangkan dampak sistem energi terhadap lingkungan dalam perencanaan dan pengelolaannya.
- Sistem energi terdiri dari infrastruktur, teknologi, dan proses yang terlibat dalam produksi, distribusi, konversi, penyimpanan, dan konsumsi energi. Terdapat sistem energi konvensional (fosil dan nuklir) dan sistem energi terbarukan (surya, angin, hidro, geothermal, biomassa) serta sistem energi hibrida yang menggabungkan beberapa sumber energi.
- Interaksi antara sistem energi dan lingkungan melibatkan masalah seperti emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim, pencemaran udara, pengaruh terhadap kualitas air, penggunaan sumber daya alam, dan dampak pada keanekaragaman hayati.
- Sistem energi memiliki peran penting dalam pembangunan ekonomi, peningkatan akses terhadap energi, pengurangan emisi gas rumah kaca, keberlanjutan lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat.
- Teknologi memainkan peran penting dalam sistem energi dan lingkungan, termasuk pengembangan sumber energi terbarukan, efisiensi energi, pengelolaan jaringan listrik yang cerdas, penyimpanan energi, pemantauan dan prediksi lingkungan, serta pengembangan teknologi karbon rendah.

Pemahaman yang komprehensif tentang interaksi antara sistem energi dan lingkungan sangat penting dalam menghadapi tantangan perubahan iklim, kebutuhan energi yang terus meningkat, dan pelestarian lingkungan. Dalam merancang kebijakan energi dan teknologi baru, penting untuk mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan dan mencari solusi

yang seimbang antara kebutuhan energi manusia dan pelestarian sumber daya alam.

TUGAS DAN EVALUASI

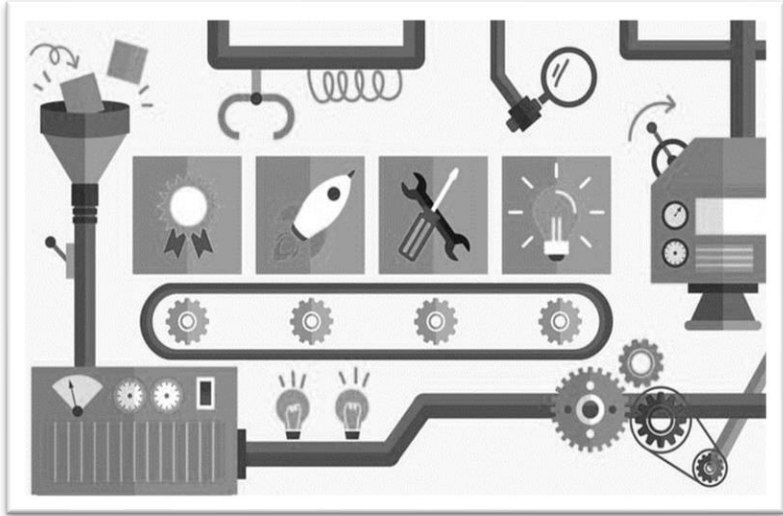
1. Jelaskan arti sistem energi dan lingkungan menurut pendapatmu!
2. Sebutkan dan jelaskan jenis-jenis sistem energi!
3. Sebutkan dan jelaskan peran sistem energi pada pembangunan dan lingkungan!
4. Jelaskan apa peran teknologi dalam sistem energi dan lingkungan!

DAFTAR PUSTAKA

- Agency, I. R. E. (2021). *Renewable Power Generation Costs in 2020*. Available at: <https://www.irena.org/publications/2021/Apr/Renewable-energy-A-gender-perspective>
- Coal. (2019). International Energy Agency. In *Analysis and forecasts to 2024*.
- Ridho, S. (2018). *Pengembangan Sistem Rental Kamera Online, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu komputer*. 2(6), 2221–2226. [http://repo.iain-tulungagung.ac.id/9372/5/BAB II.pdf](http://repo.iain-tulungagung.ac.id/9372/5/BAB%20II.pdf)
- Tecdoc, I. (1885). Nuclear–Renewable Hybrid Energy Systems for Decarbonized Energy Production and Cogeneration. In *Proceedings of a Technical Meeting*.
- U.S. Energy Information Administration (EIA) - "Energy Explained: Where Does It Come From and How Much Do We Use?" Available at: <https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/>
- International Energy Agency (IEA). (2021). Tracking Clean Energy Progress 2021. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2021>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). Emissions Gap Report 2020. Retrieved from <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Innovation Outlook: Renewable Methanol. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2020/Mar/Innovation-Outlook-Renewable-Methanol>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>
- World Health Organization (WHO). (2018). Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease. Retrieved from <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511353>

- United Nations Environment Programme (UNEP). (2016). Global Environment Outlook: Water Quality Assessment. Retrieved from <https://www.unep.org/resources/report/global-environment-outlook-water-quality-assessment>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). Renewable Energy and Land Use. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-energy-and-land-use>
- Energy Agency, Denmark. (2021). The Danish Energy Model - From Black to Green Energy. Retrieved from <https://ens.dk/en/our-services/current-affairs/news/news-folder/2021/04/the-danish-energy-model---from-black-to-green-energy>
- Ministry of Foreign Affairs of Denmark. (2021). Energy and Climate - Denmark's Energy Transition. Retrieved from <https://um>
- International Energy Agency (IEA). (2017). World Energy Outlook 2017. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2017>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2017). Sustainable Development Goal 7: Ensure Access to Affordable, Reliable, Sustainable, and Modern Energy for All. Retrieved from <https://www.undp.org/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2020). Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2019>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2017). The Emissions Gap Report 2017. Retrieved from <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2017>
- International Institute for Sustainable Development (IISD). (2020). Local Communities and Indigenous Peoples in the Clean Energy Transition. Retrieved from <https://www.iisd.org/system/files/publications/cepa-local-communities-indigenous-peoples-clean-energy-transition-en.pdf>

- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). Innovation Landscape Briefs: Renewable Energy Integration. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2021/Mar/Innovation-Landscape-Briefs-Renewable-Energy->
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2021). Energy Efficiency. Retrieved from <https://www.unep.org/energy/what-we-do/energy-efficiency>
- International Energy Agency (IEA). (2020). Energy Efficiency 2020. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 10: TEKNOLOGI ROBOTIKA

Dominikus Budiarto, S.T., M.T., IPM.

Universitas Katolik Musi Charitas

BAB 10

TEKNOLOGI ROBOTIKA

A. PENDAHULUAN

Teknologi robot adalah bidang yang berkaitan dengan pengembangan dan penggunaan robot untuk membantu manusia dalam berbagai bidang pekerjaan dan industri. Robot merupakan salah satu teknologi terkini yang memicu terjadinya revolusi industri 4.0. Robot adalah entitas mekanik atau elektronik yang dapat digunakan untuk melakukan tugas-tugas tertentu dengan atau tanpa intervensi manusia. Materi teknologi robot pada bab ini mencakup definisi robot, sejarah perkembangan robot, elemen dasar robot, dan aplikasi penggunaan robot dalam industri manufaktur.

Secara khusus topik yang dibahas dan diuraikan dalam materi meliputi berbagai pengertian dari robot, runtutan sejarah perkembangan robot, jenis-jenis robot, elemen/komponen dalam sistem robot, aplikasi robot dalam industri, desain dan pengembangan robot, pemrograman robot, cara Kerja Robot, teknologi-teknologi yang digunakan dalam robot, dan dampak robot pada Masyarakat dan Ekonomi. Diharapkan setelah membaca bab ini, pembaca dapat memiliki pemahaman sebagai berikut: (1) Mampu menjelaskan sejarah dan arti robot, robot industri. (2) Mampu mengidentifikasi teknologi yang digunakan dalam robotika. (3) Mampu menjelaskan bidang-bidang aplikasi robotika, dan (4) Mampu mengidentifikasi dampak dengan adanya teknologi robotika.

Robotika adalah satu cabang teknologi yang berhubungan dengan desain, konstruksi, operasi, pembuatan, dan aplikasi dari robot. Robotika terkait dengan ilmu pengetahuan bidang elektronika, mesin, mekanika,

dan perangkat lunak komputer. Teknologi robotika adalah bidang yang terus berkembang pesat, sehingga penting bagi masyarakat untuk memahami perkembangan terbaru dalam bidang ini dan dampaknya terhadap kehidupan sehari-hari.

B. DEFINISI ROBOT

Terminology robot sejak tahun 1920 dalam hal teknologi manufaktur, istilah 'robot' memiliki definisi yang beragam, termasuk dalam definisi yang dimunculkan oleh Karel Capek di tahun 1920: definisi 'Robot' dalam bahasa Slavic/Czech (*Czechoslovakia*) 'robot' berarti pekerja atau pekerja kuli (*slave labour*). Kata robot diperkenalkan oleh Karel Capek saat mementaskan *RUR (Rossum's Universal Robots)* pada tahun 1921, Budiharto (2014). Ada beberapa pendapat para ahli robot dalam memberikan definisi dari robot. Berdasarkan beberapa referensi diperoleh beberapa definisi robot sebagai berikut: (1) Robot adalah seperangkat alat mekanik yang bisa melakukan tugas fisik, baik dengan pengawasan dan kontrol manusia, ataupun menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu dengan kecerdasan buatan. (2) Robot adalah mesin yang terlihat seperti manusia dan melakukan berbagai tindakan yang kompleks dari manusia seperti berjalan atau berbicara, atau suatu peralatan yang bekerja secara otomatis. (3) *Robotic Institute of America* merupakan institusi robot pada Universitas Carnegie Mellon pada tahun 1979 mendefinisikan robot sebagai manipulator multi fungsi dan dapat diprogram ulang yang dirancang untuk menggerakkan material, alat, atau perangkat khusus melalui sejumlah gerakan terprogram untuk melakukan aktivitas tertentu.

Dari beberapa definisi robot tersebut, yang menjadi karakteristik kunci definisi robot adalah (1) seperangkat alat mekanik, Mesin, Peralatan, Manipulator multi fungsi (2) melakukan tugas fisik, tindakan (bisa menyerupai manusia, hewan atau lainnya), atau aktivitas tertentu (3) Dikendalikan, diprogram, diawasi oleh manusia (4) Bekerja secara otomatis. Secara umum robot didefinisikan sebagai manipulator otomatis dan dapat diprogram, untuk memindahkan material, komponen, alat, atau peralatan khusus melalui variabel gerakan yang diprogram untuk

performansi variasi pekerjaan (task), Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V. (2008).

Sedangkan yang dimaksud dengan Robot industri atau robot industrial didefinisikan oleh *International Organization for Standardization (ISO 8373)* adalah: *An automatically controlled, reprogrammable, multipurpose, manipulator programmable in three or more axes, which may be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications* (Sebuah manipulator yang terkontrol, multifungsi, dan mampu diprogram untuk bergerak dalam tiga sumbu atau lebih, yang tetap berada di tempat atau bergerak untuk digunakan dalam aplikasi otomasi industri).

Pada robot modern, aktuator sering kali dikaitkan dengan ilmu mekanika. Dalam mekanika, dipelajari hal-hal mengenai berbagai macam gaya yang terjadi akibat susunan konstruksi, letak pusat gravitasi, dan sifat material. Dengan mempertimbangkan sifat-sifat mekanika, robot akan bergerak dengan stabil dan mengurangi resiko terjatuh. Sensor pada robot modern seringkali berkaitan dengan ilmu elektronika. Dalam ilmu elektronika dipelajari hal-hal yang berkaitan dengan komponen elektronik, sirkuit analog, sirkuit digital, dan juga microcontroller. Sebuah sensor dapat tersusun dari rangkaian analog atau rangkaian digital. Bersamaan dengan meningkatnya teknologi komputer dan elektronika maka meningkat pula pengembangan sensor yang dapat difabrikasi dengan ukuran mini.

C. SEJARAH PERKEMBANGAN ROBOT

Dari definisi robot sebelumnya dapat diidentifikasi perkembangan robot secara umum, berdasarkan literatur dalam Budiharto (2014), Hitomi, K. (1996)., Hannam, R. (1997) seperti berikut:

Tabel 1. Sejarah Perkembangan Robot

Tahun	Deskripsi
Sekitar 270 BC	Bangsa Yunani Kuno yang membuat patung yang dapat dipindah-pindahkan. Ctesibius, seorang insinyur Yunani membuat organ dan jam air dengan komponen yang dapat dipindahkan.
1136-1206	Ilmuwan Al-Jazari menciptakan robot humanoid yang berfungsi sebagai 4 musisi (Robot humanoid pertama)
1770	Pierre Jaquet Droz, seorang pembuat jam membuat 3 boneka mekanis, masing-masing dengan fungsi spesifik menulis, memainkan musik dan menggambar.
1796	Boneka penguang teh dari Jepang bernama 'Karakuri'
1898	Nikola Tesla membuat sebuah <i>boat</i> yang dikontrol melalui <i>radio remote control</i> .
1951	Komputer Elektronik pertama (<i>Commercial Digital Computer-UNIVAC, USA</i>)
1959	<i>Polar-Coordinate Robot</i> (Unimation Co., USA)
1962	<i>Coordinate Robot</i> (AMF Co, USA)
1970	Victor Scheinman mendesain lengan standar robot, IMS – <i>Welding line by Robots</i> (General Motor Co., USA)
2000	Honda memamerkan robot humanoid 'ASIMO', Sony dengan robot anjing 'AIBO'
2011	Service robot untuk restoran berhasil dibuat di Indonesia
2013	<i>Robot Humanoid Soccer</i> dan Intelligent Telepresence Robot diciptakan di Binus University

Robot pertama ada berkisar pada tahun 1960, yang pada waktu itu masih belum banyak diadopsi dan masih lambat pertumbuhan penggunaannya, dikarenakan keterbatasan dalam hal akurasi, kecepatan,

kemampuan kapasitas dan biaya saat tidak sepenuhnya digunakan. Namun, tahun 1954, G. C. Devol di Amerika mengembangkan sebuah robot industri (*repetitive playback manipulator*) yang dipatenkan. Sejak pengenalan dan paten tersebut robot industri berkembang dengan baik dalam industri. Tahun 1959, *Polar-coordinate robot* (Unimation Co., USA). Tahun 1962, *Coordinate robot* (AMF Co., USA) dan Pada pertengahan tahun 1970 penggunaan robot menjadi berkembang, penggunaannya pada area pengelasan (Welding) pada lini perakitan mobil (*welding Line by robots* - General Motor Co., USA). Pada tahun 1980 terlihat peningkatan penggunaannya pada proses lini cell terotomasi, disini robot menjadi peralatan pengintegrasikan dalam sebuah sistem manufaktur.

Saat ini robot dilengkapi dengan peralatan sensor, dengan kemampuan dalam hal visual-penglihatan/pencitraan gambar (mengenal pola), *Artificial Intelligence* (AI), Respon suara, sensor gerak, dan sebagainya. Robot dalam industri memiliki peran secara fisik dan secara mekanik menghubungkan mesin dan peralatan, *conveyor* dan elemen lainnya menjadi sebuah sistem manufaktur yang terintegrasi.

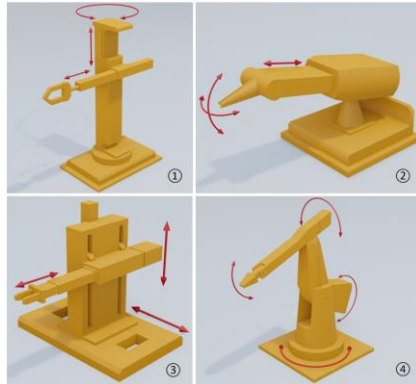
D. JENIS-JENIS ROBOT

Jenis-jenis robot dapat dilihat dari bentuknya. Ada beberapa jenis robot yang umum dikenal, diantaranya adalah: (1). *Humanoid*: Jenis robot yang memiliki bentuk seperti manusia. (2). *Fixed Robot*: Robot yang tidak dapat berpindah, biasanya dapat kita jumpai di industri manufaktur. (3). *Mobile robot*: Robot yang dapat berpindah secara dinamis karena memiliki roda atau kaki. (4). *Bug robot*: Robot yang bentuknya mirip dengan binatang. (5). *Combination*: Robot dengan bentuk gabungan dari keempat robot sebelumnya¹.

Tipe robot industri didesain berdasarkan bentuk dan ukuran yang bervariasi. Robot industri bisa diklasifikasikan ke dalam beberapa karakteristik fitur. Berikut pertimbangan fiturnya: (1) berdasarkan bentuk fisik geometri dari lengan manipulator dan unit base, serta tingkat derajat bebas (DoF)-nya yang bergerak di sepanjang aksis yang berbeda. (2) kompleksitas dari jalur yang bisa digerakkan oleh manipulator (3) tipe sumber tenaga yang digunakan oleh manipulator (baik hidrolik, pneumatik, elektrik dan sebagainya) (4) Teknik dan sistem yang digunakan untuk

mengontrol gerakan manipulator (servo dan non-servo) (5) Bentuk peletakan robot apakah fix atau dapat berpindah (*mobile*).

Untuk robot industri berdasarkan konfigurasi mekanik, ada 4 (empat) tipe dasar dari robot industri seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tipe Dasar Robot Industri.

Konfigurasi Robot: (1) Konfigurasi silindris (*Cylindrical configuration*), (2) Konfigurasi Polar (*Polar Configuration*), (3) Konfigurasi Kartesian (*Cartesian configuration*), dan (4) Konfigurasi Multi-Join (*Multiple-Join configuration*)

Pada gambar (1) Konfigurasi silindris (*Cylindrical configuration*). Robot ini memiliki bentuk badan (kolom) sebagai base yang dapat berputar pada axis vertikal dan memiliki lengan (arm) yang bergerak naik turun. Konfigurasi *cylindrical* terdiri dari satu *joint revolute* dan dua linier joint yang disingkat dengan RPP. Konfigurasi ini terdiri dari 3 DoF segmen. Bentuk lain yang masih berkaitan dengan konfigurasi *Cylindrical* adalah robot *Selective Compliance Assembly/Articulated Robot Arm* (SCARA) mencakup dua sambungan putar paralel untuk memberikan kepatuhan di pesawat. Artinya, lengan fleksibel pada sumbu XY, tetapi kaku pada sumbu Z. Robot ini biasanya digunakan dalam operasi perakitan. (2) Konfigurasi Polar (*Polar Configuration*). Robot ini memiliki bentuk badan (kolom) sebagai base yang memiliki lengan dengan pivot gerakan tegak (vertikal), dengan ujung pivot yang salah satunya berputar secara horizontal atau vertikal atau kombinasi dari keduanya. (3) Konfigurasi Kartesian (*Cartesian configuration*). Robot ini memiliki base, badan (kolom) yang bergerak secara horizontal, memiliki lengan dengan gerakan tegak (vertikal), dan

dengan ujung lengan yang dapat bergerak secara horizontal. (4) Konfigurasi Multi-Join (*Multiple-Join configuration*). Robot ini memiliki base, badan (kolom) dan lengan fleksibel yang dapat bergerak (berputar) relatif dari titik pivot engselnya.

Lengan robot menempel pada badan (kolom) yang dapat bergerak dan memposisikan pada posisi dasar tertentu. Dalam 4 bentuk konfigurasi robot tersebut, ujung lengan (*arm*) biasanya memiliki berbagai bentuk tangan (*griper*), contoh bisa berbentuk Nozzle, pencekam, penitik, penghisap, alat dst. Sistem dan aplikasi robot industri lebih lanjut berdasarkan tingkat kemampuan berinteraksi dengan pekerja dapat dibagi ke dalam bentuk (1) Robot kolaboratif dan (2) Non-kolaboratif. Jenis robot industri yang relatif baru adalah robot bergerak, yang dapat bernavigasi di seluruh tempat kerja (*industrial mobile robot*).

Aplikasi robot industri kolaboratif, adalah yang dirancang untuk interaksi langsung dengan pekerja. Meskipun ditemukan definisi lain yang mendefinisikan aplikasi robot yang berinteraksi dengan robot lain sebagai kolaboratif, definisi kolaboratif yang dimaksud adalah yang membutuhkan interaksi langsung dengan pekerja. Aplikasi dimana robot berinteraksi dengan robot lain termasuk dalam kelompok aplikasi robot industri non-kolaboratif.

Aplikasi robot industri non-kolaboratif mencakup semua jenis dan struktur robot lain yang digunakan dalam industri. Robot tersebut dirancang tanpa perlu interaksi langsung dengan pekerja dan biasanya dipisahkan dari pekerja melalui perlindungan mesin tradisional. Untuk *Industrial Mobile Robots* (IMRs) robot ini dapat bersifat kolaboratif atau non-kolaboratif. IMR dapat bernavigasi secara mandiri dalam lingkungan operasinya untuk mencapai lokasi tertentu, dan dirancang untuk mengotomatiskan tugas transportasi. Mereka terintegrasi dengan teknologi lain yang mengidentifikasi rintangan yang dapat menghalangi lintasannya, dan dapat menggunakan penghindaran rintangan dan/atau penghindaran tabrakan untuk mencegah kemungkinan dampak. Berbeda dengan truk industri, IMR tidak ditujukan untuk pengemudi yang duduk atau berdiri dan tidak mengangkut pengemudi atau penumpang. Sistem robot industri dapat dipasang ke IMR, memungkinkan sistem robot berbasis manipulator yang mobile dan mampu berpindah dari satu aplikasi

(atau penggunaan) ke yang lain. IMR dapat digunakan sebagai unit tunggal atau dalam armada IMR.

E. ELEMEN DALAM SISTEM ROBOT INDUSTRI

Sistem robot terdiri dari beberapa elemen perangkat keras (*Hardware*) dan perangkat lunak (*Software*). Elemen-elemen tersebut terdiri dari komponen mekanik yang memungkinkan gerakan secara fisik robot dan menjalankan berbagai pekerjaan. Komponen mekanik ini meliputi:

1. Komponen manipulator robot

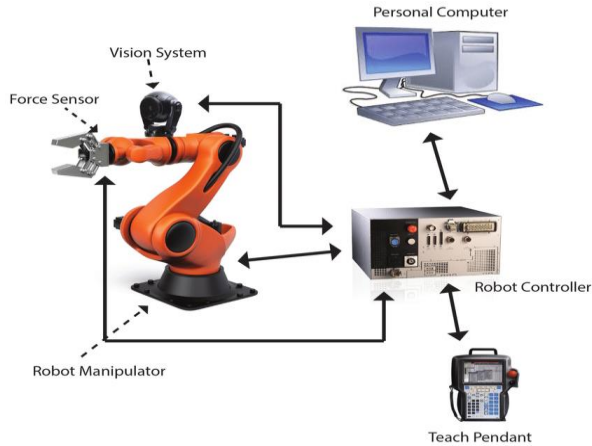
Dalam komponen manipulator robot biasanya terdiri dari (a) Sebuah manipulator (*base* dan lengan perakitan) (b) Peralatan di ujung lengan, seperti penjepit dan *effector* serta papan kontrol (*teach pendant*) (c) Aktuator (motor listrik atau penggerak yang menggerakkan sambungan pada robot) dan peralatan sejenis (d) Elemen transmisi seperti sabuk, pulley, ulir, gear dan komponen mekanik lainnya.

Sistem penggerak robot: Lengan (*linkage*) dan sambungan mekanik pada robot digerakkan oleh aktuator yang bisa berupa macam-macam tipe dari motor atau katup. Penggerak aktuator digerakkan dengan sumber tenaga seperti elektrik, hidrolik atau pneumatik, atau untuk secara khusus dan spesifik bisa menggunakan teknologi khusus. Pergerakan robot bisa dikendalikan dengan kombinasi dari perangkat lunak dan perangkat keras yang diprogram oleh pengguna.

2. Sistem kontrol/pengendali

Sistem kontrol digunakan untuk menghasilkan sinyal yang dibutuhkan untuk menjalankan pergerakan robot. Sistem kontrol tersebut meliputi: (a) Sumber tenaga: energi dibutuhkan untuk menggerakkan berbagai macam sensor, aktuator, pengendali elektrik, pneumatik atau hidrolik. Sumber tenaga tersebut biasanya sumber tenaga listrik *Alternating Current* (AC) atau *Direct Current* (DC). (b) Pengendali mekanik, hidrolik, pneumatik, elektrik atau elektronik baik dengan pengendali terbuka atau tertutup (c) Sensor termasuk kamera, penguat, dan perangkat keras lainnya: sensor digunakan pada robot untuk mendeteksi lingkungan sekitar. Tipe sensor termasuk: (1) sensor kontak, Sensor cahaya, sensor optik, sensor

ultrasonik, sensor proximity, tilt sensors, sensor navigasi, sensor gerakan, sensor pengukur jarak, dst. (d) Peralatan interface/casing.



Gambar 2. Elemen dalam sistem robot.

Sumber: Moulianitis, Vassilis & Aspragathos, Nikos. (2015)

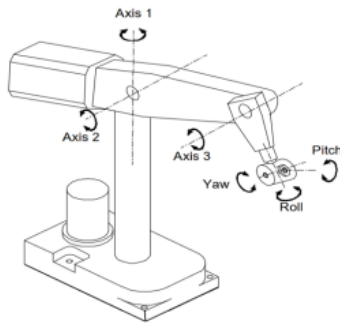
Sistem pengendali robot: Ada 2 (dua) jenis *tipe pengendalian robot* yaitu (1) Titik ke titik (*pick and place*) - Robot dengan operasi pengendali non-servo dan (2) Jalur kontinyu - robot dengan operasi pengendali servo. Bentuk dasar pengendalian sistem gerak robot tipe pertama digunakan untuk pekerjaan bongkar muat sederhana atau untuk operasi memindahkan dari satu titik posisi ke titik posisi lainnya dalam jangkauan ruang atau berbeda dengan titik henti yang banyak. Tipe kedua untuk gerakan dengan alur tertentu dalam bidang 2 (dua) dimensi atau 3 (tiga) dimensi, seperti jalur las atau operasi penyemprotan pada bidang. Dalam pengendalian robot titik ke titik tidak menggunakan pengendalian servo posisi. Pengendalian pergerakan robot untuk bergerak ke posisi ditentukan dengan jalur trip yang dipasang, switch atau stop. Biasanya digunakan untuk pekerjaan repetitive yang sederhana.

3. Sistem komputer

Sistem komputer menyediakan kemampuan pemrosesan data yang dibutuhkan, untuk menginterpolasi pengendalian dan posisi pergerakan dari sambungan (link/joint) atau lengan robot. Dalam sistem komputer termasuk (a) Microprocessor atau *programmable logic control* (PLC) atau *Personal Computer* (PC) (b) *Interface* pengguna seperti monitor, keyboard, papa pengendali (teach pendant) (c) *Software* pengendali untuk memanipulasi robot untuk berbagai penggunaan/aplikasi.

Fungsi utama dari manipulator adalah untuk memposisikan lengan robot sehingga bisa menjalankan pekerjaan yang ditujukan. Hal tersebut membutuhkan pengendalian yang presisi dan kompleks untuk gerakannya. Gerakan tersebut dilakukan oleh elemen mekanik seperti unit base (dudukan), sambungan (*joint*) dan lengan (arm) dan ujung lengan/efektor. Untuk menjalankan pekerjaan seperti menggenggam, mendorong, menempelkan objek diperlukan bagian ujung sebagai alat peng genggam dan penempel atau pendorong seperti penjepit, atau peralatan spesifik. Hal tersebut perlu dikontrol/dikendalikan.

Kemampuan robot untuk bergerak biasanya ditunjukkan dengan jumlah dari Derajat bebas robot (*Degree of Freedom/DoF*) yang dimiliki oleh sebuah robot. Jumlah aksis yang dimiliki robot menggambarkan kemampuan gerak yang dimiliki sebuah robot. Jumlah aksis menunjukkan gerakan yang bisa dilakukan baik itu secara linier atau rotasi. Enam aksis koordinat atau enam parameter geometrik dibutuhkan untuk secara utuh mencapai lokasi dan orientasi dari sebuah objek. Tiga koordinat bisa menempatkan pada pusat gravitasi obyek contoh sumbu x, y, dan z, dalam sistem koordinat rectangular. Tiga aksis selebihnya untuk menentukan arah orientasinya seperti sudut rotasi dari roll, pitch dan yaw, lihat gambar 3.



Roll : pergerakan rotasi / ayunan pada bidang datar tegak lurus terhadap ujung lengan

Pitch : pergerakan rotasi atau menekuk pada bidang datar secara vertikal terhadap lengan

Yaw : pergerakan rotasi atau puntiran pada bidang datar secara horizontal terhadap lengan

Gambar 3. Pergerakan pada ujung lengan robot

F. APLIKASI ROBOT DALAM INDUSTRI

Penggunaan robot dalam industri biasanya digunakan untuk beberapa pekerjaan seperti: pergerakan material di lantai produksi, bongkar-muat (*Loading-unloading*) komponen dalam mesin-mesin, inspeksi dengan sensor penglihatan (*Vision*), dan operasi manufaktur seperti pengecatan, pengelasan, penempatan komponen, sortir, perakitan otomatis, dan sebagainya. Robot industri juga digunakan untuk pekerjaan yang menggantikan orang/operator-pekerja dalam berbagai jenis industri dalam area sistem manufaktur, yang memiliki tugas berat, berbahaya, kotor, atau pekerjaan sederhana seperti pengelasan, peleburan logam, mesin injeksi, penempaan (*Forging*), Umpan mesin press, penyemprotan cat, pemindahan, pemuatan dan pembongkaran barang, perakitan dan sebagainya. Khusus penggunaan dalam pengecatan tidak begitu diperlukan akurasi dan kecepatan, beberapa kebutuhan penggunaan robot dalam pengecatan berat dari kepala/*nozzle paint* kecil dan robot digunakan secara terus menerus di lingkungan yang tidak nyaman untuk manusia.

Robot industri biasanya terdiri dari lengan yang terdiri dari 3 (tiga) hingga 6 (enam) derajat bebas dan pergelangan dengan 3 (tiga) derajat bebas. Derajat bebas ini untuk secara khusus atau aplikasi yang terbatas jumlah derajat bebasnya bisa lebih atau kurang dari 3-6 derajat bebas. Robot diklasifikasikan menjadi: (1) *Robot Fix* atau robot urutan variabel (*Fixed or Variable Sequence*) – bergerak berdasarkan jalur tertentu, urutan

dan kondisi yang telah diprediksi. (2) *Playback robot* – menemukan jalur, urutan, dan kondisi yang diajarkan/ditanamkan sebelumnya. (3) NC Robot – bekerja dengan mengikuti instruksi digital yang telah diprogramkan. (4) Sistem robot (*Robot System*) – grup robot yang menjalankan produksi secara efisien tanpa campur tangan orang.

Dalam sistem robot industri biasanya robot terintegrasi dengan peralatan tambahan seperti conveyor, elevator, stasiun kerja (meja kerja dengan penjepit manual atau otomatis), peralatan proses (pengelasan, pemotongan, perakitan, pengecatan, inspeksi, dsb.) dan mesin lainnya dalam rantai produksi. Alasan penggunaan robot dalam industri, Berikut beberapa hal yang menjadi alasannya: (a) Robot bisa membangun dengan kemampuan performansi yang melebihi manusia, dalam aspek kekuatan, ukuran, kecepatan, akurasi dan kejenuhan kerja. (b) Robot mampu menjalankan pekerjaan sederhana dan berulang dengan tingkat kualitas dan konsistensi yang lebih baik dibandingkan manusia, (c) Robot bisa menggantikan pekerjaan manusia untuk hal yang susah dan berbahaya karena faktor berat, ukuran, capaian, presisi dan pengaruh lingkungan (panas, tekanan, debu, uap kimia, radiasi nuklir dan polusi), (d) Robot tidak memiliki batasan atribut negatif yang dialami manusia sebagai pekerja seperti kelelahan, kebutuhan istirahat, fokus perhatian, ketidakhadiran, kebutuhan refreshing dan sebagainya. (e) Robot bisa menjalankan pekerjaan dimana operator manusia tidak suka melakukannya karena pertimbangan tidak berbakat/kompetensi, tidak memahami, dibayar murah atau kondisi kerja yang tidak mendukung. (f) Robot bisa berbiaya rendah karena mereduksi penggunaan material, karena tingkat efisiensi dan konsistensinya. (g) Robot bisa menjadi lebih ekonomis, dilihat dari aspek biaya kerja jika kebutuhan meningkat, (h) Robot menjadi fleksibel dibandingkan dengan *hard automation*, karena bisa di konfigurasi ulang dan diprogram ulang.

G. DESAIN DAN PENGEMBANGAN ROBOT

Desain robot adalah proses merancang robot dengan mempertimbangkan fungsi, kinerja, dan estetika robot. Pengembangan robot adalah proses merancang dan membangun robot dengan menggunakan teknologi dan ilmu pengetahuan yang diperlukan. Berikut

ini adalah langkah-langkah desain dan pengembangan robot: Pertama (1) Tahap Perencanaan Tahap perencanaan adalah awal dari pengembangan robot. Pada tahap ini, dilakukan penentuan tujuan pengembangan robot dan spesifikasi yang diperlukan. Tujuan tersebut dapat berupa peningkatan produktivitas, pengurangan biaya produksi, atau memecahkan masalah tertentu. Selain itu, spesifikasi yang dibutuhkan seperti kecepatan, kapasitas beban, kemampuan sensor, dan lain-lain juga harus ditentukan pada tahap ini.

Kedua (2) Tahap Desain Tahap desain adalah tahap untuk merancang robot berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Desain robot mencakup desain mekanik dan desain elektronik. Desain mekanik meliputi desain bingkai, aktuator, dan elemen mekanik lainnya yang diperlukan untuk membuat robot bergerak dan bekerja sesuai dengan tujuannya. Sedangkan desain elektronik mencakup desain sirkuit elektronik, sensor, dan kontroler yang dibutuhkan untuk mengontrol robot. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam desain robot: a) Identifikasi Kebutuhan dan Fungsi Robot. Tahap awal dalam desain robot adalah mengidentifikasi kebutuhan dan fungsi robot. Hal ini penting karena akan menentukan bentuk, ukuran, dan kemampuan robot yang dibutuhkan. Identifikasi kebutuhan dan fungsi dapat dilakukan dengan melakukan analisis tugas yang akan dikerjakan oleh robot dan mempertimbangkan lingkungan kerja robot. b) Rancangan Konsep robot. Setelah kebutuhan dan fungsi robot teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah merancang konsep robot. Pada tahap ini, ide dan konsep robot dibuat dalam bentuk sketsa atau gambaran kasar. Hal ini membantu untuk memvisualisasikan bentuk dan kemampuan robot secara lebih jelas. c) Membuat Model Virtual Robot. Setelah konsep robot dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat model virtual. Model virtual dibuat menggunakan perangkat lunak desain 3D yang memungkinkan rancangan robot diproyeksikan ke dalam tiga dimensi. Pada tahap ini, juga dilakukan simulasi untuk memastikan bahwa robot bekerja sesuai dengan harapan. d) Pembuatan *Prototype*. Setelah model virtual selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah membuat *prototype* robot. *Prototype* robot dibuat untuk menguji apakah desain robot sudah benar atau tidak. Dalam pembuatan *prototype*, digunakan bahan-bahan yang mudah diubah bentuknya, seperti plastik atau kayu. e) Evaluasi dan

Perbaikan. Setelah *prototype* robot dibuat, tahap evaluasi dan perbaikan dilakukan. Hasil evaluasi dan pengujian prototipe robot digunakan untuk mengevaluasi kinerja robot dan melakukan perbaikan pada desain yang masih kurang optimal. f) Implementasi Desain. Setelah desain robot dianggap sudah optimal, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan desain pada robot yang sebenarnya. Pada tahap ini, desain robot dikonversi menjadi format yang dapat dibaca oleh mesin CNC (*Computer Numerical Control*), untuk selanjutnya diproduksi.

Ketiga (3) Tahap Pembuatan Setelah desain selesai dibuat, tahap pembuatan dimulai. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan komponen mekanik dan elektronik yang dibutuhkan untuk membangun robot. Komponen ini kemudian dirakit untuk membentuk robot yang lengkap. Keempat (4) Tahap Pemrograman Setelah robot selesai dibuat, dilakukan tahap pemrograman. Pemrograman dilakukan untuk mengontrol gerakan robot dan menghasilkan tindakan yang sesuai dengan tujuan robot. Pada tahap ini, dilakukan juga pengujian untuk memastikan bahwa robot berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan. Kelima (5) Tahap Pengujian dan Evaluasi Tahap pengujian dan evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa robot dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuannya. Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap performa robot dalam berbagai kondisi, seperti kondisi lingkungan yang berbeda, tugas yang berbeda, dan lain-lain. Hasil pengujian kemudian dievaluasi dan digunakan untuk melakukan perbaikan jika diperlukan. Keenam (6) Tahap Penggunaan dan Pemeliharaan Setelah robot selesai dikembangkan, robot dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang sesuai dengan tujuannya. Pada tahap ini, penting untuk melakukan pemeliharaan robot secara rutin untuk memastikan robot tetap berfungsi dengan baik dan awet.

Secara singkat, desain robot melibatkan tahap identifikasi kebutuhan dan fungsi, rancang konsep, buat model virtual, pembuatan *prototype*, evaluasi dan perbaikan, serta implementasi desain. Pengembangan robot melibatkan tahap perencanaan, desain, pembuatan, pemrograman, pengujian, evaluasi, penggunaan, dan pemeliharaan. Tahap-tahap tersebut harus dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa robot dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuannya.

H. PEMROGRAMAN ROBOT

Untuk memprogram robot ada beberapa pendekatan yang bisa digunakan, secara umum beberapa metode tersebut yaitu: (1) Dengan Panduan (*Guided*): metode ini biasa dikenal dengan “*Walk through*” atau “*Playback*”. Metode ini melibatkan manipulasi lengan robot sehingga bisa berpindah/bergerak secara manual mengikuti gerakan yang diinginkan, sementara jalur pergerakan sedang di rekam oleh sistem pengendali. Metode ini adalah teknik paling sederhana dan tidak mengharuskan operator untuk menulis kode program apa pun, tetapi terbatas pada gerakan yang relatif singkat dan sederhana. Dengan metode ini, operator secara fisik memandu robot melalui gerakannya. “Program” gerak robot yang tersimpan kemudian dapat diputar ulang, selama kinerja tugas aktual berlangsung dan dimungkinkan juga untuk mengedit program untuk mengoptimalkannya. (2) Papan kontrol (*teach pendant*): metode ini juga dikenal sebagai metode “*lead through*”. Metode ini menggunakan panel kontrol, yang disebut “*teach pendant*”, yang memiliki tombol atau saklar yang mengontrol gerakan robot. Operator atau pemrogram dapat menggerakkan manipulator melalui tugas satu langkah pada satu waktu, mencatat setiap langkah tambahan di sepanjang jalan. Hanya titik utama di jalur pergerakan robot yang dicatat sehingga titik perantara harus diinterpolasi atau dihitung oleh sistem kontrol. Sistem kontrol kemudian menghasilkan program untuk jalur lengkap robot. Seperti metode *walk through*, teknik ini tidak memerlukan penulisan kode, tetapi dapat digunakan untuk tugas yang lebih kompleks dan tepat. Ini sering digunakan untuk mengembangkan aplikasi atau pelatihan. (3) Pemrograman *offline*: Ini adalah metode pemrograman robot yang paling umum di mana bahasa tingkat tinggi digunakan untuk menulis program kontrol. Program ini menjelaskan semua gerakan dan tindakan dari setiap tautan robot. Program mungkin melibatkan banyak langkah, membutuhkan sejumlah besar baris kode program. Selain itu, banyak perhitungan biasanya dikaitkan dengan translasi dan pembuatan jalur gerak. Metode kontrol ini adalah yang paling fleksibel dan juga memungkinkan robot merespons sinyal dari sensor eksternal untuk memodifikasi gerakannya. (4) Pemrograman *online*: Variasi dari metode pemrograman di atas adalah pemrograman online. Hal ini membutuhkan

ketersediaan robot, tetapi juga memberikan kemampuan bagi pemrogram untuk melihat gerakan robot yang benar-benar menjalankan program saat sedang dikembangkan. Dalam kebanyakan kasus, pendekatan ini digunakan baik sebagai pengganti untuk pengajaran atau untuk men-debug program yang telah ditulis secara *off-line*.

Pemrograman robot adalah proses menginstruksikan robot untuk melakukan tugas-tugas tertentu dengan menggunakan bahasa pemrograman tertentu. Berikut ini adalah penjelasan secara terperinci dan sistematis tentang pemrograman robot: (1) Mengidentifikasi Kebutuhan Tugas. (2) Memilih Bahasa Pemrograman yang Sesuai. Bahasa pemrograman yang paling umum digunakan pada robot adalah Bahasa pemrograman C++, Java, Python, dan *Robot Operating System* (ROS). Pemilihan bahasa pemrograman tergantung pada jenis robot, lingkungan kerja, dan tujuan dari pemrograman robot. (3) Membuat Algoritma. Algoritma adalah serangkaian instruksi yang harus diikuti oleh robot untuk menyelesaikan tugas yang diberikan. Algoritma harus dirancang secara sistematis dan jelas agar robot dapat mengeksekusinya dengan benar. (4) Mempelajari API Robot API (*Application Programming Interface*) adalah antarmuka perangkat lunak yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan robot. (5) Menulis Kode Program. Kode pemrograman yang ditulis harus mengikuti algoritma yang telah dibuat sebelumnya serta kode program dapat ditulis menggunakan teks editor atau *Integrated Development Environment* (IDE). Pada tahap ini, juga dilakukan pengaturan dan konfigurasi perangkat keras robot. Program robot dibuat dengan mengatur urutan perintah yang harus dilakukan oleh robot untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu. Pada tahap ini, diperlukan pemahaman yang baik tentang perangkat keras robot dan kemampuan robot. (6) Menguji Coba dan Melakukan Perbaikan. Pada tahap ini, program dijalankan pada robot untuk memastikan bahwa robot dapat mengeksekusi tugas dengan benar. Pada tahap ini juga dilakukan debug, yaitu mencari dan memperbaiki kesalahan yang terjadi pada program. Jika terdapat kesalahan, maka dilakukan perbaikan pada kode pemrograman. (7) Mengintegrasikan dengan Perangkat Lain. Setelah kode program dianggap sudah benar, langkah selanjutnya adalah mengintegrasikan program dengan perangkat lain yang digunakan dalam tugas robot.

Misalnya, sensor atau kamera yang digunakan untuk mengumpulkan data dan mengirimkan informasi ke robot. (8) Implementasi Program. Program dikirimkan ke robot dan diinstal ke dalam sistem robot. Pada tahap ini, juga dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa program dapat berjalan dengan baik pada robot. Setelah program dianggap sudah optimal, robot dijalankan untuk menyelesaikan tugas yang diberikan. (9) Evaluasi dan Perbaikan. Evaluasi dilakukan untuk memastikan bahwa robot dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan awal. Jika ada masalah atau ketidaksempurnaan, maka perbaikan dilakukan pada program untuk memperbaiki kinerja robot.

Pemrograman robot adalah proses menulis kode untuk mengendalikan robot agar dapat melakukan tugas tertentu. Secara keseluruhan, pemrograman robot melibatkan tahap identifikasi kebutuhan tugas, pemilihan bahasa pemrograman, pembuatan algoritma, pelajari API robot, penulisan kode program, pengujian dan debugging program, integrasi dengan perangkat lain, implementasi program, serta evaluasi dan perbaikan. Tahap-tahap tersebut harus dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa robot dapat berfungsi, dapat melakukan tugas yang diinginkan dengan baik, dan sesuai dengan tujuannya.

I. CARA KERJA ROBOT

Robot bekerja dengan mengikuti urutan instruksi yang telah diberikan melalui program yang telah diprogram sebelumnya. Robot bekerja dengan cara mengkombinasikan beberapa teknologi seperti sensor, aktuator, motor, dan sistem pemrosesan data. Robot dapat melakukan tugas yang diberikan secara berulang-ulang tanpa kelelahan dan secara konsisten, menjadikan robot sebagai pekerja yang ideal untuk tugas-tugas yang berulang dan berbahaya bagi manusia. Berikut adalah penjelasan tentang bagaimana robot bekerja: (1) Input: Robot menerima input dari berbagai sumber, seperti sensor dan pengontrol, yang memungkinkannya untuk memahami lingkungan sekitarnya dan menentukan tindakan yang diperlukan. Sensor adalah perangkat yang dipasang pada robot untuk mendeteksi lingkungan sekitarnya. Sensor dapat berupa sensor jarak, sensor kelembaban, sensor suhu, sensor cahaya, dan sebagainya. Sensor memberikan informasi tentang lingkungan sekitar robot dan membantu

robot untuk menentukan posisi dan orientasi. (2) Proses: Setelah robot menerima input, program yang telah diprogram sebelumnya akan memproses informasi tersebut dan menentukan tindakan yang harus dilakukan oleh robot. Setelah sensor mengambil data dari lingkungan sekitar, pemrosesan data dilakukan, data tersebut diolah oleh sistem pemrosesan data pada robot. Sistem pemrosesan data menggunakan algoritma untuk menganalisis dan mengolah data dari sensor. Data yang dihasilkan kemudian diubah menjadi instruksi untuk menggerakkan robot. (3) Output: Robot kemudian mengeluarkan output, seperti pergerakan mekanik, pengiriman sinyal, dan output lainnya sesuai dengan program yang telah diprogram sebelumnya. Aktuator adalah perangkat yang mengubah energi listrik menjadi gerakan fisik pada robot. Aktuator dapat berupa motor, servo, dan sebagainya. Aktuator digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian robot seperti lengan, tangan, dan kaki. Motor adalah bagian penting pada robot karena motor digunakan untuk menggerakkan roda atau kaki pada robot. Motor juga digunakan untuk menggerakkan lengan dan tangan robot. Robot biasanya menggunakan motor DC, stepper motor, atau servo motor. (4) Kontrol: Kontrol robot dilakukan oleh berbagai mekanisme, seperti servo motor dan aktuator, yang memungkinkan robot untuk melakukan gerakan dan tindakan yang diperlukan. Kontrol berfungsi untuk memastikan bahwa gerakan robot tepat dan terkoordinasi. Kontrol biasanya menggunakan mikrokontroler atau komputer untuk mengatur gerakan robot. (5) Umpan Balik: Umpan balik dari sensor dan pengontrol memungkinkan robot untuk menyesuaikan tindakannya dengan perubahan dalam lingkungan dan situasi yang berbeda. (6) Energi: Robot memerlukan sumber daya untuk menggerakkan mesin dan menjalankan program yang telah diprogram sebelumnya. Energi dapat diberikan melalui kabel listrik atau baterai yang diganti secara berkala.

Secara keseluruhan, robot bekerja dengan cara menggunakan sensor untuk mendeteksi lingkungan sekitarnya, kemudian sistem pemrosesan data menganalisis data dari sensor dan mengubahnya menjadi instruksi untuk menggerakkan robot. Aktuator dan motor digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian robot seperti lengan, tangan, dan kaki. Kontrol digunakan untuk mengatur gerakan robot. Semua teknologi ini

bekerja secara terintegrasi dan terkoordinasi untuk menjadikan robot dapat melakukan tugas yang diinginkan dengan efektif dan efisien.

J. TEKNOLOGI DALAM ROBOT

Teknologi robot terus berkembang dan mencakup berbagai teknologi canggih untuk memungkinkan robot untuk bekerja secara lebih akurat, cepat, dan efisien. Berikut adalah teknologi robot yang digunakan: (1) Sistem Pemrosesan Data: Sistem pemrosesan data adalah teknologi yang digunakan untuk mengolah data dari sensor dan mengubahnya menjadi instruksi untuk menggerakkan robot. Sistem pemrosesan data digunakan untuk menganalisis dan mengolah data dari sensor sehingga robot dapat mengambil tindakan yang sesuai. Sistem pemrosesan data biasanya menggunakan mikrokontroler atau komputer. (2) *Artificial Intelligence* (AI): AI memungkinkan robot untuk melakukan tugas yang kompleks dan mampu beradaptasi dengan lingkungan yang berubah. (3) *Machine Learning* (ML): Robot dapat mengumpulkan data dari lingkungan sekitarnya, menganalisisnya, dan membuat keputusan berdasarkan data tersebut. ML juga memungkinkan robot untuk memprediksi hasil berdasarkan data yang ada. (4) *Computer Vision*: Teknologi ini memungkinkan robot untuk bekerja lebih presisi dan cepat. (5) *Robot Operating System* (ROS): ROS adalah sistem operasi yang dirancang khusus untuk robot. ROS menyediakan lingkungan untuk mengembangkan dan menjalankan aplikasi robot. ROS memungkinkan robot untuk melakukan tugas yang lebih kompleks dan bekerja lebih efisien. (6) Sensor: Sensor digunakan untuk mendeteksi lingkungan sekitar dan memberikan informasi tentang lingkungan kepada robot. Sensor dapat berupa sensor jarak, sensor suhu, sensor cahaya, sensor suara, dan sebagainya. Sensor membantu robot dalam navigasi, deteksi objek, dan deteksi lingkungan sekitar. (7) Aktuator: Aktuator adalah teknologi yang digunakan untuk menggerakkan bagian-bagian robot seperti lengan, tangan, dan kaki. Aktuator mengubah energi listrik menjadi gerakan fisik pada robot. Aktuator dapat berupa motor, servo, dan sebagainya. Motor juga digunakan untuk menggerakkan lengan dan tangan robot. Robot biasanya menggunakan motor DC, stepper motor, atau servo motor. (8) *Internet of Things* (IoT): IoT adalah teknologi yang memungkinkan robot untuk

terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan perangkat lainnya. IoT memungkinkan robot untuk menerima instruksi dari perangkat lain dan memperbarui status tugas yang sedang dikerjakan melalui koneksi jaringan. Koneksi jaringan memungkinkan robot untuk diakses dan dikontrol dari jarak jauh. (9) *Human-Robot Interaction (HRI): Human-Robot Interaction* adalah teknologi yang memungkinkan robot untuk berinteraksi dengan manusia secara alami dan efektif. Teknologi HRI memungkinkan robot untuk mengenali suara, gerakan, dan ekspresi wajah manusia, dan merespons dengan cara yang sesuai dan sopan.

Kesimpulannya teknologi robot mencakup berbagai teknologi canggih seperti AI, ML, computer vision, ROS, sensor, aktuator, dan IoT. Teknologi ini memungkinkan robot untuk belajar, memperbaiki diri sendiri, bekerja lebih presisi, dan melakukan tugas yang lebih kompleks. Semua teknologi ini bekerja secara terintegrasi dan terkoordinasi untuk menjadikan robot dapat melakukan tugas yang diinginkan dengan efektif dan efisien. Dalam waktu dekat, teknologi robot diprediksi akan terus berkembang dan memberikan dampak positif pada berbagai sektor industri dan kehidupan manusia.

K. DAMPAK ROBOT PADA MASYARAKAT DAN EKONOMI.

Penggunaan robot telah membawa dampak yang signifikan pada masyarakat dan ekonomi. Dampak yang signifikan penggunaan robot terlihat dalam aspek berikut: (1) Peningkatan kreativitas dan inovasi. Robot dapat membantu manusia dalam menciptakan solusi baru dan mengembangkan inovasi. Robot dapat melakukan perhitungan dan analisis data yang kompleks serta memberikan solusi yang efektif dan efisien. (2) Perubahan struktur pasar/ekonomi. Penggunaan robot dapat mengubah struktur pasar dan persaingan antar perusahaan. Perusahaan yang menggunakan robot dan teknologi canggih dapat memiliki keunggulan kompetitif dibandingkan dengan perusahaan yang masih mengandalkan tenaga kerja manusia. Hal ini dapat menghasilkan pergeseran dalam persaingan pasar dan mengubah dinamika industri. Selain itu penggunaan robot juga dapat mengubah struktur ekonomi karena dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya

produksi. Hal ini dapat membawa dampak pada sektor ekonomi dan berpotensi mengubah sistem perdagangan global.

Berikut ini dijabarkan beberapa dampak positif dan negatif dari penggunaan robot. Dampak Positif: (1) Meningkatkan produktivitas dan efisiensi: Dengan robot, proses produksi dapat dilakukan dengan lebih cepat, serta mengurangi kesalahan manusia. Robot memungkinkan perusahaan untuk menghasilkan lebih banyak barang dengan biaya yang lebih rendah. Robot dapat melakukan tugas-tugas yang berulang dengan lebih cepat dan akurat. Robot dapat bekerja selama 24 jam non-stop tanpa kelelahan dan mampu menyelesaikan tugas-tugas yang berulang dengan konsistensi yang tinggi. Robot dapat bekerja tanpa henti, tidak perlu cuti, tidak memerlukan gaji atau tunjangan, dan memiliki umur pakai yang lebih lama daripada pekerja manusia. (2) Penurunan biaya produksi: Dengan penggunaan robot, biaya produksi dapat ditekan karena robot dapat bekerja lebih cepat dan lebih efisien daripada manusia. (3) Mengurangi risiko kecelakaan kerja: Robot dapat melakukan tugas-tugas berbahaya dan berat yang berisiko tinggi, sulit atau tidak mungkin dilakukan oleh manusia dengan lebih aman, sehingga mengurangi risiko kecelakaan kerja atau tingkat kecelakaan kerja dapat ditekan dan memperbaiki keselamatan atau mengurangi risiko kecelakaan di tempat kerja. Hal ini dapat meningkatkan kualitas hidup manusia/pekerja di perusahaan tersebut. (4) Peningkatan kualitas hidup: Robot dapat membantu manusia dalam berbagai aktivitas, termasuk dalam pelayanan kesehatan dan perawatan. (5) Meningkatkan kualitas produk: Robot dapat melakukan tugas-tugas yang memerlukan presisi yang tinggi dengan lebih baik dan konsisten, dibandingkan dengan produksi yang dilakukan oleh manusia sehingga meningkatkan kualitas produk. Robot dapat memastikan konsistensi dan akurasi produksi dengan menghilangkan kesalahan manusia yang mungkin terjadi. Dalam industri otomotif, misalnya, robot dapat memasang bagian mobil dengan presisi yang tinggi, memastikan setiap bagian terpasang dengan benar, sehingga meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan. (6) Meningkatkan fleksibilitas: Penggunaan robot memungkinkan perusahaan untuk merespon dengan cepat terhadap perubahan dalam permintaan pasar dan menyesuaikan produksi sesuai dengan kebutuhan pelanggan. (7)

Menciptakan lapangan kerja baru: Meskipun penggunaan robot dapat mengurangi tenaga kerja manusia di sektor-sektor tertentu, penggunaan robot juga menciptakan lapangan kerja baru dalam bidang robotik dan teknologi terkait. Selain itu, meningkatnya efisiensi produksi juga memungkinkan perusahaan untuk memperluas bisnis mereka dan menciptakan lapangan kerja baru.

Dampak Negatif: (1) Pengangguran: Robot dapat menggantikan pekerja manusia, terutama dalam tugas-tugas yang berulang dan berbahaya, sehingga mengurangi kesempatan kerja untuk pekerja manusia dalam beberapa sektor industri. Pekerja manusia mungkin perlu mengembangkan keterampilan baru untuk tetap bersaing dalam pasar kerja yang semakin kompetitif. (2) Menimbulkan ketidaksetaraan (kesenjangan sosial): Penggunaan robot dapat meningkatkan ketidaksetaraan sosial dan ekonomi karena hanya perusahaan besar yang mampu mengakses teknologi robot. Kesenjangan juga terjadi antara orang yang memiliki keterampilan teknologi dan mereka yang tidak memiliki keterampilan tersebut. Kelompok sosial yang kurang terampil mungkin tidak dapat bersaing dengan robot dan tidak memiliki akses ke lapangan kerja baru yang dibuka oleh penggunaan robot. (3) Ketergantungan terhadap teknologi: Ketergantungan pada teknologi robot dapat menyebabkan masalah jika terjadi gangguan teknis atau kegagalan sistem, yang dapat mengganggu produksi dan menyebabkan kerugian besar. (4) Dampak lingkungan: Produksi robot dan baterai yang digunakan dalam robot dapat memiliki dampak lingkungan yang negatif, seperti pencemaran lingkungan dan limbah elektronik.

L. RANGKUMAN MATERI

Teknologi adalah keseluruhan sarana untuk menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia. Teknologi robotika adalah bidang ilmu yang berkaitan dengan pengembangan dan penerapan robot untuk melakukan tugas-tugas tertentu. Robot merupakan mesin yang dapat diprogram untuk melakukan tugas-tugas secara otomatis dan digunakan dalam berbagai bidang kehidupan manusia, seperti industri, kesehatan, militer, dan sebagainya. Teknologi robot secara umum tersusun dari manipulator, sistem

pengendali dan sistem komputer. Desain dan pemrograman robot merupakan bagian penting dalam pengembangan teknologi robot. Desain yang baik dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi robot, sementara pemrograman yang tepat dapat memastikan robot dapat melakukan tugas-tugasnya secara efektif dan efisien. Teknologi robot merupakan teknologi yang berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Robot merupakan mesin yang dapat diatur oleh program dan memiliki kemampuan untuk melakukan tugas-tugas tertentu dengan canggih dan efisien. Pengembangan teknologi robot meliputi desain, pemrograman, dan penggunaan bahan yang inovatif untuk menciptakan mesin yang semakin cerdas dan mampu menggantikan pekerjaan manusia. Teknologi robotika telah membawa banyak dampak pada kehidupan manusia, baik dari segi positif maupun negatif.

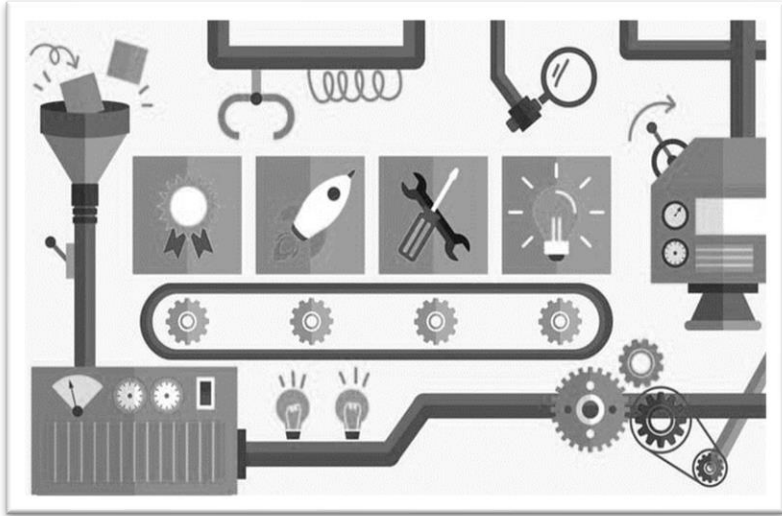
Pada industri, penggunaan robot dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko kecelakaan pada pekerja. Namun, penggunaan robot juga dapat mengurangi jumlah tenaga kerja manusia dan menimbulkan kesenjangan sosial. Penggunaan robot dapat mengurangi kerusakan mesin, mengurangi kesalahan manusia yang pada akhirnya dapat mengurangi biaya produksi secara signifikan dan meningkatkan keuntungan perusahaan, karena robot dapat melakukan tugas-tugas yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Perkembangan teknologi robot telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, seperti meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi risiko kecelakaan dalam industri yang berbahaya, dan membantu manusia dalam pekerjaan rumah tangga dan medis. Namun, penggunaan robot juga memiliki dampak negatif, seperti mengurangi jumlah tenaga kerja manusia dan meningkatkan kesenjangan sosial. Pengembangan teknologi robot terus berlanjut, dan di masa depan, robot diprediksi akan semakin canggih dan memiliki kemampuan yang lebih kompleks. Hal ini memungkinkan penggunaan robot dalam berbagai bidang kehidupan manusia yang lebih luas, seperti di bidang transportasi, ruang angkasa, dan lingkungan. Oleh karena itu, sangat penting bagi manusia untuk terus mengembangkan teknologi robot dengan mempertimbangkan dampak positif dan negatifnya, serta menyesuaikan diri dengan perkembangan teknologi yang semakin maju.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Apa yang dimaksud dengan teknologi robot?
2. Sebutkan beberapa tipe robot yang umum dikembangkan saat ini!
3. Telusurilah perkembangan teknologi robot sejak awal ditemukan hingga teknologi robot terkini!
4. Jelaskan bagaimana robot dikembangkan dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak.
5. Apa yang dimaksud dengan pemrograman robot?
6. Apa saja elemen dari sebuah robot?
7. Apa dampak penggunaan robot pada ekonomi global?
8. Apa saja keuntungan dan kerugian penggunaan robot dalam industri?
9. Bagaimana robot dapat membantu dalam mengatasi permasalahan lingkungan?
10. Apa yang harus dilakukan agar penggunaan robot dapat berdampak positif bagi kehidupan manusia?
11. Jelaskan sejarah dan arti robot, robot industri!
12. Jelaskan teknologi yang digunakan dalam robotika!
13. Jelaskan bidang-bidang aplikasi robotika!
14. Identifikasikan dampak dengan adanya perkembangan teknologi robotika!

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, W. (2014). Robotika Modern, Teori dan Implementasi. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V. (2008). CAD/CAM/CIM, (Third Edition). New Delhi: New Age International (P) Ltd.
- Hitomi, K. (1996). Manufacturing Systems Engineering, A Unified Approach to Manufacturing Technology, Production Management, and Industrial Economics. London: Taylor & Francis.
- Hannam, R. (1997). Computer Integrated Manufacturing: From Concepts to Realization. London: Addison -Wesley.
- Suyadhi, Taufiq D. S. (2013). Robot B.E.A.M (Biology Electronics Aesthetics Mechanics). Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Moulianitis, Vassilis & Aspragathos, Nikos. (2015). IT and Mechatronics in Industrial Robotic Workcell Design and Operation. Researchgate. 10.4018/978-1-4666-5888-2.ch652.
- (2023). OSHA Technical Manual (OTM) Section IV: Chapter 4. Industrial Robot Systems and Industrial Robot System Safety. <https://www.osha.gov/otm/section-4-safety-hazards/chapter-4>
Diakses tanggal 16 Mei 2023.
- (2023). Robotika. <https://id.wikipedia.org/wiki/Robotika>. Diakses tanggal 16 Mei 2023.



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 11: SISTEM TRANSPORTASI DAN DISTRIBUSI

Vera Methalima Afma, S.T., M.T¹ & Dr. Siti Wardah, S.T., M.T²

Universitas Riau Kepulauan¹ & Universitas Islam Indragiri²

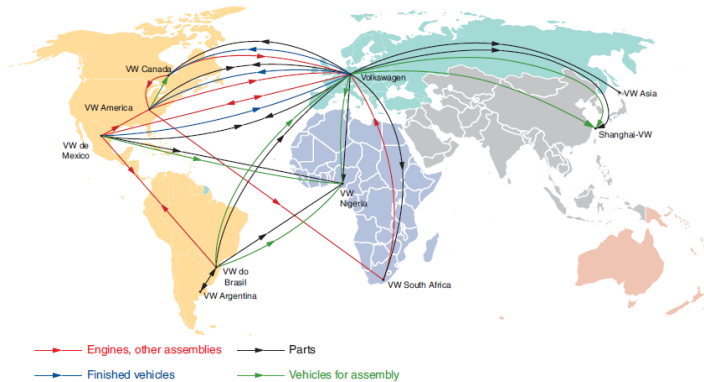
BAB 11

SISTEM TRANSPORTASI DAN DISTRIBUSI

A. DEFINISI MODEL TRANSPORTASI

Model transportasi merupakan salah satu jenis pemrograman linear, dimana secara khusus bertujuan untuk menentukan pola pengiriman yang terbaik dari beberapa titik pemasok (sumber) ke beberapa titik permintaan (tujuan) sehingga dapat meminimumkan total biaya produksi dan transportasi. Setiap perusahaan dengan jaringan titik penawaran dan permintaan menghadapi masalah seperti itu. Jaringan suplai Volkswagen yang kompleks (ditunjukkan pada Gambar 1) memberikan salah satu ilustrasi tersebut. Perhatikan pada Gambar 1, misalnya, VW dari Meksiko mengirimkan kendaraan untuk perakitan dan suku cadang ke VW Nigeria, mengirimkan rakitan ke VW Brasil, dan menerima suku cadang dan rakitan dari kantor pusat di Jerman, selain itu Grafik ini menunjukkan sebagian dari jaringan pasokan VW. Ada 61 tanaman di Eropa, bersama dengan sembilan negara di Amerika, Asia, dan Afrika (Heizer et al., 2017). Meskipun teknik pemrograman linier (LP) dapat digunakan untuk memecahkan jenis masalah ini, lebih efisien, algoritma tujuan khusus telah dikembangkan untuk aplikasi transportasi. Model transportasi menemukan solusi awal yang layak dan kemudian melakukan perbaikan langkah demi langkah hingga solusi optimal tercapai. Beberapa Permasalahan optimalisasi transportasi dapat diselesaikan dengan mengimplementasikan berbagai metode, seperti northwest corner, least cost, stepping stone, dan vogel's approximation (Yuliana et al., 2022).

Untuk lebih meningkatkan pemahaman tentang model sistem transportasi berikut adalah contohnya:



Gambar 1. Volkswagen, Pembuat Mobil Terbesar Ketiga di Dunia, Merasa Menguntungkan untuk Menempatkan Pabriknya di Seluruh Dunia

Sumber: (Heizer et al., 2017)

Tiga pabrik A, B dan C memproduksi tepung kelapa dan berlokasi di berbagai daerah. Pabrik A memproduksi b_1 ton gula per tahun dan B memproduksi b_2 ton gula per tahun dan C memproduksi b_3 ton gula. tepung kelapa tersebut dibutuhkan oleh empat pasar W, X, Y dan Z. Kebutuhan keempat pasar tersebut adalah sebagai berikut: Permintaan tepung kelapa di Pasar W, X, Y dan Z masing-masing adalah d_1 , d_2 , d_3 , dan d_4 ton. Biaya pengangkutan satu ton tepung kelapa dari setiap pabrik ke pasar diberikan dalam matriks di bawah ini. Tujuannya adalah untuk mengangkut tepung kelapa dari pabrik ke pasar dengan total biaya transportasi minimum.

Tabel 1. Model Transportasi

	Markets	Transportation cost per ton in Rs.				Availability in tons
		W	X	Y	Z	
Factories	A	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	b_1
	B	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}	b_2
	C	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}	b_3
Demand in Tons.		d_1	d_2	d_3	d_4	$\Sigma b_j / \Sigma d_j$

Dari data diatas dapat kita tuliskan ke dalam model matematika sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = c_{11} x_{11} + c_{12} x_{12} + c_{13} x_{13} + c_{14} x_{14} + c_{21} x_{21} + c_{22} x_{22} + c_{23} x_{23} + c_{24} x_{24} + c_{31} x_{31} + c_{32} x_{32} + c_{33} x_{33} + c_{34} x_{34}$$

Atau dapat ditulis:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} x_j \text{ dimana } i = 1 \text{ hingga } m, \text{ dan } j = 1 \text{ hingga } n.$$

Fungsi kendala:

1. $a_{11} x_{11} + a_{12} x_{12} + a_{13} x_{13} + a_{14} x_{14} \leq b_1$
2. $a_{21} x_{21} + a_{22} x_{22} + a_{23} x_{23} + a_{24} x_{24} \leq b_2$
3. $a_{11} x_{11} + a_{21} x_{21} + a_{31} x_{31} \geq d_1$
4. $a_{12} x_{12} + a_{22} x_{22} + a_{32} x_{32} \geq d_2$
5. $a_{13} x_{13} + a_{23} x_{23} + a_{33} x_{33} \geq d_3$
6. $a_{14} x_{14} + a_{24} x_{24} + a_{34} x_{34} \geq d_4$
7. untuk semua x_{ij} dan $x_{ji} \geq 0$, dimana $i = 1,2,3$; dan $j = 1,2,3,4$.

Berdasarkan contoh diatas dapat kita lihat terdapat beberapa sifat seperti:

1. Memiliki fungsi tujuan
2. Memiliki fungsi kendala
3. Memiliki kendala *non-negativity*
4. Beberapa variable dan kendala berhubungan linear.

Hal ini menunjukkan bahwa model sistem transportasi merupakan salah satu jenis permasalahan dari pemrograman linear. Namun pada permasalahan transportasi fungsi tujuan pada umumnya adalah minimalisasi. Penyelesaian masalah transportasi pada umumnya dilakukan dengan algoritma transportasi.

B. METODE NORTHWEST-CORNER PADA MASALAH TRANSPORTASI

Dalam permasalahan model transportasi pada Program Linier, ada banyak cara yang dapat digunakan untuk menemukan solusi, salah satunya dengan metode Northwest Corner. Metode ini merupakan

metode untuk menentukan solusi awal yang pengalokasiannya berawal dari pojok kiri atas (Barat Laut/North West) hingga ke pojok kanan bawah (Tenggara/South East). metode Northwest Corner merupakan aplikasi inovatif dan cukup efektif karena memanipulasi baris atau sehingga dapat manipulasi matriks biaya yang terinformasi dan imajinatif (Karagul & Sahin, 2020).

Sebagai contoh, kita coba selesaikan permasalahan yang ditunjukkan seperti pada tabel di bawah ini:

Sebuah perusahaan saat ini beroperasi dengan 3 buah pabrik serta jumlah permintaan dari 3 Kota dengan kapasitas masing-masing sebagai berikut:

Tabel 2. Permintaan vs Kapasitas

Pabrik	Produksi	Kota	Permintaan
X	90 ton	Padang	50 ton
Y	60 ton	Palembang	110 ton
Z	50 ton	Jambi	40 ton
Total	20 ton	Total	200 ton

Perkiraan biaya transportasi (dalam ribuan/ton) dari setiap pabrik ke masing-masing Kota adalah:

Dari pabrik X ke kota Padang = 20

Dari pabrik Y ke kota Padang = 15

Dari pabrik Z ke kota Padang = 25

Dari pabrik X ke kota Palembang = 5

Dari pabrik Y ke kota Palembang = 20

Dari pabrik Z ke kota Palembang = 10

Dari pabrik X ke kota Jambi = 8

Dari pabrik Y ke kota Jambi = 10

Dari pabrik Z ke kota Jambi = 19

Cara penyelesaian dengan metode NWC adalah:

1. Alokasikan dengan kapasitas penuh pada sel kiri atas. Jika masih ada sisa kapasitas, alokasikan pada sel di bawahnya atau di kanannya sedemikian sehingga kapasitas baris atau kolom terpenuhi.

2. Ulangi langkah 1 hingga seluruh kapasitas pada baris atau kolom terpenuhi.

Catatan: Solusi awal matriks transportasi disebut feasible jika jumlah sel terisi adalah $m+n-1$ dimana m =jumlah baris, dan n =jumlah kolom. Jika sel terisi kurang dari $m+n-1$ maka perlu ditambahkan sel dummy dengan alokasi sebanyak 0 pada sel kosong yang memiliki ongkos terkecil.

Tabel 3. Perhitungan NWC

		Padang	Palembang	Jambi	Total
Pabrik	X	20	5	8	90
		50	40		
	Y	15	20	10	60
		60			
	Z	25	10	19	50
			10	40	
	Total	50	110	40	200

1. Cek kelayakan
 - a. Jumlah sel terisi = 5 (sel basis)
 - b. Jumlah Baris $m=3$; Jumlah Kolom $n=3$;
 - c. $m+n-1 = 3+3-1=5$;
 - d. Solusi awal tersebut feasible (layak) karena jumlah sel terisi = $m+n-1$
2. Total cost (Tabel 1) o Total Cost = $(50 \times 20) + (40 \times 5) + (60 \times 20) + (10 \times 10) + (40 \times 19) = 3260$

C. METODE LEAST-COST PADA MASALAH TRANSPORTASI

Least-Cost merupakan metode yang dapat dilakukan selain menggunakan metode Northwest Corner. Least Cost Method adalah salah satu algoritma heuristik populer yang dikembangkan oleh Dantzig (Prasad & Singh, 2020). Least-Cost pada prinsipnya melakukan alokasi secara sistematis untuk menargetkan untuk memilih biaya terendah atau Least

Cost berusaha mencapai tujuan minimalisasi biaya. Tahapan Metode Least-cost adalah sebagai berikut:

- Langkah 1. Jika masalah transportasi yang diberikan seimbang, lanjutkan ke langkah 3, jika tidak, langkah 2.
- Langkah 2. Seimbangkan TP yang diberikan dengan memasukkan baris atau kolom tiruan (mana saja yang diperlukan) dengan biaya sel nol.
- Langkah 3. Pilih sel dengan biaya paling rendah yang valid dalam matriks dan buat tugas yang merupakan nilai permintaan dan penawaran minimum untuk sel tersebut.
- Langkah 4. Sesuaikan nilai permintaan dan penawaran, sel yang memiliki nilai permintaan atau penawaran nol tidak akan berpartisipasi dalam alokasi lebih lanjut.
- Langkah 5. Ulangi langkah 3 dan 4 sampai semua nilai permintaan dan penawaran menjadi nol. Langkah 6. Hitung total biaya transportasi untuk alokasi yang dibuat.

Dengan menggunakan contoh kasus yang sama dengan metode NWC sebelumnya, kita dapat mengerjakan penyelesaian seperti penjelasan dibawah ini:

1. Ongkos terkecil terdapat pada sel B2, isikan dengan kapasitas penuh sebesar 90. Akibatnya, kapasitas baris A sudah terpenuhi.
2. Ongkos terkecil berikutnya yang layak terdapat pada sel B3, isikan dengan kapasitas penuh sebesar 40. Akibatnya kapasitas kolom Tegal sudah terpenuhi.
3. Ongkos terkecil berikutnya yang layak terdapat pada sel C2, isikan dengan kapasitas penuh sebesar 20 (karena hanya tersisa 20 untuk kolom C. Akibatnya kapasitas kolom C sudah terpenuhi.
4. Ongkos terkecil berikutnya yang layak terdapat pada sel B1, isikan dengan kapasitas penuh sebesar 20 (karena hanya tersisa 20 untuk baris B). Akibatnya kapasitas baris B sudah terpenuhi.
5. Ongkos terkecil berikutnya yang layak terdapat pada sel C1, isikan sisa kapasitas yang masih mungkin (sebesar 30).
6. Hasil alokasi dinyatakan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perhitungan Least Cost

		Padang	Palembang	Jambi	Total
Pabrik	X	20	5	8	90
	Y	15	20	10	60
	Z	25	10	19	50
Total		50	110	40	200

1. Cek kelayakan (Tabel 1)
 - a. Jumlah sel terisi = 5 (sel basis)
 - b. Jumlah Baris $m=3$; Jumlah Kolom $n=3$;
 - c. $m+n-1 = 3+3-1=5$;
 - d. Solusi awal tersebut feasible (layak) karena jumlah sel terisi = $m+n-1$
2. Total cost = $(90 \times 5) + (20 \times 15) + (40 \times 10) + (30 \times 25) + (20 \times 10) = 2100$

D. METODE VOGEL APPROXIMATION PADA MASALAH TRANSPORTASI

Vogel merupakan suatu metode yang dikembangkan dari metode Least-Cost. Secara umum metode ini menghasilkan solusi yang lebih baik Least-Cost, namun hal ini tidak selalu berlaku pada keadaan-keadaan tertentu. Metode Vogel dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut (Maheswari V., V. Balaji, 2022):

- Langkah 1:
 - a. Temukan sel di setiap baris yang memiliki biaya transportasi terendah dan terendah berikutnya, lalu catat selisihnya (Penalti) dengan baris yang sesuai di sisi tabel.
 - b. Temukan sel di setiap kolom yang memiliki biaya transportasi terendah dan terendah berikutnya, lalu catat selisihnya (Penalti) di sebelah kolom yang sesuai di sisi tabel.

- Langkah-2: Jika biaya terkecil muncul dua kali atau lebih dalam kolom atau baris, pilih biaya tersebut sebagai biaya terkecil, dan penalti serta biaya berikutnya menjadi nol.
- Langkah-3:
 - a. Dengan memutuskan ikatan secara sewenang-wenang, tentukan kolom dan baris dengan penalti terbesar. Variabel dalam kolom atau baris yang dipilih harus menerima alokasi total sebanyak mungkin. Hilangkan kolom atau baris yang terpenuhi dan sesuaikan permintaan dan penawaran. Menyeberangi salah satu dari mereka dan kolom atau baris yang tersisa diberi permintaan atau penawaran nol jika kolom atau baris memenuhi secara bersamaan.
 - b. Pilih salah satu dari biaya penalti jika lebih dari dua di antaranya memiliki besaran terbesar yang sama (atau kolom paling kiri atau pilih baris paling atas).
- Langkah-4:
 - Hentikan jika tepat satu kolom atau baris tidak memiliki permintaan nol atau persediaan nol yang ditandai.
 - Jika hanya ada satu kolom atau baris yang tidak disilang dengan permintaan atau penawaran positif, hitunglah variabel fundamental dalam kolom atau baris tersebut dengan menggunakan metode biaya terkecil.
 - Metode Biaya Terkecil harus digunakan untuk menentukan variabel fundamental nol jika tidak ada permintaan atau penawaran dalam kolom atau baris yang tidak dicoret. Berhenti.
 - Jika tidak, lanjutkan ke Langkah 1
Contoh penggunaan metode Vogel dapat dilihat seperti pada Tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Perhitungan dengan Metode VAM

		Tujuan				Kap	Pinalti				
		Padang	Palembang	Jambi	1		2	3	4	5	
Pabrik	X	20	5	8	90	3	3	12	-	-	
		60	30								
	Y	15	20	10	60	5	5	5	5	10	
		50		10							
	Z	25	10	19	50	9	-	-	-	-	
		50									
Total		50	110	40	200						
Pinalti											
1		5	5	2							
2		5	15	2							
3		5	-	2							
4		15	-	10							
5		-	-	10							

1. Cek kelayakan (Tabel 1)
 - a. Jumlah sel terisi = 5 (sel basis)
 - b. Solusi awal tersebut feasible (layak) karena jumlah sel terisi = $m+n-1$
2. Total cost = $(60 \times 5) + (30 \times 8) + (50 \times 15) + (10 \times 10) + (50 \times 10) = 1890$
 Dari ketiga metode diatas kita sudah dapat melihat perbedaan tahapan yang perlu dilakukan dari masing-masing metode. Selain berpengaruh pada proses penyelesaian kasus, pemilihan metode ini juga dapat berpengaruh pada hasil yang diberikan.

E. RANGKUMAN MATERI

Model transportasi merupakan salah satu jenis pemrograman linear, dimana secara khusus bertujuan untuk menentukan pola pengiriman yang terbaik dari beberapa titik pemasok (sumber) ke beberapa titik permintaan (tujuan) sehingga dapat meminimumkan total biaya produksi dan transportasi. Dalam permasalahan model transportasi pada Program Linier, ada banyak cara yang dapat digunakan untuk menemukan solusi, salah satunya dengan metode Northwest Corner. Metode ini merupakan metode untuk menentukan solusi awal yang pengalokasiannya berawal dari pojok kiri atas (Barat Laut/North West) hingga ke pojok kanan bawah (Tenggara/South East). Least-Cost merupakan metode yang dapat dilakukan selain menggunakan metode Northwest Corner. Least Cost

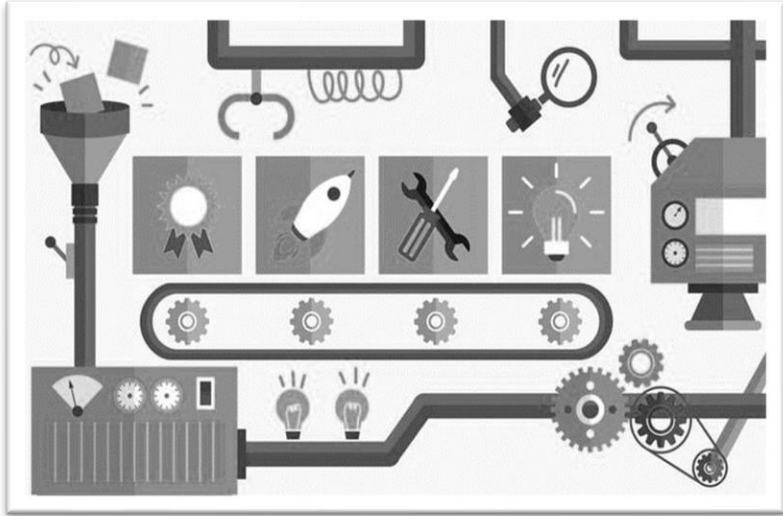
Method adalah salah satu algoritma heuristik populer yang dikembangkan oleh Dantzig (Prasad & Singh, 2020). Vogel merupakan suatu metode yang dikembangkan dari metode Least-Cost. Secara umum metode ini menghasilkan solusi yang lebih baik Least-Cost, namun hal ini tidak selalu berlaku pada keadaan-keadaan tertentu.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Jelaskan pengertian model transportasi menurut pendapatmu!
2. Jelaskan cara penyelesaian dengan metode NWC!
3. Sebutkan tahapan metode Least-cost!

DAFTAR PUSTAKA

- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Principles of Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*.
- Karagul, K., & Sahin, Y. (2020). A novel approximation method to obtain initial basic feasible solution of transportation problem. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 32(3), 211–218. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2019.03.003>
- Maheswari V., V. Balaji, A. P. S. . (2022). New Vogel's Approximation Method (NVAM) to Determine Better Feasible Solution of Transportation Problem. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71(3), 1385–1397. <https://doi.org/10.17762/msea.v71i3.493>
- Prasad, A. K., & Singh, D. R. (2020). Modified Least Cost Method for Solving Transportation Problem. *Proceedings on Engineering Sciences*, 2(3), 269–280. <https://doi.org/10.24874/PES02.03.006>
- Yuliana, Y., Tasari, T., Setiyaningsih, A., Munif, F. A., & Putri, M. F. (2022). Optimalisasi Biaya Transportasi Produk UMKM Naturies Indonesia Dengan Metode Northwest Corner Dan Vogel's Approximation. *Jurnal Derivat: Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 246–257. <https://doi.org/10.31316/jderivat.v9i2.3138>



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 12: MANAJEMEN KEUANGAN DAN EKONOMI TEKNIK

Dr. Melliana, S.T., M.M. IPM., ASEAN Eng.

Sekolah Tinggi Teknologi Dumai

BAB 12

MANAJEMEN KEUANGAN DAN EKONOMI TEKNIK

A. PENDAHULUAN

Pembahasan tentang manajemen keuangan (akuntansi dan akuntansi biaya) dan ekonomi teknik pada Bab Ini akan dijelaskan secara terurai. Walaupun pokok bahasan kedua hal tersebut ada perbedaan, namun terdapat hubungan yang begitu kuat antara satu dengan yang lainnya. Salah satu contoh, akuntansi dapat berfungsi dalam mencatat, simpulan dan mendokumentasikan data keuangan masa lalu, sedangkan materi ekonomi teknik dapat digunakan untuk mengambil keputusan baik sekarang maupun masa yang akan datang. Ekonomi teknik pada umumnya dapat memperoleh data dari data-data akuntansi. Dapat diperhatikan salah satu contoh berikut ini.

Contoh 1

Seorang Direktur CCTV, memiliki permasalahan yang begitu rumit yaitu bagaimana memahami keuangan perusahaan supaya dapat berjalan dengan baik. Misalnya pemilik perusahaan mempekerjakan saudara untuk menjalankan bisnisnya dimana tanggung jawab anda adalah keuangan perusahaan menunjukkan hasil yang memuaskan. Bagian akuntansi (*accounting*), berusaha keras mencapai hal tersebut dengan mencatat semua transaksi keuangan dan membuat ringkasan (*summary*) secara periodik dalam neraca dan laporan rugi laba.

Saudara menyadari bahwa mengetahui hanya secara keseluruhan keuntungan atau kerugian perusahaan tidak cukup untuk mengetahui permasalahan yang ada. Saudara harus mengetahui bagaimana kinerja individual dari setiap produk perusahaan. Apakah setiap produk menghasilkan keuntungan bagi perusahaan? bagaimana mengetahui biaya-biaya dari produk CCTV supaya saudara mengetahui apakah produksi tersebut dapat diteruskan atau menaikkan harga jual atau mungkin lebih baik menghentikan produksi. Informasi-informasi tersebut dapat diperoleh dari sistem akuntansi biaya karena merupakan bagian dari sistem akuntansi umum.

Selain itu, perlu dikaji kembali pertanyaan-pertanyaan lain seperti lain:

1. Apakah perlu mengganti peralatan baru?
2. Apakah spare part X lebih ekonomis dibanding spare part Y?
3. Apakah CCTV diproduksi dengan teknologi saat ini atau teknologi yang lebih canggih yang mengeluarkan biaya instalasi lebih tinggi namun harga produk akan menjadi lebih murah?
4. Berapa lama spare part Z dapat digunakan?

Semua pertanyaan itu bisa dijawab dengan memanfaatkan metode-metode pada ilmu ekonomi teknik.

B. AKUNTANSI

Pengertian akuntansi adalah data keuangan suatu perusahaan yang terdiri dari proses pencatatan, penggolongan, pelaporan dan penganalisaan data. Dalam akuntansi dilakukan pencatatan dan pelaporan tentang jumlah dan perubahan aset atau aktiva, kewajiban dan modal perusahaan. Definisi dari ketiga hal tersebut adalah sebagai berikut:

Asset atau Aktiva dinyatakan dalam satuan uang yang terdiri dari semua sumber-sumber ekonomi (moneter). seperti aliran kas, inventory, piutang usaha, uang muka, tanah, peralatan gedung dan lain-lain.

Kewajiban atau liabilitas merupakan hutang yang hendak dibayarkan perusahaan dengan uang atau jasa pada waktu yang sudah ditentukan di masa yang akan datang seperti: hutang dagang, pajak, obligasi dan lainnya.

NET WORHT	
Modal	\$
65,000	
Laba	\$
35,000	
Total New Worth	<u>\$</u>
	<u>100,000</u>
Total Liabilities ditambah New Wort	\$ 330,000

Gambar 1 Neraca

Pada saat perusahaan dalam kondisi statis (neraca tidak berubah). Saat kondisi seperti itu laporan cukup satu untuk menggambarkan kondisi keuangan perusahaan, akan tetapi jika terjadi perubahan maka terjadi juga perubahan neraca.

Keuntungan atau Pendapatan merupakan uang yang diperoleh dari penjualan produk atau jasa yang memberikan penambahan liability atau capital bersih. Item yang lain adalah pengeluaran, yakni pembayaran uang untuk material, tenaga kerja atau jasa-jasa lainnya dalam proses produksi. Pengeluaran adalah biaya produksi atau jasa yang menghasilkan aliran uang keluar.

$$\frac{\text{Asset} = \text{liabilitas} + \text{capil} + \text{income} - \text{expenses}}{\substack{\downarrow \\ \text{Neraca} \qquad \qquad \downarrow \\ \text{laporan rugi laba}}} \dots\dots\dots (12.3)$$

Neraca seperti Gambar 1 menunjukkan laporan formal tentang 3 item yang formulasinya setelah direvisi. Untuk laporan secara formal yaitu 2 item terakhir (pendapatan dan pengeluaran) yang sering disebut dengan laporan rugi laba. Hal-hal yang dapat diperhatikan dalam dari laporan adalah:

1. Pada laporan keuangan, Apabila pengeluaran lebih kecil dari pendapatan, maka perusahaan dalam posisi beruntung (*profit*) pada akhir periode. Sedangkan apabila pengeluaran lebih besar dari pendapatan maka perusahaan dalam posisi merugi (*loss*).
2. Bila dijumlahkan profit atau loss dari laporan rugi laba maka neraca tidak akan terjadi keseimbangan.
3. Kinerja dari suatu periode waktu apabila pendapatan dan pengeluaran memberikan gambaran secara periodik, di mana jumlahnya harus diset nol sehingga awal periode baru dapat dimulai.

C. AKUNTANSI BIAYA

Prosedur akuntansi umum tidak menunjukkan produk mana yang menghasilkan profit yang besar (*profitable*) dan produk mana yang tidak *profitable*, atau biaya-biaya mayor (utama) mana yang ditimbulkan oleh mesin produksi, ruang cat dan departemen lainnya. Prosedur akuntansi dapat dimodifikasi supaya bisa menunjukkan hal diatas dengan menggunakan akuntansi biaya.

Sistem akuntansi biaya yang menghasilkan beberapa laporan akan berbeda sesuai dengan tingkat performansi dari masing-masing produk yang ditunjukkan, departemen dan sebagainya. Pihak manajemen memiliki kewenangan pada seluruh organisasi baik dalam satu kesatuan maupun entitas individu.

Pengembangan laporan akuntansi biaya dapat ditambahkan biaya untuk menentukan harga pokok produk dan harga pokok penjualan. Untuk menentukannya perlu diketahui biaya bahan baku tenaga kerja dan biaya overhead. Ketiga komponen tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Bahan baku langsung

Semua bahan baku yang biayanya secara langsung dialokasikan ke dalam produk (sebagai contoh, kayu yang dibuat untuk menghasilkan meja dan kertas yang digunakan dalam produksi buku). tidak langsung dalam rekening umum baru kemudian mengalokasikan secara spesifik pada masing-masing produk.

2. Tenaga kerja langsung

Semua tenaga kerja yang secara langsung dialokasikan pada produk (contoh: operator yang mengoperasikan mesin bubut yang

memproduksi part dan tukang cat yang secara langsung mengecat produk). Semua biaya tenaga kerja selain bagian produksi disebut dengan tenaga kerja tak langsung (contoh: tenaga kerja bagian material handling yang memindahkan part yang dalam proses dan orang yang mengeset mesin press).

3. **Overhead**

Semua biaya produksi selain bahan baku langsung dan tenaga kerja langsung. Yang termasuk disini adalah semua bahan baku tidak langsung dan tenaga kerja tidak langsung serta item-item lain seperti depresiasi peralatan dan bangunan, pajak bangunan, perawatan gedung dan peralatan serta pengawasan pabrik.

D. **EKONOMI TEKNIK**

Ilmu teknik adalah aplikasi ilmu pengetahuan murni pada permasalahan praktis. Definisi dari ekonomi teknik adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek-aspek ekonomi dalam teknik, yang terdiri dari pemecahan masalah, evaluasi sistematis dari biaya-biaya dan manfaat-manfaat usulan proyek-proyek teknik atau dengan kata lain suatu studi ekonomi terhadap proyek-proyek teknik untuk mendapatkan salah satu pilihan dari berbagai alternatif.

Contoh 2

Manager CCTV dalam mengambil keputusan harus memilih salah satu dari dua alternatif terhadap spare part yang akan dibeli untuk menggantikan spare part yang pernah digunakan sebelumnya. Penggantian alat ini setelah 4 tahun ke depan. Perhitungan biaya diprediksi dengan metode manual seharga \$40,000 per tahun. Harga beli spare part A \$70,000 dan biaya operasinya \$6,000 per tahun. Sedangkan spare part B, harga pembeliannya \$80,000 dan biaya operasinya \$5,000 per tahun dan berharga \$13,000 pada tahun ke 4, CCTV ini mengharapkan return on investmentnya (ROI) sebesar 12%.

Untuk menyelesaikan permasalahan seperti itu, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menggambar diagram waktu yang menggambarkan aliran uang masing-masing alternatif pada Gambar 12.2

merupakan gambar diagram waktu untuk 3 alternatif. Aliran uang keluar digambarkan dengan anak panah ke arah luar sedangkan aliran uang masuk digambarkan dengan anak panah masuk ke dalam garis.

Penyelesaian secara sederhana dengan menambahkan semua aliran kas dan memilih alternatif yang paling murah.

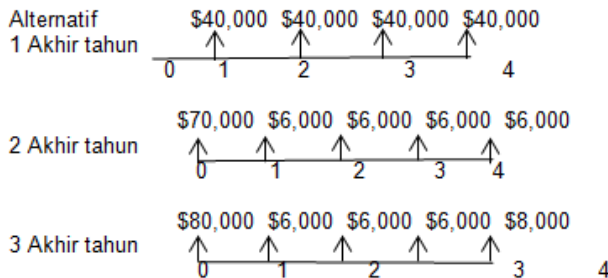
Alternatif 1: $40000 + 40000 + 40000 + 40000 = \$160,000$

Alternatif 2: $70000 + 6000 + 6000 + 6000 + 6000 = \$94,000$

Alternatif 3: $80,000 + 6000 + 6000 - 13000 + 5000 = \$84,000$

Alternatif yang lebih murah adalah alternatif 3 akan tetapi perlu diingat bahwa alternatif 3 membutuhkan investasi awal sebesar \$80,000 yang digunakan untuk 4 tahun sedangkan alternatif 2 hanya membutuhkan \$70,000 dan alternatif 1 tidak membutuhkan investasi awal. Seorang pimpinan atau manajemen jika tidak melakukan investasi pada mesin tersebut, maka perusahaan akan memiliki uang sebesar \$70,000 atau \$80,000 yang dapat diinvestasikan pada alternatif lain. Disini perlu melihat pentingnya nilai uang, untuk permasalahan ini harus dipertimbangkan secara mendalam dengan penggunaan prinsip nilai uang dari waktu (*time value of money*).

Seandainya CCTV menganggap ROI sebesar 12% untuk menentukan *time value of money*, maka pada metode ini perlu menggunakan faktor bunga (*interest factors*)



Gambar 2 waktu untuk CCTV

E. FAKTOR BUNGA

Tujuan penggunaan bunga adalah untuk mengevaluasi alternative dengan membandingkan besarnya nilai uang bila diinvestasikan pada beberapa alternative. Faktor Bunga yang pertama disebut dengan faktor bunga majemuk dari pembayaran tunggal (*single payment compound amount factor*)

1. Faktor bunga majemuk dari pembayaran tunggal

Jika memiliki uang sejumlah \$2,000 yang diinvestasikan dengan Bungan 12% per tahun selama 5 tahun. Berapa nilainya dimana datang? Pada tahun pertama, uang kita akan sebesar \$2,000 + \$240 (bunga) menjadi \$2,240. Perhitungan sampai tahun ke 5 seperti pada table 12.1.

Tabel 1

A	B	C	D	
Year	Investment Beginning of Year	at Interest (12 % Col. B)	Earned Amount End of Year	at
1	\$2,000.00	2,000.00 (0.12) = 240.00	2,000 (1.12) = 2,240.00	=
2	2,240.00	2,240.00 (0.12) = 268.80	2,000 (1.12) ² = 2,508.80	=
3	2,508.80	2,508.80 (0.12) = 301.06	2,000 (1.12) ³ = 2,809.86	=
4	2,809.86	2,809.86 (0.12) = 337.18	2,000 (1.12) ⁴ = 3,147.04	=
5	3,147.04	3,147.04 (0.12) = 377.64	2,000 (1.12) ⁵ = 3.524.68	=

Perhitungan diatas dapat digunakan dalam beberapa masalah, akan tetapi ada cara yang lebih sederhana dengan menggunakan beberapa. Sebelumnya mari kita definisikan notasi-notasi yang akan kita gunakan:¹

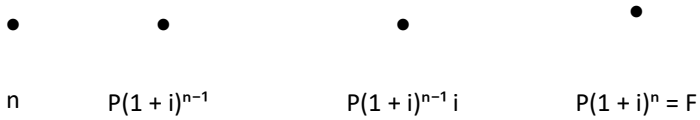
- i = tingkat bunga per periode
- n = jumlah periode yang dihitung
- P = nilai induk yang dipinjam atau diinvestasikan
- A = Pembayaran tunggal yang besarnya Sama selama periode (*annual*)
- F = nilai yang akan datang, nilai ekuivalen dari satu atau lebih aliran kas pada satu titik relatif yang didefinisikan sebagai waktu mendatang

Pada tabel 1, \$2.000 adalah nilai induk saat ini (P), sedangkan \$3.524,68 adalah jumlah uang di masa yang akan datang (F) dan 12% adalah tingkat suku bunga digunakan, serta angka 5 menunjukkan jumlah periode (n). Apabila tabel 12.1 diganti dalam notasi-notasi maka akan didapatkan seperti dalam tabel 12.2.

Tabel 2

A	B	C	D
Year	Investment at Beginning of Year	Interest Earned (12 % Col. B)	Amount at End of Year
1	P	Pi	P(1 + i)
2	P(1 + i)	P(1 + i)i	P(1 + i) ²
3	P(1 + i) ²	P(1 + i) ² i	P(1 + i) ³
•	•	•	•
•	•	•	•

¹ Simbol atau notasi diambil dari G. J. Thuesen dan W. J. Fabrycky, *Engineering Economy* (Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1989), hal. 39



Besarnya nilai P. dengan suku bunga $i\%$ selama n tahun di masa yang akan datang F dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F = P (1 + i)^n \quad \dots\dots\dots (12.4)$$

Faktor $(1 + i)^n$ disebut dengan faktor bunga majemuk dari pembayaran tunggal. Faktor tersebut dapat dituliskan secara sederhana dengan title $F/P, i, n$ dijelaskan seperti berikut:

$F/P, i, n$

- F = apa yang dibutuhkan
- P = apa yang diberikan
- i = tingkat bunga rata-rata
- n = tingkat bunga per periode

Dengan kata lain bisa dikatakan 'mencari nilai F bila P, i dan n diketahui. Karena faktor $(1 + i)^n$ hanya tergantung pada nilai P . maka factor tersebut dapat ditabulasikan untuk beberapa tingkat suku bunga dan banyaknya periode. Tabulasi faktor bunga dapat dilihat pada lampiran tabel 1.

2. Faktor Bunga Majemuk Yang Lain

Apabila bunga yang dibebankan untuk setiap periode (satu tahun misalnya) didasarkan pada sisa pinjaman pokok ditambah setiap beban bunga yang terakumulasi sampai dengan awal periode, bunga itu disebut bunga majemuk atau bunga berbunga (*compound interest*).

Faktor bunga majemuk dapat diturunkan untuk semua kombinasi P, F dan A yakni:

- 1) 1. (P/F, i, n) Mencari nilai P bila diketahui nilai F
- 2) 2. (F/P, i, n) Mencari nilai F bila diketahui nilai P
- 3) 3. (A/F, i, n) Mencari nilai A bila diketahui nilai F
- 4) 4. (P/A, i, n) Mencari nilai P bila diketahui nilai A
- 5) 5. (A/P, i, n) Mencari nilai A bila diketahui nilai P

Semua faktor-faktor suku bunga dapat ditabulasikan dalam Lampiran tabel 1 untuk tingkat suku bunga tertentu dan sejumlah periode.

Contoh 3

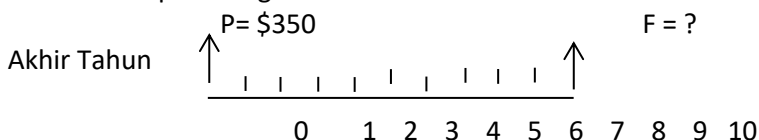
Sebelumnya contoh dengan nilai investasi sebesar \$ 6.000,00 dengan suku bunga 12% selama 4 tahun. Besarnya F pada akhir tahun ke 4 adalah:

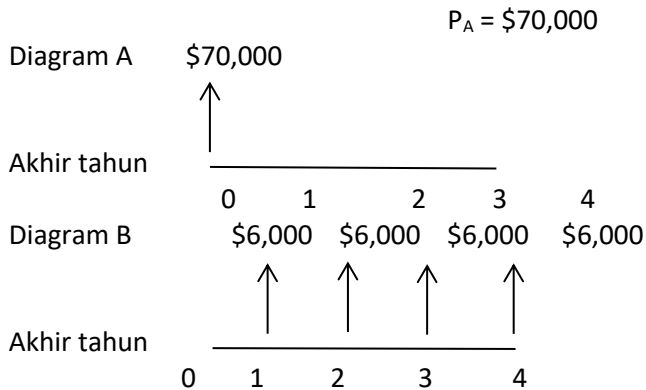
$$\begin{aligned}
 F &= (F/P, i, n) \\
 &= (F/P, 12\%, 4) \\
 &= 6.000 (1,574) \\
 &= \$9.444
 \end{aligned}$$

Hasil yang di dapat sedikit selisih dengan dasar perhitungan seperti tabel 12.1. Berapakah nilai F jika nilai investasi besarnya \$350 pada 10 tahun mendatang dengan tingkat suku bunga besarnya 12%?

$$\begin{aligned}
 F &= P (F/P, i, n) \\
 &= (F/P, 12\%, 10) \\
 &= 350 (3.106) \\
 &= \$ 1.087,1
 \end{aligned}$$

Aliran Kas seperti diagram berikut:





$$P_A = \$70,000$$

$$\begin{aligned}
 P_B &= A (P/A i, n) \\
 &\quad (P/A, 12\%, 4) \\
 &= 6.000 (3,0373) \\
 &= \$18.223,8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= P_A + P_B \\
 &= 70,000 + 18.223,8 \\
 &= \$88.223,8
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, untuk alternative 3 dapat digambarkan diagram aliran kas berikut:

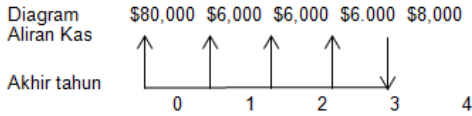
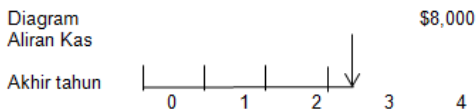
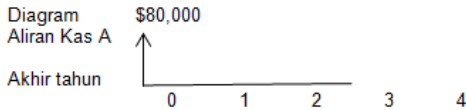


Diagram diatas dapat dibagi menjadi 3 diagram aliran kas seperti ini :



$$P = P_A + P_B + P_C$$

$$= 80.000 + 6.000 (P/A, 12\%, 4) - 8.000 (P/F, 12\%, 4)$$

$$= \$93.139,8$$

Nilai P_C bernilai negatif karena aliran kas P_C merupakan aliran kas pemasukan (*income*) sedangkan nilai P yang lain merupakan aliran kas pengeluaran (*cost*).

Ketiga alternatif diatas ditunjukkan dalam rekapitulasi Tabel 12.3. Rekapitulasi pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa alternatif 2 merupakan alternatif terbaik yang selanjutnya diikuti dengan alternatif 3 dan 1. Hal ini perlu diperhatikan dalam pengambilan keputus bila tidak mempertimbangkan factor bunga. Perlu diingat bahwa konsep *time value of money* harus selalu dipertimbangkan dalam pemilihan alternatif investasi.

Tabel 3 Present Worth Amount dalam tiga Alternatif

Alternatif	Present Worth Amount
1	\$121.492,00
2	\$88.223,80
3	\$93.139,80

G. RANGKUMAN MATERI

Studi yang mempelajari bagaimana masyarakat mempergunakan sumber daya untuk memproduksi suatu komoditas yang memiliki nilai (*Value*) dan dapat disalurkan kepada beragam orang disebut ilmu ekonomi. Profesi berdasarkan pengetahuan tentang matematika dan basic science yang diperoleh dari belajar/studi, pengalaman, praktik yang dipergunakan dengan bijaksana dan dimanfaatkan bahan-bahan secara ekonomis untuk kemaslahatan umat disebut Teknik (*engineering*). Ekonomi teknik (*engineering Economy*) suatu disiplin ilmu yang berkaitan dengan aspek ekonomi dalam teknik, yang terdiri dari evaluasi sistematis dari biaya (akuntansi) yang dimanfaatkan untuk usulan proyek teknik. Dengan mempelajari Pengantar Teknik Industri Mahasiswa diharapkan dapat menerapkan dalam dunianya untuk menyelesaikan persoalan Teknik Industri dan mampu memahami secara umum tentang konsep manajemen finansial dan ekonomi teknik.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Diskusikan lah apa alasan saudara mengapa akuntansi biaya dibahas di kalangan teknik industri!
2. Diskusikan dengan teman anda yang termasuk dalam aktiva, kewajiban, modal, pendapatan, pengeluaran, bahan baku langsung, tenaga kerja langsung dan overhead.
3. Diskusikan dan jelaskan 5 biaya overhead pada:
 - a. Pabrik manufaktur
 - b. Industri jasa

4. Jelaskan Penggunaan factor bunga (P/F, F/P, A/P, A/F dan F/A) dengan menggunakan petunjuk buku ekonomi teknik.
5. Berikut adalah data biaya tenaga kerja langsung dan bahan baku langsung. Alokasikan biaya overhead sebesar \$400,000 berdasarkan jam kerja tenaga kerja langsung. biaya tenaga kerja langsung dan biaya bahan baku langsung!

Product	DL (Hours)	DL	DM
P	7,000	\$66,000	\$45,000
Q	5,000	\$51,000	\$55,000
R	3,500	\$52,000	\$50,000

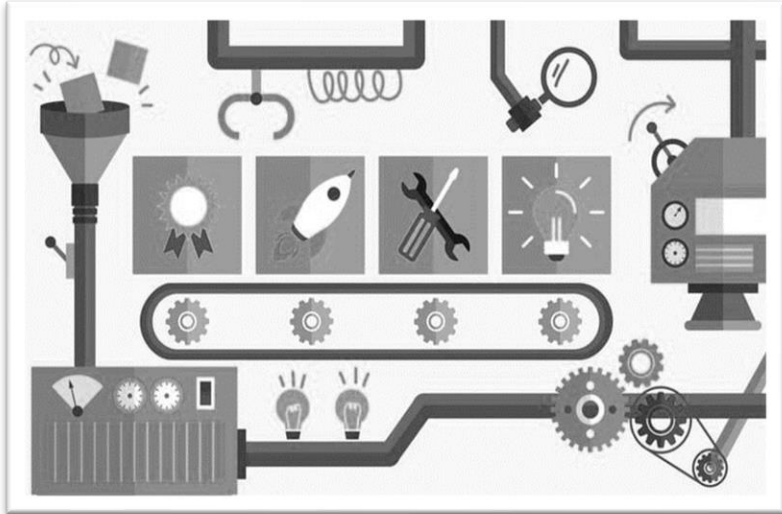
Tabel Lampiran I. Faktor Suku Bunga 12%

n	Single Payment		Equal Payment Series				Uniform gradient-series factor
	Compound-amount factor	Present-worth factor	Compound amount factor	Sinking-fund factor	Present-worth factor	Capital recovery factor	
	mencari F diketahui P F/P, i, n	mencari P diketahui F P/F, i, n	mencari A diketahui F/A, i, n	mencari F diketahui A F/A, i, n	mencari P diketahui A/P/A, i, n	mencari A diketahui P A/P, i, n	
1	1.120	0.8929	1.000	1.000	0.8929	11.200	0.0000
2	1.254	0.7972	2.120	0.4717	1.6901	0.5917	0.4717
3	1.405	0.7118	3.374	0.2964	2.4018	0.4164	0.9246
4	1.574	0.6355	4.779	0.2092	3.0373	0.3292	1.359
5	1.762	0.5674	6.353	0.1574	3.6048	0.2774	1.7746
6	1.974	0.5066	8.115	0.1232	4.1114	0.2432	2.1721
7	2.211	0.4524	10.089	0.0991	4.5638	0.2191	2.5515
8	2.476	0.4039	12.300	0.0813	49.676	0.2013	2.9132
9	2.773	0.3606	14.776	0.0677	53.283	0.1877	3.2574
10	3.106	0.3220	17.549	0.0570	5.6502	0.1770	3.5847
11	3.479	0.2875	20.655	0.0484	5.9377	0.1684	3.8953
12	3.896	0.2567	24.133	0.0414	6.1944	0.1614	4.1897
13	4.364	0.2292	2.029	0.0357	6.4236	0.1557	4.4683
14	4.887	0.2046	32.393	0.0309	6.6282	0.1509	4.7317
15	5.474	0.1827	37.280	0.0268	6.8109	0.1468	4.9803
16	6.130	0.1631	42.853	0.0234	6.9740	0.1434	5.2147
17	6.866	0.1457	48.884	0.0205	7.1196	0.1405	5.4353
18	7.690	0.1300	55.750	0.0179	7.2497	0.1379	5.6427
19	8.613	0.1161	63.440	0.0158	7.3658	0.1358	5.8375
20	9.646	0.1037	72.052	0.0139	7.4695	0.1339	6.0202
21	10.804	0.0926	81.699	0.0123	7.5620	0.1323	6.1913
22	12.100	0.0827	92.503	0.0108	7.6447	0.1308	6.3514
23	13.552	0.0738	104603	0.0096	7.7184	0.1296	6.5010
24	15.179	0.0659	118.155	0.0085	7.7843	0.1285	6.6407

25	17.000	0.0588	133.334	0.0075	7.8431	0.1275	6.7708
26	19.040	0.0525	150.334	0.0067	7.8957	0.1267	6.8921
27	21.325	0.0469	169.374	0.0059	7.9426	0.1259	7.0049
28	23.884	0.0419	190.699	0.0053	7.9844	0.1253	7.1098
29	26.750	0.0374	214.53	0.0047	8.0218	0.1247	7.2071
30	29.960	0.0334	241.333	0.0042	8.0552	0.1242	7.2974
31	33.555	0.0298	271.293	0.0037	8.0850	0.1237	7.3811
32	37.582	0.0266	304.848	0.0033	8.1116	0.1233	7.4586
33	42.092	0.0238	342.429	0.0029	8.1354	0.1229	7.5303
34	47.143	0.0212	384.521	0.0026	8.1566	0.1226	7.5965
35	52.800	0.0189	431.664	0.0023	8.1755	0.1223	7.6577
40	93.051	0.0108	762.091	8.2438	8.2438	0.1213	7.8988
45	163.988	0.0061	1.358.230	8.2825	8.2825	0.1207	8.0572
50	289.002	0.0035	2.400.018	8.3045	8.3045	0.1204	8.1597

DAFTAR PUSTAKA

- Ir. Amri, MT,. 2014, Bahan Ajar Pengantar Teknik Industri, Penerbit Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, Jurusan Teknik Industri.
- Ir. Mandiyo Priyo, MT, 2012, Ekonomi Teknik, Cetakan Pertama, Penerbit LP3M UMY, Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta
- Turner .W. C,. Mize. J.H,. Case. K,. 1993, Introduction Industrial And System Engineering , Prentice - Hall, INC,. Englewood Cliffs, New Jersey
- Zandin. K.B, 2001, Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition, MC Graw Hill, New York



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 13: ETIKA DAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL

Dr. Eng. Ansarullah Lawi

Institut Teknologi Batam

BAB 13

ETIKA DAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL

A. PENDAHULUAN

Teknik Industri adalah bidang yang telah lama dikaitkan dengan memaksimalkan produktivitas dan efisiensi, yang sering kali mengorbankan etika dan tanggung jawab sosial (Luis et al., 2009). Namun, pentingnya nilai-nilai ini menjadi semakin disadari seiring dengan semakin jelasnya dampak industri terhadap masyarakat dan lingkungan. Peran etika dan tanggung jawab sosial dalam Teknik Industri tidak dapat diabaikan lagi. Sebagai insinyur, mereka memiliki tanggung jawab untuk mempertimbangkan dampak jangka panjang dari pekerjaannya terhadap masyarakat dan lingkungan. Dalam pembahasan bab ini, kita akan mengeksplorasi pentingnya etika dan tanggung jawab sosial dalam Teknik Industri, manfaat dari memasukkan nilai-nilai ini ke dalam pekerjaannya, dan tantangan yang muncul saat mencoba menyeimbangkan keuntungan dengan melakukan sesuatu yang benar sesuai dengan ketentuan.

B. PENTINGNYA ETIKA DAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL DALAM TEKNIK INDUSTRI

Teknik industri adalah bidang yang berfokus pada optimalisasi proses dan sistem yang kompleks, dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan produktivitas (Davim, 2013). Namun, seperti halnya teknik atau bidang lainnya, teknik industri dapat digunakan untuk kebaikan atau keburukan. Keputusan yang dibuat oleh para ahli atau *engineer* (insinyur) teknik industri dapat memiliki konsekuensi yang luas bagi masyarakat, lingkungan, dan generasi mendatang. Di sinilah pentingnya etika dan tanggung jawab

sosial. Insinyur industri memiliki tanggung jawab untuk mempertimbangkan konsekuensi potensial dari tindakan mereka dan memprioritaskan kebaikan yang lebih besar daripada keuntungan jangka pendek. Mereka harus mempertimbangkan dampak keputusan mereka terhadap pekerja, konsumen, lingkungan, dan masyarakat luas.

Selain itu, di dunia saat ini, konsumen menjadi semakin sadar akan dampak sosial dan lingkungan dari produk yang mereka gunakan dan perusahaan yang mereka dukung (Galbreth & Ghosh, 2013). Ini berarti bahwa bisnis yang memprioritaskan etika dan tanggung jawab sosial akan lebih mungkin berhasil dalam jangka panjang. Oleh karena itu, Salado (2018) menyarankan kepada para insinyur teknik industri untuk tidak hanya fokus ke keuntungan yang bisa didapat, tetapi juga implikasi etika dan sosial dari keputusan yang diambil. Dengan demikian, mereka dapat menciptakan sistem yang lebih berkelanjutan dan adil yang menguntungkan semua orang yang terlibat.

C. ETIKA DALAM TEKNIK INDUSTRI: APA ARTINYA?

Etika dalam teknik industri adalah tentang memastikan bahwa pekerjaan yang dilakukan dengan cara yang bermoral, etis, dan bertanggung jawab (Martin, 2002). Ini berarti bahwa pekerjaan harus dilakukan dengan fokus pada keselamatan, keberlanjutan, dan tanggung jawab sosial dengan memastikan bahwa pekerjaan tersebut memenuhi standar kualitas yang disyaratkan.

Baillie & Levine (2013) mengemukakan bahwa etika dalam teknik industri adalah tentang memastikan bahwa para insinyur bertanggung jawab atas tindakan mereka, dan bahwa mereka transparan dan jujur dalam berurusan dengan semua pemangku kepentingan. Hal ini tidak hanya mencakup klien mereka, tetapi juga rekan kerja, pemasok, dan komunitas yang lebih luas. Dalam praktiknya, hal ini berarti bahwa insinyur Teknik Industri harus menyadari implikasi etis dari pekerjaan mereka dan memastikan bahwa mereka bekerja untuk kebaikan yang lebih besar. Sebagai contoh, seorang insinyur teknik industri yang bekerja di sebuah pabrik baru harus mempertimbangkan dampak pabrik tersebut terhadap lingkungan setempat, dan memastikan bahwa pabrik tersebut dirancang untuk meminimalkan dampak negatif. Salah satu yang dapat

menjadi rujukan adalah PT Mowilex Indonesia (**Gambar 1**) yang diklaim pembangunan pabrik cat baru mereka di kawasan Cikande, Serang, Banten mampu mereduksi emisi karbon hingga 7 persen (Evandio, 2023).



Gambar 1. Pabrik Mowilex yang didesain khusus untuk mengurangi emisi karbon dengan struktur pabrik berkonsep hijau (Sumber: lifestyle.bisnis.com)

Jadi etika dalam teknik industri, dapat dikatakan sebagai segala hal yang dapat memastikan pekerjaan yang dilakukan dengan bertanggung jawab, berkelanjutan, dan bermanfaat bagi masyarakat secara keseluruhan. Insinyur Teknik Industri harus selalu ingat bahwa pekerjaan mereka berdampak pada dunia di sekitar mereka, dan mereka memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa dampak tersebut adalah dampak yang positif.

D. CONTOH DILEMA ETIKA YANG DIHADAPI OLEH INSINYUR TEKNIK INDUSTRI

Insinyur teknik industri sering menghadapi dilema etika dalam pekerjaan mereka sehari-hari. Dilema ini dapat berkisar dari masalah lingkungan hingga keselamatan di tempat kerja dan bahkan kualitas produk. Salah satu dilema etis yang umum dihadapi insinyur industri adalah tekanan untuk memangkas biaya dengan tetap mempertahankan standar kualitas. Dalam beberapa kasus, hal ini dapat mengakibatkan penggunaan bahan di bawah standar atau jalan pintas dalam prosedur pengujian (Chalk, 1981). Hal ini dapat membahayakan keamanan dan kualitas produk dan pada akhirnya merugikan konsumen.

Dilema etika lain yang dihadapi oleh insinyur teknik industri adalah masalah kelestarian lingkungan (Beder, 1997), (Berdanier et al., 2018). Insinyur teknik industri sering kali bekerja di industri yang memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan, seperti manufaktur dan produksi energi (Rosen, 2001). Menyeimbangkan kebutuhan akan pertumbuhan ekonomi dengan kebutuhan untuk melindungi lingkungan dapat menjadi tugas yang sulit dan menantang.

Selain masalah-masalah tersebut, insinyur industri juga menghadapi dilema etika yang berkaitan dengan keselamatan di tempat kerja dan hak-hak karyawan (Schinzinger, 1999). Sebagai contoh, seorang insinyur mungkin diminta untuk merancang peralatan atau proses yang pada dasarnya tidak aman, atau untuk menerapkan langkah-langkah pemangkasan biaya yang membahayakan keselamatan pekerja (Iorga et al., 2012).

Kesimpulannya, dilema etika merupakan bagian yang melekat pada pekerjaan insinyur teknik industri. Penting bagi para insinyur untuk menyadari isu-isu ini dan bekerja untuk menemukan solusi yang menyeimbangkan kebutuhan bisnis dengan kebutuhan untuk bertindak secara etis dan bertanggung jawab (**Gambar 2**). Dengan demikian, para insinyur industri dapat membantu memastikan bahwa pekerjaan mereka memiliki dampak positif terhadap masyarakat dan lingkungan.



Gambar 2. Insinyur teknik industri wajib menemukan solusi yang menyeimbangkan kebutuhan bisnis dengan menjaga sebesar besar impikinsya terhadap masyarakat

E. PENTINGNYA TANGGUNG JAWAB SOSIAL PADA TEKNIK INDUSTRI

Pentingnya tanggung jawab sosial dalam teknik industri tidak dapat dilebih-lebihkan. Sebagai insinyur teknik industri, mereka memiliki tanggung jawab untuk menciptakan produk dan sistem yang tidak hanya bermanfaat bagi keuntungan perusahaan, tetapi juga berdampak positif bagi masyarakat dan lingkungan (Davidson et al., 2007).

Tanggung jawab sosial berarti memperhitungkan dampak tindakan terhadap masyarakat dan lingkungan. Hal ini berarti memprioritaskan keberlanjutan, perilaku etis, dan penghormatan terhadap hak asasi manusia. Hal ini sangat penting, terutama di dunia saat ini di mana konsumen lebih sadar dan peduli akan dampak lingkungan dan sosial dari produk yang mereka beli.

Salah satu contoh tanggung jawab sosial dalam teknik industri adalah penggunaan bahan dan metode produksi yang berkelanjutan (Hanusch & Birkhofer, 2010). Perusahaan dapat menggunakan sumber energi terbarukan, mengurangi limbah, dan mendaur ulang bahan untuk meminimalkan dampaknya terhadap lingkungan. Contoh lainnya adalah memastikan bahwa pekerja diperlakukan secara adil dan diberikan kondisi kerja yang aman (Canney & Bielefeldt, 2015).

Dengan memasukkan tanggung jawab sosial ke dalam pekerjaan sebagai seorang insinyur teknik industri, maka mereka tidak hanya berkontribusi pada masa depan yang lebih berkelanjutan, tetapi juga meningkatkan reputasi dan citra merek perusahaan. Pelanggan dan pemangku kepentingan cenderung mendukung perusahaan yang memprioritaskan tanggung jawab sosial, yang mengarah pada peningkatan loyalitas dan penjualan. Singkatnya, tanggung jawab sosial bukan hanya kewajiban moral, tetapi juga keharusan bisnis. Sebagai insinyur teknik industri, mereka harus berusaha menciptakan produk dan sistem yang bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan, sekaligus memenuhi tujuan perusahaan.

F. BAGAIMANA INSINYUR TEKNIK INDUSTRI DAPAT BERKONTRIBUSI KEPADA MASYARAKAT

Insinyur teknik industri memiliki posisi yang tepat untuk berkontribusi kepada masyarakat dan memberikan dampak positif. Mereka memiliki keterampilan unik yang dapat diterapkan dalam berbagai pengaturan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat di seluruh dunia. Insinyur teknik industri dapat bekerja di berbagai bidang seperti perawatan kesehatan, transportasi, energi, dan manufaktur untuk menciptakan sistem yang lebih efisien dan efektif yang bermanfaat bagi masyarakat (Osorio & Otieno, 2006).

Misalnya, dalam bidang perawatan kesehatan, insinyur teknik industri dapat bekerja untuk mengoptimalkan proses dan mengurangi waktu tunggu pasien (Young et al., 2004). Mereka juga dapat membantu rumah sakit dan klinik untuk mengelola sumber daya mereka dengan lebih baik dan mengurangi pemborosan, yang dapat mengarah pada penghematan biaya dan hasil yang lebih baik bagi pasien (Rosmulder, 2011). López-Ramírez et al. (2017) memberikan solusi untuk masalah yang timbul dalam administrasi dan pengendalian inventori rumah sakit di Kota Cali, Kolombia teknik *Two-Bin Kanban* (Gambar 3).

Di bidang transportasi, Boucher (2019) melaporkan bahwa insinyur teknik industri dapat bekerja untuk meningkatkan arus lalu lintas dan mengurangi kemacetan, yang dapat membantu mengurangi emisi dan meningkatkan kualitas udara. Mereka juga dapat membantu merancang sistem transportasi yang lebih efisien yang dapat diakses oleh semua orang, terlepas dari pendapatan atau kemampuannya (Knoflacher, 2017). Di sektor energi, insinyur teknik industri dapat bekerja untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik dan mengurangi dampak lingkungan dari produksi energi (Beér, 2007). Mereka juga dapat membantu merancang sistem energi yang lebih berkelanjutan yang mengandalkan sumber energi terbarukan, seperti tenaga angin dan matahari (Liserre et al., 2010). Di bidang manufaktur, insinyur teknik industri dapat bekerja untuk mengoptimalkan proses produksi dan mengurangi pemborosan (Dongre et al., 2020). Mereka dapat membantu merancang produk yang lebih berkelanjutan yang dibuat dengan bahan

ramah lingkungan dan dapat didaur ulang atau digunakan kembali di akhir masa pakainya (Seliger et al., 2007).



Gambar 3. Insinyur teknik industri menggunakan teknik *Two-Bin Kanban* untuk mengelola inventori suplay medis baik obat-obatan maupun peralatan (Sumber: metro.com)

Secara keseluruhan, insinyur teknik industri memiliki potensi untuk memberikan kontribusi yang signifikan kepada masyarakat dengan menerapkan keterampilan dan pengetahuan mereka untuk menciptakan sistem yang lebih berkelanjutan, efisien, dan adil. Dengan mengedepankan etika dan tanggung jawab sosial, insinyur teknik industri dapat membantu menciptakan masa depan yang lebih baik bagi semua orang.

G. STUDI KASUS TEKNIK INDUSTRI YANG BERTANGGUNG JAWAB SECARA SOSIAL

Ada banyak contoh praktik teknik industri yang bertanggung jawab secara sosial yang telah berhasil diterapkan di berbagai industri. Salah satu contohnya adalah penerapan sistem rantai pasokan loop tertutup (*closed-loop supply chain system*). Sistem ini melibatkan penggunaan kembali dan daur ulang bahan dan produk, yang membantu mengurangi limbah dan meminimalkan dampak lingkungan dari operasi industri (Hasanov et al., 2013). Dengan menerapkan sistem seperti itu, perusahaan-perusahaan di berbagai industri dapat mengurangi jejak karbon mereka dan meningkatkan keberlanjutan mereka secara keseluruhan.

Contoh lain dari teknik industri yang bertanggung jawab secara sosial adalah penggunaan sumber energi terbarukan (Lund, 2009). Banyak perusahaan sekarang berinvestasi dalam tenaga surya, angin, dan sumber energi terbarukan lainnya untuk menggerakkan operasi mereka. Hal ini tidak hanya mengurangi jejak karbon dari organisasi-organisasi ini tetapi juga membantu mengurangi ketergantungan mereka pada bahan bakar fosil, yang merupakan sumber daya yang terbatas.

Beberapa perusahaan juga telah mengambil tindakan untuk meningkatkan kondisi kerja karyawan mereka, terutama yang berada di negara berkembang. Hal ini termasuk penerapan praktik ketenagakerjaan yang adil, seperti upah yang layak, kondisi kerja yang aman, dan jam kerja yang wajar (Robertson, 2020). Dengan mengambil langkah-langkah ini, perusahaan dapat membantu meningkatkan kehidupan karyawan mereka dan berkontribusi untuk kebaikan yang lebih besar.

Secara keseluruhan, ada banyak cara di mana teknik industri dapat digunakan untuk mempromosikan tanggung jawab sosial dan praktik-praktik etis. Dengan menerapkan praktik-praktik berkelanjutan, berinvestasi pada sumber energi terbarukan, dan meningkatkan kondisi kerja, perusahaan tidak hanya dapat meningkatkan keuntungan mereka, tetapi juga berkontribusi pada masa depan yang lebih baik untuk semua.

H. PERAN INSINYUR TEKNIK INDUSTRI PADA *SUSTAINABILITY*

Tugas utama dari insinyur teknik industri adalah mengoptimalkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan produktivitas (Kosky et al., 2021). Namun, seiring dengan semakin sadarnya dunia akan dampak lingkungan dan sosial dari kegiatan industri, Nazzal et al. (2015) mengemukakan bahwa insinyur teknik industri diminta untuk memainkan peran yang lebih luas dalam mempromosikan *sustainability* (keberlanjutan).

Keberlanjutan mengacu pada kapasitas suatu kegiatan atau sistem untuk bertahan dalam jangka panjang tanpa menghabiskan sumber daya alam atau menyebabkan kerusakan pada lingkungan atau masyarakat. Insinyur teknik industri memiliki posisi yang tepat untuk berkontribusi pada upaya keberlanjutan, karena keahlian mereka dapat membantu

organisasi mengurangi jejak lingkungan sekaligus meningkatkan laba (Bell, 2011).

Sebagai contoh, insinyur teknik industri dapat menggunakan pengetahuan mereka tentang pemikiran sistem, optimasi proses, dan analisis data untuk mengidentifikasi peluang dalam mengurangi pemborosan dan konsumsi energi dalam proses manufaktur, logistik, dan rantai pasokan (Kissock et al., 2001). Mereka juga dapat merancang produk dan layanan yang lebih ramah lingkungan, bertanggung jawab secara sosial, dan menguntungkan (López et al., 2021). Selain itu, insinyur teknik industri dapat membantu organisasi menerapkan praktik berkelanjutan dengan melakukan audit, mengembangkan metrik, dan memantau kepatuhan terhadap standar peraturan dan etika (Jones et al., 2017). Mereka juga dapat terlibat dengan para pemangku kepentingan, seperti pelanggan, pemasok, dan karyawan, untuk menumbuhkan budaya keberlanjutan dan tanggung jawab sosial (Sundström et al., 2019).

Peran insinyur teknik industri dalam keberlanjutan sangat penting untuk menciptakan dunia yang lebih berkelanjutan. Dengan menggabungkan keahlian teknis mereka dengan komitmen terhadap tanggung jawab etis dan sosial, para insinyur industri dapat membantu organisasi mencapai tujuan mereka sekaligus mempromosikan kebaikan bersama.

I. MANFAAT DARI TEKNIK INDUSTRI YANG BERETIKA DAN BERTANGGUNG JAWAB SECARA SOSIAL

Dalam beberapa tahun terakhir, teknik industri yang beretika dan bertanggung jawab secara sosial menjadi semakin penting. Tidak hanya merupakan hal yang benar untuk dilakukan, tetapi juga menawarkan sejumlah manfaat bagi bisnis dan masyarakat secara keseluruhan (Hendry & Vesilind, 2010). Beberapa manfaat dari penerapan sistem atau teknik industri yang beretika dan bertanggung jawab secara sosial adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan yang beroperasi secara etis dan bertanggung jawab secara sosial cenderung memiliki reputasi yang lebih baik. Hal ini dapat meningkatkan loyalitas pelanggan, meningkatkan penjualan, dan citra publik yang lebih positif. Pelanggan lebih cenderung berbisnis dengan

perusahaan yang mereka percayai dan anggap bertanggung jawab secara sosial.

2. Sistem atau teknik industri yang etis dan bertanggung jawab secara sosial dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi karyawan. Ketika karyawan merasa bahwa mereka bekerja untuk perusahaan yang memberikan dampak positif bagi masyarakat, mereka cenderung lebih bangga dengan pekerjaan mereka dan lebih cenderung berkomitmen pada tujuan dan sasaran perusahaan.
3. Perusahaan yang beroperasi secara etis dan memiliki tanggung jawab sosial memiliki posisi yang lebih baik untuk menarik talenta terbaik. Di pasar kerja saat ini, banyak pencari kerja yang mencari perusahaan yang selaras dengan nilai dan keyakinan mereka. Dengan menunjukkan komitmen terhadap praktik-praktik yang beretika dan bertanggung jawab secara sosial, perusahaan dapat menarik dan mempertahankan karyawan yang terbaik dan terampil.
4. Peningkatan kondisi kerja, pengurangan dampak lingkungan, dan peningkatan dukungan bagi masyarakat lokal dan organisasi amal.

Sistem atau teknik industri yang etis dan bertanggung jawab secara sosial tidak hanya merupakan hal yang benar untuk dilakukan, tetapi juga menawarkan sejumlah manfaat bagi bisnis dan masyarakat secara keseluruhan. Dengan beroperasi secara etis dan bertanggung jawab secara sosial, perusahaan dapat meningkatkan reputasi mereka, melibatkan karyawan, menarik talenta terbaik, dan memberikan dampak positif pada masyarakat.

J. TANTANGAN YANG DIHADAPI DALAM MENERAPKAN PRAKTIK-PRAKTIK YANG BERETIKA DAN BERTANGGUNG JAWAB SECARA SOSIAL DALAM TEKNIK INDUSTRI

Seperti hal dengan bidang lainnya, menerapkan praktik-praktik yang etis dan bertanggung jawab secara sosial di bidang teknik industri bukannya tanpa tantangan. Salah satu tantangan utamanya adalah resistensi terhadap perubahan (Lines et al., 2015). Banyak organisasi yang menolak perubahan karena mereka percaya bahwa hal tersebut dapat berdampak negatif terhadap keuntungan mereka. Pola pikir ini dapat

menyulitkan untuk mendapatkan dukungan dari para pemangku kepentingan dan pengambil keputusan. Selain itu, beberapa organisasi mungkin lebih peduli untuk terlihat etis dan bertanggung jawab secara sosial daripada benar-benar menerapkan praktik-praktik ini. Hal ini dapat menyebabkan perubahan yang dangkal dan tidak memberikan dampak yang signifikan.

Tantangan lainnya adalah kurangnya pedoman dan peraturan yang jelas (Sannier et al., 2011), (Baumgart et al., 2014). Meskipun ada kode etik dan pedoman untuk praktik-praktik yang etis dan bertanggung jawab secara sosial, mereka tidak selalu didefinisikan dengan jelas atau ditegakkan. Hal ini dapat menimbulkan kebingungan dan ketidakpastian tentang praktik-praktik apa saja yang benar-benar etis dan bertanggung jawab secara sosial. Selain itu, mungkin terdapat kurangnya pemahaman di antara karyawan tentang pentingnya praktik-praktik ini, yang dapat menyulitkan penerapannya secara efektif. Menerapkan praktik-praktik yang etis dan bertanggung jawab secara sosial dapat memerlukan banyak biaya dan waktu. Organisasi mungkin perlu berinvestasi dalam teknologi, pelatihan, dan sumber daya baru untuk memastikan bahwa mereka memenuhi standar etika dan tanggung jawab sosial. Hal ini mungkin sulit dilakukan oleh organisasi yang lebih kecil atau mereka yang memiliki sumber daya terbatas.

Terlepas dari tantangan-tantangan ini, penting bagi organisasi teknik industri untuk memprioritaskan praktik-praktik yang etis dan bertanggung jawab secara sosial. Dengan demikian, mereka dapat membangun kepercayaan dengan pelanggan, karyawan, dan pemangku kepentingan lainnya, serta berkontribusi pada masyarakat yang lebih berkelanjutan dan adil.

K. DAMPAK PERKEMBANGAN TEKNOLOGI ARTIFICIAL INTELLIGENCE TERHADAP ETIKA DAN TANGGUNG JAWAB SOSIAL

Teknologi *Artificial Intelligence* (AI) telah mengalami kemajuan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir, membawa perubahan yang mendalam dalam berbagai sektor industri (Lee et al., 2020). Namun, kemajuan ini juga menimbulkan pertanyaan etis yang perlu

dipertimbangkan oleh para insinyur teknik industri. **Gambar 1** adalah contoh bagaimana perkembangan AI telah memunculkan isu tentang privasi dan keamanan data (N. Phelan, 2022). Dalam mengolah data yang besar dan kompleks, AI membutuhkan akses terhadap informasi pribadi dan rahasia perusahaan. Insinyur teknik industri harus memastikan bahwa sistem AI yang mereka rancang melindungi privasi dan kerahasiaan data yang dikumpulkan. Mereka harus mengikuti standar etis dan kebijakan privasi yang ketat, serta mempertimbangkan implikasi jangka panjang dari penggunaan data pribadi dalam konteks AI.



Gambar 4. Inovasi AI berbasis Biometrik yang berkembang pesat saat ini memiliki isu hukum privasi data (Sumber: securitymagazine.com).

Pengambilan keputusan yang dilakukan oleh sistem AI juga perlu dipertimbangkan dari segi etika. Sistem AI cenderung mengandalkan pola dan data historis untuk membuat prediksi dan keputusan. Namun, ini dapat menyebabkan bias yang tidak disengaja dan diskriminasi, terutama jika data pelatihan sistem tersebut tidak representatif secara adil. Insinyur teknik industri harus memastikan bahwa algoritma AI yang mereka gunakan mempertimbangkan keadilan dan tidak memberikan preferensi yang tidak adil kepada kelompok tertentu.

Dalam konteks tanggung jawab sosial, perkembangan AI juga dapat memiliki dampak sosioekonomi yang signifikan. Kemampuan AI untuk menggantikan pekerjaan manusia dapat menyebabkan pengangguran dan ketimpangan ekonomi. Oleh karena itu, insinyur teknik industri harus mempertimbangkan implikasi sosial dari penggunaan AI dan mencari cara

untuk meminimalkan dampak negatifnya. Mereka dapat berperan dalam mengembangkan kebijakan dan solusi yang menjaga keberlanjutan sosial, seperti program pelatihan atau relokasi tenaga kerja.

Selain itu, insinyur teknik industri juga harus mempertimbangkan tanggung jawab terhadap lingkungan dalam pengembangan dan implementasi teknologi AI. Penggunaan sumber daya yang besar dan energi dalam sistem AI dapat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, insinyur perlu mencari cara untuk mengurangi jejak karbon dan mempromosikan penggunaan AI yang ramah lingkungan.

Untuk menghadapi dampak etis dan tanggung jawab sosial AI, insinyur teknik industri perlu mengadopsi pendekatan yang berkelanjutan dan bertanggung jawab. Mereka harus menjaga komitmen terhadap prinsip etis, seperti transparansi, keadilan, dan privasi. Selain itu, mereka juga harus berkolaborasi dengan pemangku kepentingan lainnya, seperti ahli etika, penegak hukum, dan masyarakat umum, untuk memastikan pengembangan dan penggunaan AI yang bertanggung jawab.

L. RANGKUMAN MATERI

Sebagai kesimpulan, insinyur teknik industri memiliki peran penting dalam mempromosikan tanggung jawab etika dan sosial dalam pekerjaan mereka. Sebagai profesional yang terlibat dalam merancang, mengembangkan, dan mengelola sistem dan proses yang kompleks, mereka memiliki kekuatan untuk membentuk dunia tempat kita hidup. Dengan memprioritaskan pertimbangan etika dan tanggung jawab sosial, para insinyur teknik industri dapat membantu menciptakan masyarakat yang lebih adil dan berkelanjutan. Baik itu dengan mengurangi limbah, meningkatkan kondisi kerja, atau mempromosikan kelestarian lingkungan, setiap tindakan yang dilakukan selalu dapat memberikan dampak positif.

Sebagai insinyur teknik industri, mereka harus berusaha untuk membuat keputusan yang tidak hanya layak secara ekonomi tetapi juga bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan. Mereka harus memprioritaskan kesejahteraan manusia dan planet ini di atas keuntungan pribadi atau golongan, dan keuntungan jangka pendek. Hal ini bukan hanya keharusan moral, tetapi juga keharusan strategis. Perusahaan yang memprioritaskan tanggung jawab etis dan sosial akan lebih mudah

menarik dan mempertahankan pelanggan, investor, dan karyawan yang memiliki nilai-nilai yang sama dengan mereka. Dengan demikian, mereka dapat membangun bisnis yang lebih kuat dan tangguh sehingga lebih siap untuk menghadapi tantangan di masa depan. Oleh karena itu, semua insinyur teknik industri diharapkan untuk mengambil sikap proaktif dalam hal etika dan tanggung jawab sosial dan menjadikannya sebagai bagian inti dari pekerjaan mereka. Dengan demikian, kita dapat membangun dunia yang lebih baik untuk diri kita sendiri dan generasi mendatang.

Perkembangan AI telah membawa dampak yang signifikan terhadap etika dan tanggung jawab sosial seorang insinyur teknik industri. Insinyur perlu memperhatikan isu-isu seperti privasi data, bias, dampak sosioekonomi, dan keberlanjutan lingkungan. Dengan mengambil langkah-langkah yang bertanggung jawab dan melibatkan pemangku kepentingan, mereka dapat memastikan bahwa penggunaan AI berjalan sejalan dengan nilai-nilai etis dan memberikan manfaat yang positif bagi masyarakat secara keseluruhan.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Bagaimana etika dan tanggung jawab sosial memainkan peran penting dalam Teknik Industri dan mengapa insinyur industri harus mempertimbangkan dampak jangka panjang dari keputusan mereka terhadap masyarakat dan lingkungan?
2. Apa manfaat dan dampak sosial yang dapat dihasilkan oleh penggunaan sumber energi terbarukan dalam operasi perusahaan, dan bagaimana insinyur teknik industri dapat berperan dalam mendorong adopsi sumber energi terbarukan?
3. Apa manfaat yang dapat diperoleh oleh perusahaan yang menerapkan praktik beretika dan bertanggung jawab secara sosial, termasuk peningkatan reputasi, keterlibatan karyawan, penarikan talenta terbaik, dan dampak positif pada masyarakat?
4. Apa tantangan utama yang dihadapi oleh insinyur teknik industri dalam menerapkan praktik-praktik yang beretika dan bertanggung jawab secara sosial, termasuk resistensi terhadap perubahan, kurangnya pedoman yang jelas, kurangnya pemahaman karyawan, dan keterbatasan sumber daya?

5. Apa implikasi etis dari penggunaan sistem AI dalam pengambilan keputusan, terutama terkait dengan potensi bias dan diskriminasi, dan bagaimana insinyur teknik industri dapat memastikan bahwa algoritma AI yang mereka gunakan mempertimbangkan keadilan dan menghindari preferensi yang tidak adil kepada kelompok tertentu?

DAFTAR PUSTAKA

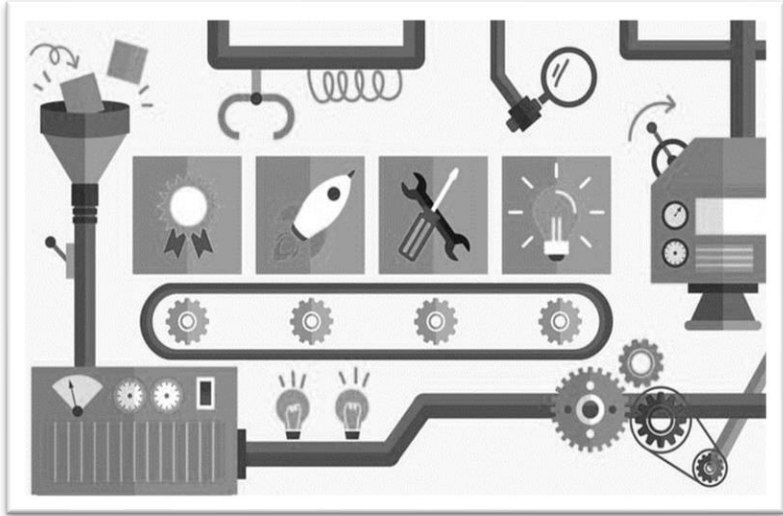
- Baillie, C., & Levine, M. (2013). Engineering Ethics from a Justice Perspective: A Critical Repositioning of What It Means To Be an Engineer. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace*, 2(1), 10–20. <https://doi.org/10.24908/ijesjp.v2i1.3514>
- Baumgart, S., Fröberg, J., & Punnekkat, S. (2014). *Industrial Challenges to Achieve Functional Safety Compliance in Product Lines*. <https://doi.org/10.1109/seaa.2014.81>
- Beder, S. (1997). Engineers, Ethics and Sustainable Development. In *Structures and Norms in Science* (Vol. 2). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0538-7_8
- Beér, J. M. (2007). High efficiency electric power generation: The environmental role. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33(2), 107–134. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2006.08.002>
- Bell, S. (2011). Engineers, Society, and Sustainability. *Synthesis Lectures on Engineers, Technology and Society*, 6(3), 1–109. <https://doi.org/10.2200/s00378ed1v01y201108ets017>
- Berdanier, C. G., Tang, X., & Cox, M. F. (2018). Ethics and Sustainability in Global Contexts: Studying Engineering Student Perspectives Through Photoelicitation. *Journal of Engineering Education*, 107(2), 238–262. <https://doi.org/10.1002/jee.20198>
- Boucher, M. (2019). Transportation Electrification and Managing Traffic Congestion: The role of intelligent transportation systems. *IEEE Electrification Magazine*, 7(3), 16–22. <https://doi.org/10.1109/mele.2019.2925730>
- Canney, N. E., & Bielefeldt, A. R. (2015). A Framework for the Development of Social Responsibility in Engineers. *International Journal of Engineering Education*, 31(1), 414–424. <http://ethics.iit.edu/eelibrary/node/21107>
- Chalk, R. (1981). Ethical dilemmas in modern engineering. *Technology and Society*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.1109/ts.1981.6500699>
- Davidson, C. I., Matthews, H. S., Hendrickson, C., Bridges, M. D., Allenby, B., Crittenden, J. C., Chen, Y., Williams, E., Allen, D. T., Murphy, C. F., &

- Austin, S. D. W. (2007). Viewpoint: Adding Sustainability to the Engineer's Toolbox: A Challenge for Engineering Educators. *Environmental Science & Technology*, 41(14), 4847–4849. <https://doi.org/10.1021/es072578f>
- Davim, J. P. (2013). Industrial Engineering. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering*, 3(2), 74–75. <https://doi.org/10.4018/ijmmme.2013040106>
- Dongre, A., Bhange, A., Dhamdhare, A., & Kulkarni, V. (2020). Improving Productivity in the Manufacturing Industry by using Industrial Engineering Tools and techniques. *International Journal of Management and Humanities*, 4(10), 58–60. <https://doi.org/10.35940/ijmh.j0951.0641020>
- Evandio, A. (2023, March 25). Mowilex Sebut Pabrik Barunya Mampu Reduksi Emisi Karbon Hingga 7 Persen. *Bisnis.com*. <https://lifestyle.bisnis.com/read/20230326/220/1640553/mowilex-sebut-pabrik-barunya-mampu-reduksi-emisi-karbon-hingga-7-persen>
- Galbreth, M. R., & Ghosh, B. (2013). Competition and Sustainability: The Impact of Consumer Awareness. *Decision Sciences*, 44(1), 127–159. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2012.00395.x>
- Hanusch, D., & Birkhofer, H. (2010). Creating Socially Sustainable Products - Examining Influence and Responsibility of Engineering Designers. *DS 60: Proceedings of DESIGN 2010, the 11th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia*, 771–778. https://www.designsociety.org/download-publication/29422/creating_socially_sustainable_products_%E2%80%93_examining_influence_and_responsibility_of_engineering_designers
- Hasanov, P., Jaber, M. Y., Zaroni, S., & Zavanella, L. (2013). Closed-loop supply chain system with energy, transportation and waste disposal costs. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(4), 352–358. <https://doi.org/10.1080/19397038.2012.762433>
- Hendry, J. R., & Vesilind, P. A. (2010). Ethical motivations for green business and engineering. *IEEE Engineering Management Review*, 38(2), 54–63. <https://doi.org/10.1109/emr.2010.5496957>

- Iorga, C., Desrochers, A., & Smeesters, C. (2012). Engineering Design from a Safety Perspective. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.
<https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.4654>
- Jones, S. M., Michelfelder, D. P., & Nair, I. (2017). Engineering managers and sustainable systems: the need for and challenges of using an ethical framework for transformative leadership. *Journal of Cleaner Production*, 140, 205–212.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.009>
- Kissock, K., Hallinan, K. P., & Bader, W. (2001). Energy and Waste Reduction Opportunities in Industrial Processes. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 21(1), 40–53.
<https://doi.org/10.1080/10485230109509571>
- Knoflachner, H. (2017). Engineering Tools and Solutions for Sustainable Transportation Planning. *Advances in Civil and Industrial Engineering Book Series*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2116-7>
- Kosky, P., Balmer, R., Keat, W., & Wise, G. (2021). Industrial Engineering. In *Elsevier eBooks* (pp. 229–257). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815073-3.00011-9>
- Lee, E., Bae, H., Kim, H. J., Hyonyoung, H., Kwi, L. Y., & Son, J. (2020). Trends in AI Technology for Smart Manufacturing in the Future. *Electronics and Telecommunications Trends*.
<https://doi.org/10.22648/etri.2020.j.350106>
- Lines, B., Sullivan, K., Smithwick, J., & Mischung, J. (2015). Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1170–1179.
<https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.008>
- Lisserre, M., Sauter, T., & Hung, J. Y. (2010). Future Energy Systems: Integrating Renewable Energy Sources into the Smart Power Grid Through Industrial Electronics. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 4(1), 18–37. <https://doi.org/10.1109/mie.2010.935861>

- López, N. V., Martín, J., Biedermann, A., Sáenz, J. D., & Fernández-Vazquez, A. (2021). Projecting More Sustainable Product and Service Designs. *Sustainability*, *13*(21), 11872. <https://doi.org/10.3390/su132111872>
- López-Ramírez, M. E., Rojas-Trejos, C. A., & González-Velasco, J. (2017). Inventory control model using the Two-Bin System methodology in the hospital network of the City of Cali, Colombia. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, *8*(2), 19–24. <https://dblp.uni-trier.de/db/journals/ijcopi/ijcopi8.html#Lopez-RamirezRG17>
- Luis, V. P., Nora, M., Andrea, Z., Javier, E., & Amina, M. (2009). Industrial Engineering's Perspective of CSR. In *Springer eBooks* (pp. 177–189). https://doi.org/10.1007/978-3-642-02630-0_10
- Lund, P. (2009). Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy. *Renewable Energy*, *34*(1), 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.03.018>
- Martin, M. (2002). Personal meaning and ethics in engineering. *Science and Engineering Ethics*, *8*(4), 545–560. <https://doi.org/10.1007/s11948-002-0008-3>
- N. Phelan, R. (2022, June 12). *Data Privacy Law and Intellectual Property Considerations for Biometric-Based AI Innovations*. securitymagazine.com. Retrieved May 21, 2023, from <https://www.securitymagazine.com/articles/92559-data-privacy-law-and-intellectual-property-considerations-for-biometric-based-ai-innovations>
- Nazzal, D., Zabinski, J., Hugar, A., Reinhart, D. R., Karwowski, W., & Madani, K. (2015). Introduction of Sustainability Concepts into Industrial Engineering Education: a Modular Approach. *Advances in Engineering Education*, *4*(4). <http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1077845.pdf>
- Osorio, N. L., & Otieno, A. (2006). Industrial and manufacturing engineering. In *CRC Press eBooks* (pp. 360–390). <https://doi.org/10.1201/9780203966167.ch14>
- Robertson, R. (2020). Pioneering a New Approach to Improving Working Conditions in Developing Countries: Better Factories Cambodia.

- Rosen, M. A. (2001). Teaching the Environmental Impact of Industrial Processes. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 29(1), 39–52. <https://doi.org/10.7227/ijmee.29.1.5>
- Rosmulder, R. (2011). *Improving healthcare delivery with lean thinking*. <https://doi.org/10.3990/1.9789036532587>
- Salado, A. (2018). *Industrial Engineering Beyond Numbers: Optimizing under Ethics*. <https://doi.org/10.18260/1-2--28521>
- Sannier, N., Baudry, B., & Nguyen, T. D. (2011). *Formalizing standards and regulations variability in longlife projects. A challenge for Model-driven engineering*. <https://doi.org/10.1109/modre.2011.6045368>
- Schinzinger, R. (1999). *Introduction to Engineering Ethics*. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA4923230X>
- Seliger, G., Bayat, N., Consiglio, S., Mernissi, A. E., Friedrich, T. C., Früsch, I., Gegusch, R., Harms, R. T., Hollan, R., Jungk, H. G., Kernbaum, S., Kind, C., Krause, F., Odry, D., Reise, C., Romahn, A., Rothenburg, U., Seliger, G., Sönnichsen, C., . . . Takata, S. (2007). Sustainability in Manufacturing. In *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-49871-1>
- Sundström, A., Ahmadi, Z., & Mickelsson, K. (2019). Implementing Social Sustainability for Innovative Industrial Work Environments. *Sustainability*, 11(12), 3402. <https://doi.org/10.3390/su11123402>
- Young, T., Brailsford, S. C., Connell, C., Davies, R., Harper, P., & Klein, J. D. (2004). Using industrial processes to improve patient care. *BMJ*, 328(7432), 162–164. <https://doi.org/10.1136/bmj.328.7432.162>



PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

BAB 14: PENGEMBANGAN KARIR DI TEKNIK INDUSTRI

Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T., IPM.

Universitas Katolik Musi Charitas

BAB 14

PENGEMBANGAN KARIR DI TEKNIK INDUSTRI

A. PENDAHULUAN

Kunci sukses pengembangan karir di bidang Teknik Industri adalah dengan terus melakukan perubahan *mindset* sumber daya manusia (SDM)-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri secara cepat (*FAST*) dan dilakukan dengan menyenangkan-*joyful* (*FUN*). Jika lambat tergilas dengan hadirnya teknologi yang terus berkembang. Karena perubahan harus dilandasi niat, kesungguhan dan kesadaran diri untuk berubah. Meskipun ada pengaruh perubahan zaman dan perkembangan ilmu pengetahuan, hendaknya Ilmu Teknik Industri tetap mempertahankan keunikannya yaitu focus mengkaji interaksi manusia dengan berbagai komponen lain dalam sistem terintegrasi di industri. Kemajuan keilmuan dan pengembangan karir di Teknik Industri harus mampu memberikan nilai manfaat besar bagi kemanusiaan.

Outcome learning Setelah membaca dan mempelajari Materi Bab 14. Perkembangan Karir di Teknik Industri ini, mahasiswa-mahasiswi Prodi Teknik Industri dan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri diharapkan memiliki sikap, perilaku dan kemampuan/kompetensi sebagai berikut:

1. Mampu mendeskripsikan sejarah perkembangan, pengertian, ciri dan peran Keilmuan Teknik Industri dan ruang lingkup pengembangan karir/pekerjaannya. Konsep berpikir dengan sistem, sistem terintegrasi dan performansi. *Body of Knowledge* (BoK) Teknik Industri. Pengaruh perkembangan Industri 4.0, Society 5.0 dan isu-isu Keilmuan Teknik Industri terkini lainnya.

2. Memiliki keberanian dalam melakukan perubahan pola pikir dengan cara cepat (*FAST*) dan menyenangkan-*joyful* (*FUN*) terhadap perkembangan Keilmuan Teknik Industri di era Industri 4.0 yang menuju era Society 5.0 serta kaitannya dengan Keilmuan Teknik Industri.
3. Mampu memahami dan mengadaptasi perkembangan Pendidikan Tinggi Teknik Industri di Indonesia yang selalu *link and match* terhadap DUDI (Dunia Usaha dan Dunia Industri).
4. Memiliki keberanian dalam menghadapi era transformasi digital dan era disrupsi atau Industri 4.0 menuju era Society 5.0 untuk segera merevolusi diri, tidak hanya mengenai teknis bekerja, namun ke dalam hal yang lebih substansi, yaitu perubahan pola pikir (*mindset*).
5. Memiliki etos dan disiplin dalam *long life learning* tentang *skills* dalam bidang keteknikan dan *skills* untuk menunjang kemampuan pengembangan karir di Teknik Industri sebagai seorang *engineer* atau *problem solver*, yaitu; a) *Problem solving*, (b) *Industry knowledge*, (c) *Team work*, (d) *Technical skills*, dan (e) *Motivation*.

B. PERUBAHAN POLA PIKIR

Menghadapi era transformasi digital dan era disrupsi atau Industri 4.0, menuntut SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri untuk segera merevolusi diri, tidak hanya mengenai teknis bekerja, namun ke dalam hal yang lebih substansi, yaitu perubahan pola pikir (*mindset*). Pola pikir adalah paradigma berpikir orang, yang ditentukan oleh pengaturan diri yang mendahului pemikiran dan tindakan. Disrupsi (*disruption*) adalah perubahan yang dihasilkan dari inovasi besar-besaran dan radikal yang membuat banyak sekali produk, teknologi, cara-cara dan metode yang sebelumnya kita kenal (Kasali, 2018). Ada 2 (dua) paradigma manusia dalam menyikapi peristiwa disrupsi sebagai berikut.

1. Pola pikir tetap (*fixed mindset*).

Mereka yang tidak memiliki jiwa yang tangguh dan berani menghadapi tantangan dan menyerah pada tantangan dengan mudah. Mereka hanya melihat bahwa usahanya sia-sia dan umpan baliknya negatif.

2. Pola pikir berkembang (*growth mindset*).

Mereka selalu terbuka terhadap informasi dan melihat peluang baru di setiap perubahan. Mereka memahami bahwa keterampilan, kemampuan dan kecerdasan adalah hal-hal yang dapat dikembangkan sesuai kebutuhan. Mereka selalu menerima tantangan dan melihatnya sebagai peluang.

Berpijak pada 2 (dua) paradigma manusia dalam menyikapi peristiwa disrupsi di atas, maka diperlukan penyiapan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri melalui perubahan pemikiran. Mengubah paradigma berpikir tentu tidak mudah, karena dengan setiap perubahan selalu ada keengganan untuk melakukan sesuatu yang baru. SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang terperangkap dalam *yesterday logic*, takut terhadap perubahan dan terlalu puas dengan capaian saat ini. *Mindset* bukan hanya harus dipahami, melainkan juga harus dilatih. Untuk melepaskan diri dari pola pikir kaku yang cenderung mempertahankan status *quo* dan kemudian mengubahnya dengan pola pikir berkembang, seseorang harus melalui 3 (tiga) langkah proses, yaitu; kemampuan melihat (*to see is to believe*), bergerak, dan menyelesaikan sampai tuntas (Kasali, 2018). Sebagian SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang melihat ternyata tidak bergerak dan sebagian yang bergerak, namun gagal menyelesaikan perubahan itu sampai tuntas.

Setiap langkah ditentukan oleh paradigma berpikir. *Growth mindset* menjadi pionir pengembangan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri untuk implementasi Revolusi Industri 4.0 menuju Society 5.0. SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri dengan *growth mindset* termotivasi untuk terus berubah dari hari ke hari menjadi pribadi yang lebih baik.

Kunci sukses dalam mendorong perubahan pola pikir SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri adalah melakukannya dengan cepat (*FAST*) dan dengan menyenangkan-*joyful* (*FUN*). Kenapa harus cepat? Kalau lambat, terbebani oleh kehadiran teknologi yang terus berkembang. Kenapa harus dengan menyenangkan-*joyful* (*FUN*)? Karena perubahan harus didasari niat, keikhlasan dan kesadaran diri untuk berubah (Tahar et al., 2022).

1. **FAST**

- a. *Forget the past.* Lupakan masa lalu dan raih masa depan dengan memperbaiki diri, berusaha maju dan berbuat lebih baik untuk mencapai visi dan misi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia, misalnya menjadi mesin utama pertumbuhan ekonomi Indonesia yang produktif, kompetitif, inklusif dan berkeadilan.
- b. *Adaptive to change.* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus mampu memahami arah perubahan Revolusi Industri 4.0 menuju Society 5.0 agar mampu beradaptasi dengan gelombang besar perkembangan teknologi.
- c. *Skill-ful and creativity.* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus memiliki keterampilan dan kreativitas yang memadai berdasarkan ISEBoK sesuai kebutuhan tugas dan perkembangan teknologi. Pengembangan keterampilan dan kreativitas terjadi melalui penerapan dan pengembangan kecerdasan emosional yang seimbang (*emotional quotient*), kecerdasan spiritual (*spiritual quotient*), kecerdasan kreatif (*creative quotient*), kecerdasan adversitas (*adverse quotient*), dan kecerdasan diri terbaik (*transcendental quotient*). Ketidaksinkronan antara IQ, EQ, SQ, CQ, AQ, dan TQ mengakibatkan pembangunan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia tidak dapat mencapai hasil yang maksimal.
- d. *Time oriented.* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia perlu menyelesaikan tugas tepat waktu dan menetapkan prioritas tanpa melupakan keseimbangan antara kehidupan dan pekerjaan (*work-life balance*).

2. **FUN**

- a. *Fancy environment.* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia yang peduli lingkungan (*eco-friendly*) menawarkan solusi inovatif yang mempertimbangkan masalah lingkungan
- b. *Use technology.* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus menjadi elit teknologi yang dapat menggunakan data orisinal untuk memecahkan masalah utama dan berinteraksi dengan Revolusi Industri 4.0 menuju Society 5.0. Selain itu, harus

menguasai kemampuan: 1) literasi data, yaitu kemampuan membaca, menganalisis, dan memanfaatkan informasi *big data* dalam dunia digital, 2) literasi teknologi, yaitu memahami cara kerja mesin dan aplikasi teknologi (*coding*, *artificial intelligence*, dan *engineering principles* dan 3) literasi manusia, yaitu *humanities*, komunikasi, dan desain.

- c. *Networking*. SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus dapat mengembangkan jaringan untuk memudahkan komunikasi antar divisi, memudahkan berbagai proses kerja secara efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (ENASE), mempercepat arus informasi, integrasi data dan sebagainya (Setiawan, 2021).

C. PERKEMBANGAN KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI

Ilmu Teknik Industri merupakan sebuah ilmu kerekayasaan yang memiliki obyek kajian sistem integral yang terdiri dari manusia sebagai unsur utama, mesin dan material. Hasil keluaran dari garapan ilmu ini bukan produk riil, melainkan nilai tambah (*added value*). Berbeda dengan disiplin ilmu kerekayasaan lainnya, Teknik Industri mengkaji secara intens proses interaksi antara manusia dengan manusia, manusia dengan mesin dan manusia dengan material. Sedangkan interaksi antara mesin dengan material menjadi garapan utama disiplin ilmu kerekayasaan lainnya.

Perkembangan ilmu Teknik Industri tidak terlepas dari peran perkembangan ilmu pengetahuan dan bidang teknik lainnya. Melalui prinsip-prinsip filsafat ilmu, Teknik Industri senantiasa berkembang menyesuaikan diri dengan perkembangan ilmu pengetahuan lainnya dan tuntutan kebutuhan DUDI. Ilmu Teknik Industri, disiplin teknik dan sains lainnya berinteraksi dan berkembang bersama. Sulistyowati dan Sutopo (2015) berpendapat bahwa Ilmu Teknik Industri berkembang dengan menerapkan ide-ide baru yang berguna bagi kehidupan manusia. Hal ini juga didukung oleh Mendoza et al. (2016) yang menyatakan bahwa Ilmu Teknik Industri berperan dalam perkembangan masyarakat. Menurutnya, Ilmu Teknik Industri memiliki kemampuan yang telah teruji untuk memenuhi kebutuhan berbagai sektor antara lain; sosial, ekonomi, keuangan, lingkungan dan komputer.

Penerapan Industri 4.0 memang belum meluas, namun perlahan tapi pasti menguasai dan segera menuju era Society 5.0. Industri 4.0 membutuhkan fase riset yang cukup panjang untuk menghasilkan konsep yang matang dan hasil yang konkrit (Roser, 2015). Beberapa hal yang dapat membentuk peran SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia adalah: (1) berperan dalam membangun *platform* Industri 4.0 untuk berbagai jenis dan level industri, terutama industri/usaha kecil dan menengah, (2) mengembangkan sistem SDM dan pengupahan tenaga kerja, karena peran manusia yang mulai tergantikan teknologi, (3) partisipasi dalam pembangunan algoritma sistem informasi yang diperlukan untuk penerapan Industri 4.0, (4) penerapan prinsip *human factor* dan ergonomi (misalnya desain tempat kerja, distribusi otomatisasi dan peran manusia, dan sebagainya) (Setiawan, 2017) dan (5) pengembangan model dan proses bisnis baru yang menerapkan Industri 4.0 dan kemungkinan peran lain yang dapat dieksplorasi lebih lanjut. Selain berbagai peran tersebut, diperlukan pula penyesuaian dan pemutakhiran kurikulum Teknik Industri agar Keilmuan Teknik Industri siap menghadapi perubahan yang sedang terjadi dan lulusan yang *Mix and match* tetap dibutuhkan di DUDI.

D. INDUSTRI 4.0, SOCIETY 5.0 DAN KAITANNYA DENGAN KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI

Menurut kanselir Jerman, Angela Merkel (2014), Industri 4.0 adalah transformasi komprehensif dari keseluruhan aspek produksi di industri melalui penggabungan teknologi digital dan internet dengan industri konvensional. *German Trade and Invest* dalam MacDougall (2014) menjelaskan lebih detail bahwa “*Smart industry or INDUSTRIE 4.0 refers to the technological evolution from embedded systems to cyber-physical system. INDUSTRIE 4.0 represents the coming fourth industrial revolution on the way to an Internet of Things, Data and Services. Decentralized intelligence helps create intelligent object networking and independent process management, with the interaction of thereal and virtual worlds representing a crucial new aspect of the manufacturing and production process*”. Berdasarkan penjelasan tersebut, dapat disimpulkan ada beberapa teknologi yang menjadi penopang Industri 4.0. Teknologi

tersebut adalah *cyber-physical system*, internet dan jaringan, *data and services* serta teknologi manufaktur. Penjelasan yang lebih mudah dipahami mungkin dapat mengacu pada pendapat Federasi Industri Jerman/BDI (2016) yang menjelaskan bahwa Industri 4.0 memiliki sifat atau komponen sebagai berikut: (1) *social machines*, (2) *global facility and virtual production*, (3) *smart product*, dan (4) *smart services*.

Seiring penyesuaian dengan Revolusi Industri 4.0 tersebut, saat ini Indonesia dan dunia sedang menuju adaptasi suatu gagasan baru pada awal Januari 2019 yaitu "Society 5.0" oleh Shinzo Abe yang merupakan Perdana Menteri Jepang dalam *World Economic Forum* di Davos Swiss. Menurut Shinzo Abe Industri 4.0 didasarkan pada konsep kecerdasan buatan (AI), sebaliknya Society 5.0 lebih dipusatkan pada SDM itu sendiri. Society 5.0 dianggap sebuah konsep yang dibangun atas dasar manusia dan teknologi. Pada era ini masyarakat dihadapkan dengan suatu kehidupan yang didampingi dengan kecanggihan teknologi. Lebih detail Davies (2015). menjelaskan bahwa Society 5.0 berfokus pada penggunaan alat dan teknologi yang dikembangkan di era Industri 4.0 untuk memberi manfaat bagi umat manusia. Sistem cerdas yang dikembangkan oleh Industri 4.0 dapat dilihat oleh publik sebagai keuntungan. Masyarakat masa depan dapat memanfaatkan teknologi canggih dalam memecahkan masalah dan ekonomi. Society 5.0 memiliki fokus khusus untuk memposisikan SDM sebagai pusat inovasi, transformasi teknologi, dan otomasi industri.

Era Revolusi Industri 4.0 membuka peluang bagi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia untuk belajar dan mengajarkan keterampilan baru yang tidak dapat dilakukan oleh AI, menggali bakat yang belum diketahui, serta menciptakan generasi baru yang terampil di bidang yang lebih beragam. *World Economic Global Risk* tahun 2017, menyebutkan bahwa Revolusi Industri 4.0 memiliki potensi untuk menaikkan tingkat pendapatan dan kualitas hidup bagi semua orang (Savitri, 2019). Aspek positif dari Revolusi Industri 4.0 menciptakan nilai tambah (*added value creation*), proses kerja yang lebih efisien, dan perumusan model bisnis yang baru (Tahar, dkk. 2022). Revolusi Industri 4.0 dibangun untuk memudahkan pekerjaan manusia, namun di balik peluang yang menggiurkan, tentu ada tantangan yang harus dihadapi di era Revolusi

Industri 4.0. Tantangan terbesar Indonesia dalam menghadapi Revolusi Industri 4.0 adalah kesenjangan digital akibat minimnya pengetahuan SDM dalam mengoptimalkan teknologi digital dan infrastruktur (Berita Satu, 2018). Teknologi Revolusi Industri 4.0 yang berkembang sangat pesat jika tidak dikelola dengan baik menimbulkan dampak yang merusak terhadap seluruh sistem produksi, manajemen, dan pemerintahan dalam rangka skala global. Menurut Mello (2015), tantangan bagi organisasi untuk merespon perubahan teknologi baru, sebagai berikut; (1) perlunya meningkatkan *skills* dan *work habits* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri, (2) tersingkirnya jabatan tingkat rendah dan level manajerial, (3) hierarki berkurang, lebih berorientasi pada kerjasama atau kolaborasi, dan (4) kehidupan pekerja pada era Revolusi Industri 4.0 didominasi oleh *self-directed striving for personally valued career outcomes*.

Perkembangan teknologi otomatisasi bertemu dengan teknologi *cyber* tidak dipungkiri memiliki tantangan tersendiri bagi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia. Adapun tantangan yang dihadapi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri, antara lain:

1. Proses bisnis (*business process*). DUDI akan mengalami banyak perubahan, sehingga SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang semula produktif, menjadi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang *idle* (Yasa, 2021).
2. Restrukturisasi organisasi memerlukan penyesuaian, pencocokan, dan penataan ulang komposisi, jumlah, dan kualitas SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang dibutuhkan (Gliemourinsie, 2016).
3. Resistensi atas perubahan kultur proses pembelajaran karena sebagian besar SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri merupakan generasi milenial dan melek teknologi, namun masih ada sebagian SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang terbiasa dengan pelatihan klasikal dan status *quo* yang telah terbentuk sebelumnya (Hasibuan, 2016).

E. PERKEMBANGAN PENDIDIKAN TINGGI TEKNIK INDUSTRI DI INDONESIA

Pendidikan Tinggi Teknik Industri di Indonesia telah berjalan lebih dari 50 tahun dan telah berkembang sangat pesat dengan mencetak SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia yang berkarir di DUDI. Saat ini terdapat 258 Program Studi (Prodi) Teknik Industri jenjang sarjana yang terdaftar pada Pangkalan Data Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2022). Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri Indonesia (BKSTI) telah mengeluarkan Kurikulum Inti Prodi Sarjana Teknik Industri tahun 2022 yang pada dasarnya merupakan rekomendasi standar kurikulum yang terus diperbaharui dengan memperhatikan landasan hukum pendidikan tinggi di Indonesia, *Industrial Engineering Body of Knowledge* (IEBoK), standar capaian pembelajaran Teknik Industri sesuai dengan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia (SKKNI) dan standar kompetensi pendidikan tinggi teknik, serta perkembangan terkini keilmuan Teknik Industri (BKSTI, 2022).

Dalam perkembangan terkini, *Institute of Industrial and Systems Engineers* (IISE, 2021) mendefinisikan Teknik Industri sebagai berikut: *“Industrial and systems engineering (ISE) is concerned with the design, improvement, and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment, and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design, to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems”*. Keilmuan Teknik Industri memiliki 14 elemen *Body of Knowledge-ISEBoK* (IISE, 2021), yang direlevankan dengan pengembangan karir di Teknik Industri meliputi: 1) *Work Design and Measurement*, 2) *Operation Research & Analysis*, 3) *Engineering Economic Analysis*, 4) *Facilities Engineering & Energy Management*, 5) *Quality & Reliability Engineering*, 6) *Ergonomics & Human Factors*, 7) *Operation Engineering & Management*, 8) *Supply Chain Management*, 9) *Engineering Management*, 10) *Safety*, 11) *Information Engineering*, 12) *Design & Manufacturing Engineering*, 13) *Product Design & Development*, 14) *System Design & Engineering*. Rumusan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) disarankan untuk memuat kemampuan yang diperlukan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri

Indonesia dalam era Industri 4.0, antara lain: literasi data, literasi teknologi, literasi manusia, keterampilan abad 21 yang menumbuhkan HOTS (*high order thinking skills*), pemahaman era Industri 4.0 dan perkembangannya yang menuju Society 5.0, pemahaman ilmu untuk kemaslahatan, dan kompetensi tambahan program Merdeka Belajar-Kampus Merdeka (MBKM). Empat belas (14) elemen *Body of Knowledge* dan CPL tersebutlah yang membekali perkembangan karir di Teknik Industri.

F. PERKEMBANGAN KARIR DI TEKNIK INDUSTRI

Perkembangan Pendidikan Tinggi Teknik Industri di Indonesia dan perubahan pola pikir akan berdampak pada adaptasi perkembangan karir di Teknik Industri. Kehadiran Industri 4.0 akan memberikan manfaat dalam hal peningkatan produktivitas, efisiensi, fleksibilitas dan tingkat kustomisasi produk yang tinggi bagi DUDI. Namun di sisi lain, setiap perubahan dapat membawa dampak lain yang merugikan. Menurut pendapat Schwab (2015), kehadiran Industri 4.0 akan memiliki beberapa dampak yaitu, (1) adanya kesenjangan yang luar biasa terkait tenaga kerja "*low-skills/low-pay*" dan "*high skills/high-pay*", (2) pengambil keuntungan terbesar hanyalah pihak yang memiliki modal dan teknologi, (3) ketidakstabilan dunia bisnis karena perubahan yang sangat cepat, (4) ketidaksiapan pemerintah dalam mengimbangi perubahan yang cepat di masyarakat, (5) isu keamanan dan privasi data, dan (6) munculnya fenomena "*robotisasi*" kemanusiaan.

Sackey (2016) menegaskan bahwa Insinyur Teknik Industri harus mulai membekali diri dengan pengetahuan dan kecakapan (terutama) dalam bidang analisis *bigdata* dan *human-machine interface*. Mendoza dkk (2016) juga menyarankan hendaknya Keilmuan Teknik Industri ke depannya harus mampu mengintegrasikan konten rekayasa, sains dan teknologi dengan kemanusiaan. Tahar, dkk, (2022) menjelaskan bahwa SDM pada era Revolusi Industri 4.0 perlu meningkatkan kompetensi dalam memanfaatkan teknologi digital seperti *big data*, *internet of things*, *robot* dan *Artificial Intelligence*. Program-program untuk meningkatkan keterampilan tersebut sangat penting untuk dipahami sehingga SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri mampu beradaptasi dengan tuntunan

industri. Kompetensi *work 4.0* merupakan suatu kombinasi *hard skill, soft skill*, keahlian mengolah Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dan pengetahuan untuk menyongsong Revolusi Industri 4.0 menuju Society 5.0. Kompetensi yang harus dimiliki SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri era *work 4.0* antara lain; (1) digitalisasi lingkungan kerja berdasarkan teknologi, (2) kolaborasi dengan sistem *cyber*, (3) proses kerja fleksibel yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan, (4) tugas-tugas Mental, (5) tim kerja SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia diharapkan mampu beradaptasi dengan paradigma revolusi industri. Pada era Society 5.0 lebih memprioritaskan agar SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri mampu menyesuaikan dengan tantangan di masa yang akan datang dengan *High Order Thinking Skills* (HOTS). Dengan memiliki daya pikir yang tinggi, fleksibel dan metodis, SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri mampu menggunakan ilmu pengetahuan modern (*internet of things, robot, artificial intelligence*). Dalam dunia kerja yang menuju era Society 5.0 para individu di tempat kerja diharapkan meningkatkan *soft skills* untuk beradaptasi dengan era digital saat ini. Poin yang perlu diperhatikan dalam upaya pengembangan SDM Sarjana (Insinyur) Teknik Industri menuju kompetensi yang unggul pada era digital adalah; (1) *digital skill for digital competency*. Kompetensi digital adalah pengetahuan, keterampilan, sikap dan kesadaran yang dibutuhkan saat menggunakan teknologi informasi. Sehingga selama studi maupun saat bekerja penting bagi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri atau manajemen harus serius meningkatkan pelatihan keterampilan dalam mencapai kompetensi digital, (2) penerapan *digital competency development*. Kemampuan digital serta penerapan digital yang baik merupakan suatu keberhasilan institusi dalam penerapan teknologi digital, (3) peningkatan *human value*. Pengembangan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri yang meliputi pengembangan identitas diri, yaitu menumbuhkan rasa empati dan simpati, mampu berinteraksi/komunikasi dengan golongan sosial manapun sehingga mampu bertahan dalam segala dinamika.

Untuk menyukkseskan adaptasi Revolusi Industri 4.0 dan dalam menuju Society 5.0, ada tiga level kompetensi individu SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia yang harus dikembangkan, yaitu:

1. Kompetensi Interpersonal. Kompetensi interpersonal meliputi komunikasi, kolaborasi (*virtual*), kecerdasan sosial dan kompetensi antar budaya.
2. Kompetensi Intrapersonal. Kompetensi intrapersonal meliputi berpikir kritis, membuat akal, berpikir adaptif dan integrasi, trans disiplinier dan pengarahan diri sendiri.
3. Meningkatkan keterampilan TIK. Keterampilan TIK termasuk keahlian dalam teknologi informasi dan komunikasi, pemikiran komputasi, literasi media sosial dan kesadaran keamanan informasi.

Era Revolusi Industri 4.0 menuntut kesiapan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia yang handal, inovatif, kreatif, berjiwa *entrepreneurship*, dan memiliki 10 (sepuluh) keterampilan, sebagai berikut (Hartati dan Arfin, 2020):

1. *Complex problem solving*. Keterampilan memecahkan masalah yang kompleks mulai dari identifikasi, menentukan elemen utama, melihat berbagai kemungkinan sebagai solusi, mengambil tindakan untuk memecahkan masalah dan menemukan informasi baru untuk memecahkan masalah.
2. *Critical thinking*. Keterampilan berpikir rasional dan kognitif serta mengembangkan strategi yang meningkatkan umpan balik seperti yang diharapkan. Berpikir kritis juga disebut sebagai berpikir dengan tujuan yang jelas, beralasan dan berorientasi pada tujuan.
3. *Creativity*. Keterampilan untuk terus berinovasi, menemukan sesuatu yang unik, orisinal atau sejenis mengembangkan yang sudah ada dan bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan.
4. *People management*. Keterampilan *leadership* untuk mengatur, memimpin, dan memanfaatkan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri secara efektif, efisien, dan tepat sasaran.
5. *Coordinating with other*. Keterampilan untuk berkolaborasi dengan orang lain di dalam dan di luar organisasi.
6. *Emotion intelligence*. Keterampilan untuk memahami, menerima, mengevaluasi, memantau dan mengendalikan emosi diri sendiri dan orang-orang di sekitar diri sendiri.

7. *Judgment and decision making*. Keterampilan untuk menarik kesimpulan dan membuat keputusan dalam keadaan apapun, termasuk di bawah tekanan
8. *Service orientation*. Keinginan untuk membantu dan melayani orang lain dengan sebaik mungkin, untuk memenuhi kebutuhannya, tanpa mengharapkan penghargaan semata
9. *Negotiation*. Keterampilan untuk berbicara, bernegosiasi, dan meyakinkan orang dalam aspek pekerjaan. Tidak semua orang secara alamiah memiliki kemampuan untuk menghasilkan kesepakatan yang diharapkan, hal ini dapat dikuasai dengan latihan dan pembiasaan diri. Kemampuan untuk berbicara, bernegosiasi dan membujuk orang di semua area kerja. Tentunya tidak semua orang memiliki kemampuan untuk menghasilkan akad yang diharapkan, hal tersebut dapat dikuasai dengan latihan dan sosialisasi.
10. *Flexibility*. Keterampilan untuk pengalihan (*switch*) dalam berpikir sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan, yaitu menyusun secara spontan suatu pengetahuan, serta memberi respon untuk dapat menyesuaikan dengan keperluan dan mengubah tuntutan situasional (Syarif, 2019)

Selain bekal pengembangan karir di atas, SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia juga harus memiliki kemampuan yang dibutuhkan tidak hanya *skills* dalam bidang keteknikan saja tetapi juga *skills* untuk menunjang kemampuan sebagai seorang *engineer* atau *problem solver*. SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus memastikan dapat meningkatkan kemampuan dasar sebagai *engineer*, yaitu: (1) *Problem solving*. Kemampuan menyelesaikan masalah dan berpikir sangat krusial dalam dunia *engineering*. Kemampuan melakukan identifikasi, menilai dan menganalisa masalah yang kompleks. (2) *Industry knowledge*. Memahami kemampuan yang dibutuhkan oleh industri, produk dan perkembangan dalam industri, (3) *Team work*. Seorang *engineer* atau SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia tidak mampu bekerja sendiri untuk menyelesaikan suatu *project*. Mampu bekerjasama dengan rekan kerja dengan kemampuan, karakter, dan latar

belakang yang berbeda. *Engineer* dituntut untuk mampu bekerjasama, (4) *Technical skills*. Meliputi kemampuan pemahaman konsep, mengoperasikan alat, penggunaan *software*, atau pun desain. Mampu memilih kemampuan teknis yang sesuai dengan *passion* diri, dan (5) *Motivation*. Hal ini berkaitan dengan antusiasme dan komitmen diri yang dimiliki yang membantu untuk berkembang lebih luas lagi (Setiawan, 2021, Kompasiana.com).

G. RANGKUMAN MATERI

Keilmuan Teknik Industri telah terbukti memiliki peran dalam melahirkan fenomena Industri 4.0. Terlepas dari segala keuntungan dan kemudahan yang akan diberikan oleh Industri 4.0 dan menuju Society 5.0, tetap ada konsekuensi dan dampak negatif yang harus dihadapi. Tidak terkecuali terhadap keilmuan Teknik Industri itu sendiri. Setiap langkah dilahirkannya fenomena ditentukan oleh paradigma berpikir. *Growth mindset* menjadi cikal bakal bagi pembangunan SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia untuk menerapkan Revolusi Industri 4.0 yang sedang menuju Society 5.0, untuk kemudian mengubahnya dengan pola pikir yang harus melewati 3 (tiga) tahap proses, yaitu; kemampuan untuk melihat (*seeing is believing*), bergerak, dan menyelesaikan sampai tuntas.

Perkembangan Ilmu Teknik Industri tidak terlepas dari peran perkembangan sains dan ilmu kerekayasaan yang lain. Ilmu Teknik Industri merupakan sebuah ilmu kerekayasaan yang memiliki obyek kajian sistem integral yang terdiri dari manusia sebagai unsur utama, mesin dan material. Hasil keluaran dari garapan ilmu ini bukan produk riil, melainkan nilai tambah (*added value*). Era Revolusi Industri 4.0 membuka peluang perkembangan karir di bidang Teknik Industri bagi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri untuk belajar dan mengajarkan keterampilan baru yang tidak dapat dilakukan oleh AI, menggali bakat yang belum diketahui, serta menciptakan generasi baru yang terampil di bidang yang lebih beragam. Tantangan bagi organisasi untuk merespon perubahan teknologi baru, adalah; (1) perlunya meningkatkan *skills* dan *work habits* SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri, (2) tersingkirnya jabatan tingkat rendah dan level manajerial, (3) hierarki berkurang, lebih berorientasi pada kerjasama atau kolaborasi, dan (4) kehidupan pekerja pada era Revolusi Industri 4.0

didominasi oleh *self-directed striving for personally valued career outcomes*.

Pengembangan karir di Teknik Industri didasarkan atas 14 elemen *Body of Knowledge-ISEBoK* (IISE, 2021), meliputi: 1) *Work Design and Measurement*, 2) *Operation Research & Analysis*, 3) *Engineering Economic Analysis*, 4) *Facilities Engineering & Energy Management*, 5) *Quality & Reliability Engineering*, 6) *Ergonomics & Human Factors*, 7) *Operation Engineering & Management*, 8) *Supply Chain Management*, 9) *Engineering Management*, 10) *Safety*, 11) *Information Engineering*, 12) *Design & Manufacturing Engineering*, 13) *Product Design & Development*, 14) *System Design & Engineering*. Rumusan Capaian Pembelajaran Lulusan (CPL) pengembangan karir di Teknik Industri bagi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia disarankan untuk memuat kemampuan yang diperlukan dalam era Industri 4.0, antara lain: literasi data, literasi teknologi, literasi manusia, keterampilan abad 21 yang menumbuhkan HOTS (*high order thinking skills*), pemahaman era Industri 4.0 dan perkembangannya yang sedang menuju Society 5.0, pemahaman ilmu untuk kemaslahatan, dan kompetensi tambahan program Merdeka Belajar-Kampus Merdeka (MBKM).

Fenomena era *work* Industri 4.0 menuju Society 5.0 antara lain; (1) digitalisasi lingkungan kerja berdasarkan teknologi, (2) kolaborasi dengan sistem *cyber*, (3) proses kerja fleksibel sesuai kebutuhan pelanggan, (4) tugas-tugas mental, dan (5) tim kerja adaptasi paradigma revolusi industri. Sehingga dalam dunia kerja dibutuhkan kompetensi SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri seperti; (1) *digital skill for digital competency*, (2) penerapan *digital competency development*, (3) peningkatan *human value*. Dibutuhkan tiga level kompetensi, yaitu: (1) kompetensi interpersonal, (2) kompetensi intrapersonal, dan (3) meningkatkan keterampilan TIK, serta dibutuhkan 10 (sepuluh) keterampilan, yaitu; (1) *complex problem solving*, (2) *critical thinking*, (3) *creativity*, (4) *people management*, (5) *coordinating with other*, (6) *emotion intelligence*, (7) *judgment and decision making*, (8) *service orientation*, (9) *negotiation*, dan (10) *flexibility*.

Selain bekal pengembangan karir di Teknik Industri di atas, SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia juga harus memiliki kemampuan tidak hanya *skills* dalam bidang keteknikan saja tetapi juga

skills untuk menunjang kemampuan sebagai seorang *engineer* atau *problem solver*, yaitu: (1) *Problem solving*, (2) *Industry knowledge*, (3) *Team work*, (4) *Technical skills* dan (5) *Motivation*.

TUGAS DAN EVALUASI

Setelah membaca, memahami dan menambah sumber-sumber referensi lainnya yang relevan, jawablah pertanyaan di bawah ini secara detail dan berikan contoh konkritnya:

1. Apa yang Anda ketahui tentang Industri 4.0 dan Society 5.0.
2. Menghadapi era transformasi digital dan era disrupsi atau Industri 4.0, menuntut SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia untuk segera merevolusi diri, tidak hanya mengenai teknis bekerja, namun ke dalam hal yang lebih substansi, yaitu perubahan pola pikir (*mindset*). Jelaskan dan berikan contoh konkritnya.
3. Sebutkan dan jelaskan ciri dan peran Keilmuan Teknik Industri terhadap perkembangan karir dunia kerja di DUDI.
4. DUDI membutuhkan adaptasi terhadap Revolusi Industri 4.0 menuju era Society 5.0. Para SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia diharapkan mampu meningkatkan *soft skills* era digital saat ini. Kompetensi unggul dan 10 keterampilan apa yang dibutuhkan pada era digital saat ini.
5. SDM-Sarjana (Insinyur) Teknik Industri Indonesia harus memiliki *skills* dalam bidang keteknikan dan *skills* untuk menunjang kemampuan sebagai seorang *engineer* atau *problem solver*. Pilih salah satu kemampuan teknis dan *problem-slover* dari DUDI yang menjadi *passion* Anda, kemudian uraikan/deskripsikan kemampuan pengembangan karir di Teknik Industri melalui 5 keterampilan yang wajib dimiliki, yaitu; (a) *Problem solving*, (b) *Industry knowledge*, (c) *Team work*, (d) *Technical skills*, dan (e) *Motivation* yang harus Anda persiapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika Y., Suswanta, Rafi, M., Rahmanto, F., Setiawan, D., dan Fadhlurrohman, M.I. (2021). Penguatan Reformasi Birokrasi Menuju Era Society 5.0 di Indonesia. Nakhoda: *Jurnal Ilmu Pemerintahan*. Vol 20 (1), 27-42.
- Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri Indonesia. (2022). *Kurikulum Inti Program Sarjana Teknik Industri*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Berita Satu. (2018). December 8). SDM Berkualitas Solusi Tantangan Industri 4.0. Retrieved from <https://www.beritasatu.com/investorteknologi/526627/sdm-berkualitassolusitanganan-industri-40/Biro-Sumber-Daya-Manusia-Sekretariat-Jenderal-Kementerian-Kuangan>. (2020, June 1). Komposisi Pegawai Kementerian Keuangan. Retrieved from <https://www.sdm.kemenkeu.go.id/>.
- Davies, R. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*. [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_E.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_E.pdf), Diunduh pada 11 Maret 2023.
- Federasi Industri Jerman. (2016). *What is Industry 4.0?*. <http://english.bdi.eu/article/news/whatis-industry-40/>, Diakses pada 11 Maret 2023.
- Glienmourinsie, D. (2016). Industri Nasional Harus Siap Hadapi Era Industri 4.0. <https://ekbis.sindonews.com/read/1141743/34/industri-nasional-harus-siaphadapi-40-1474630359>, Diakses pada 9 Maret 2023.
- Hasibuan, M. (2016). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Edisi ke-12. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ita Hartati & Arfin. (2020). Strategi Pembangunan SDM Kementerian Keuangan Republik Indonesia Dalam Menghadapi Tantangan Era Disrupsi 4.0. *Jurnal*

- Kasali, Reynald. (2018). *Disruption: Tak Ada yang Tak Bisa Diubah Sebelum Dihadapi Motivasi Saja Tidak Cukup*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kompasiana.com. Pengembangan Sumber Daya Manusia Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Society 5.0" from from https://www.kompasiana.com/mohtriwidayanto8028/61af89ed75ead6575e7a2122/pengembangan-sumber-daya-manusia-era-revolusiindustri-4-0-menuju-society-5-0?page=4&page_images=1.
- MacDougall, W. (2014). *INDUSTRIE 4.0: Smart Manufacturing for the Future*.
https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Brochure/s/Industries/industrie4.0-smart-manufacturing-for-the-future-en.pdf?v=8, Diunduh pada 10 Maret 2023.
- Mello, A. J. (2015). *Strategic Human Resource Management*. USA: Cengage Learning Publisher.
- Mendoza, J.H., Ramirez, J.F., Flore, H.S. (2016). *Developing and evolution of industrialengineering and its paper in education*. Ingenieria Y Competitividad, Vol. 18, No. 2, pp. 89 – 100.
- Merkel, A. (2014). *Speech by Federal Chancellor Angela Merkel to the OECD Conference*.
https://www.bundesregierung.de/Content/EN/Reden/2014/2014-02-19-oecd-merkelparis_en.html, Diakses pada 15 April 2023.
- Prasetyo, H., dan Sutopo, W. (2017). *Perkembangan Keilmuan Teknik Industri Menuju Era Industri 4.0*. Surakarta:Seminar dan Konferensi Nasional IDEC.ISSN: 2579-6429, pp. 488-495.
- Roser, C. (2015). *A Critical Look at Industry 4.0*.
<http://www.allaboutlean.com/industry-4-0/>, Diakses pada 15 April 2023.

- Sackey, S.M., and Bester, A. (2016). Industrial Engineering Curriculum in Industry 4.0 in A South African Context. *South African Journal of Industrial Engineering*, Vol. 27, No. 4, pp. 101-114.
- Savitri. (2019). *Revolusi Industri 4.0 Mengubah Tantangan Menjadi Peluang di Era Disrupsi 4.0*. Yogyakarta: Genesis.
- Schwab, K. (2015). *The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond*. <https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>, Diakses pada 10 Maret 2017.
- Setiawan, Heri. (2017). *Redesigning the Work System of Rubber Industries Based on Total Ergonomics and Ergo-MicmacIntegration*. The 2nd International Joint Conference on Science and Technology (IJCST). IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 953 (2017) 012025. doi:10.1088/1742-6596/953/1/012025.
- Setiawan, Heri. (2021). Evaluation of the SM-8018 Shima Ergono Wheelchair Product Prototype Design Based on Quality of Life and Ergonomic Function Deployment. *Proceedings, The 8th Annual Conference on Industrial and System Engineering (ACISE) and 1st International Conference on Ergonomics, Safety, and Health (ICESH) IEOM Forefront Publication Database/Society International ISSN: 2169-8767 (U.S. Library of Congress, ISBN: 978-1-7923-6129-6, Article ID.624, hal. 3710-3717) dengan alamat diunggah online <http://ieomsociety.org/indonesia2021/>.*
- Sulistiyowati, R., Sutopo, W. (2015). Peran Filsafat Ilmu Dalam Perkembangan Disiplin Keilmuan Teknik Industri. *Prosiding Seminar Nasional IDEC*. Surakarta: UNS.
- Syarif, N. (2019). *Komunikasi Kontemporer: Bisnis Islam di Era Digital*. Yogyakarta: Deepublish. Buku Terjemahan.

Tahar, A., Setiadi, P.B., dan Rahayu, S.(2022). Strategi Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam menghadapi Era Revolusi Industri 4.0 Menuju Society 5.0. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, Vol.6 (2), ISSN: 2614-3097, pp. 12380-12394.

BAB 15

TANTANGAN DAN PELUANG MASA DEPAN TEKNIK

A. PENDAHULUAN

Sepanjang sejarah manusia, ilmu teknik telah mendorong kemajuan peradaban. Dari ahli metalurgi yang mengakhiri zaman batu hingga pembuat kapal yang menyatukan masyarakat dunia melalui perjalanan dan perdagangan, masa lalu menyaksikan banyak keajaiban kehebatan ilmu teknik. Seiring pertumbuhan peradaban, ia dipelihara dan ditingkatkan dengan bantuan alat pertanian yang semakin canggih, teknologi untuk memproduksi tekstil, dan penemuan yang mengubah interaksi dan komunikasi manusia. Pasti ilmu teknik akan terus berkembang mengikuti alur dan perkembangan kehidupan manusia. Pada bab ini akan digambarkan secara detail tentang tantangan dan peluang masa depan teknik.

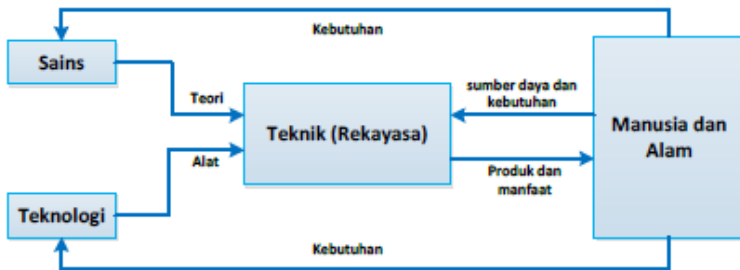
B. PENGERTIAN TEKNIK

Istilah ‘teknik’ sangat erat kaitannya dengan dunia ilmu pengetahuan dan teknologi. Menurut KBBI - Kamus Besar Bahasa Indonesia (Wikipedia, 2023), teknik diartikan sebagai:

- a. Pengetahuan dan keterampilan dalam membuat sesuatu yang berkaitan dengan hasil industri.
- b. Cara atau kecerdasan untuk menciptakan sesuatu yang berkaitan dengan seni.
- c. Metode atau sistem dalam mengerjakan sesuatu.

Teknik sendiri merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan yang berhasil mempermudah kehidupan manusia. Dengan teknik, pekerjaan yang sulit menjadi mudah, pekerjaan yang berat menjadi ringan, dan pekerjaan yang lama menjadi cepat. Konsep teknik sudah ada sejak awal sejarah manusia. Saat itu, nenek moyang kita sudah membuat dan mengembangkan alat yang penting untuk bertahan hidup. Faktanya, manusia dicirikan oleh keterampilan pembuatan alat, desain, dan teknik, serta kemampuan bersosialisasi dan komunikasi yang memfasilitasi penemuan, inovasi, dan transfer teknologi seperti kapak, palu, pengungkit, baji, katrol, dan roda (UNESCO Report, 2010). Istilah 'teknik' berasal dari kata 'insinyur' yang digunakan pada tahun 1300-an untuk orang yang mengoperasikan mesin atau mesin militer - seperti ketapel atau, kemudian, meriam. Kata 'mesin' pada gilirannya berasal dari bahasa Latin *ingenium* untuk kecerdikan atau kepintaran dan penemuan (Wikipedia, 2023).

Orang-orang yang berkualifikasi dalam atau mempraktekkan ilmu teknik biasa dikenal sebagai insinyur. Mereka bisa dilisensikan secara resmi sebagai insinyur profesional dan berbadan hukum. Disiplin teknik sangat luas, mencakup berbagai disiplin ilmu khusus atau bidang aplikasi dan teknologi tertentu. Sains dan teknik pada dasarnya adalah bagian dari spektrum aktivitas yang sama dan perlu diakui seperti itu. Insinyur menggunakan pengetahuan ilmiah dan matematika di satu sisi untuk menciptakan teknologi dan infrastruktur untuk mengatasi masalah manusia, sosial dan ekonomi, dan tantangan di sisi lain. Insinyur menghubungkan kebutuhan sosial dengan inovasi dan aplikasi komersial. Hubungan antara sains, teknologi, dan teknik dapat ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Hubungan antara sains, teknologi, dan Teknik (UNESCO Report, 2010)

C. RUANG LINGKUP TEKNIK

Disiplin ilmu teknik saat ini sangat beragam dan meningkat sesuai dengan perkembangan kebutuhan manusia. Munculnya cabang-cabang teknik baru biasanya ditandai dengan berdirinya departemen-departemen baru di berbagai universitas, organisasi-organisasi teknik profesional baru atau seksi-seksi baru dalam organisasi yang sudah ada. Tabel 1 di bawah ini mengilustrasikan ruang lingkup dan keberagaman ilmu teknik.

Tabel 1. Cabang Ilmu Teknik dan Ruang Lingkungnya

No.	Cabang Ilmu Teknik	Ruang Lingkup
1	Teknik pertanian	Teori teknik dan penerapan dalam bidang pertanian seperti mesin pertanian, bioenergi, struktur pertanian, dan pemrosesan sumber daya alam.
2	Teknik kimia	<ul style="list-style-type: none"> Analisis, sintesis dan konversi bahan mentah menjadi komoditas yang dapat digunakan. Rekayasa biokimia – proses bioteknologi dalam skala industri.
3	Teknik industri	Analisis, desain, pengembangan dan pemeliharaan sistem dan proses industri.
4	Teknik instrumentasi	Desain dan pengembangan instrumen yang digunakan untuk mengukur dan mengontrol sistem dan proses.
5	Teknik sipil	<ul style="list-style-type: none"> Desain konstruksi struktur dan infrastruktur fisik. Rekayasa pesisir: desain konstruksi struktur garis pantai. Teknik konstruksi: pembuatan dan pengelolaan struktur yang dibangun. Geo-engineering: pengendalian iklim Bumi untuk mengatasi pemanasan global. Rekayasa geoteknik: perilaku material bumi dan geologi. Teknik perkotaan: pasokan air, sanitasi, pengelolaan limbah, sistem transportasi, komunikasi, dan hidrologi. Teknik kelautan: desain dan konstruksi struktur lepas pantai.

		<ul style="list-style-type: none"> • Rekayasa struktural: desain struktur untuk mendukung atau menahan beban. • Rekayasa gempa: perilaku struktur yang terkena beban seismik. • Teknik transportasi: transportasi orang dan barang yang aman, efektif, dan efisien • Rekayasa lalu lintas: transportasi dan perencanaan. • Rekayasa angin: analisis angin dan pengaruhnya terhadap lingkungan.
6	Teknik komputer dan system komputer	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian, perancangan dan pengembangan komputer, sistem dan perangkat komputer.
7	Teknik elektro	<ul style="list-style-type: none"> • Riset pengembangan sistem kelistrikan dan perangkat elektronik. • Teknik tenaga listrik: penyediaan listrik untuk masyarakat dan industri. • Pemrosesan sinyal: analisis statistik dan produksi sinyal, misalnya untuk ponsel.
8	Teknik lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> • Rekayasa untuk perlindungan dan peningkatan lingkungan. • Rekayasa air: perencanaan dan pengembangan sumber daya air dan hidrologi
9	Teknik perlindungan kebakaran	Melindungi manusia dan lingkungan dari api dan asap.
10	Rekayasa Genetika	Rekayasa pada tingkat biomolekuler untuk manipulasi genetik.
11	Teknik terpadu	Bidang teknik umum meliputi teknik sipil, mekanik, elektrik dan kimia.
12	Teknik perawatan dan manajemen aset	Perawatan peralatan, aset fisik dan infrastruktur.
13	Teknik manufaktur	<ul style="list-style-type: none"> • Riset pengembangan dan perencanaan sistem dan proses manufaktur. • Rekayasa komponen: memastikan ketersediaan bahan baku dalam proses manufaktur
14	Teknik material	<ul style="list-style-type: none"> • Riset pengembangan, perencanaan, dan penggunaan bahan baku seperti keramik dan <i>nanoparticles</i>. • Teknik keramik: teori dan pemrosesan keramik oksida dan non-oksida. • Rekayasa tekstil: pembuatan dan pemrosesan kain
15	Teknik mesin	<ul style="list-style-type: none"> • Riset perancangan dan pengembangan sistem fisik atau mekanis seperti mesin. • Teknik otomotif: desain dan konstruksi kendaraan. • Teknik kedirgantaraan: desain pesawat terbang, pesawat ruang angkasa, dan kendaraan udara. • Teknik biomekanika: desain sistem dan perangkat seperti lengan buatan
16	Mekatronika	Kombinasi teknik mesin, elektro dan perangkat lunak untuk sistem otomasi.
17	Rekayasa medis dan biomedis	Meningkatnya penggunaan teknik dan teknologi dalam kedokteran dan ilmu biologi seperti pemantauan, anggota tubuh buatan, robot medis.
18	Teknik militer	Desain dan pengembangan senjata dan sistem pertahanan.
19	Teknik pertambangan	Eksplorasi, ekstraksi dan pengolahan bahan baku dari bumi.

20	Teknik arsitektur angkatan laut	Riset, desain, konstruksi dan perbaikan kapal laut.
21	Nanoteknologi	Cabang teknik baru dalam skala nano.
22	Teknik nuklir	Riset, desain dan pengembangan proses dan teknologi nuklir.
23	Teknik produksi	Riset desain sistem dan proses produksi yang berkaitan dengan teknik manufaktur.
24	Rekayasa perangkat lunak	Riset, desain dan pengembangan sistem dan pemrograman perangkat lunak komputer.
25	Rekayasa berkelanjutan	Mengembangkan cabang teknik yang berfokus pada keberlanjutan dan mitigasi perubahan iklim.
26	Rekayasa uji	Validasi teknik dan verifikasi desain, produksi, dan penggunaan objek yang diuji.
27	Teknik transportasi	Teknik yang berkaitan dengan jalan, kereta api, saluran air, pelabuhan, pelabuhan udara, transmisi dan distribusi gas, jaringan pipa, serta pekerjaan terkait lainnya.
28	<i>Tribology</i>	Studi permukaan yang berinteraksi dalam gerakan relatif (gesekan, pelumasan dan keausan).

Sumber: (UNESCO Report, 2010)

Dari tabel diatas terlihat secara detail bahwa teknik mencakup keragaman bidang yang luas. Selain itu, mereka yang menggeluti keilmuan teknik (engineer) juga memiliki jenis dan tingkatannya. Mulai dari para engineering sciences, peneliti di universitas (meneliti dan mengajarkan ilmu teknik), profesional dan konsultan, hingga engineering technologists dan teknisi.

D. TANTANGAN DAN PELUANG MASA DEPAN TEKNIK

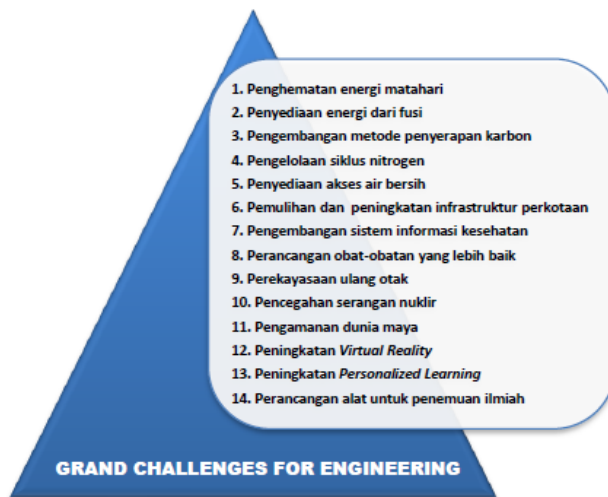
Sepanjang sejarah manusia, teknik telah mendorong kemajuan peradaban. Dari ahli metalurgi yang mengakhiri zaman batu hingga pembuat kapal yang menyatukan masyarakat dunia melalui perjalanan dan perdagangan, masa lalu menyaksikan banyak keajaiban kehebatan teknik. Seiring pertumbuhan peradaban, ia dipelihara dan ditingkatkan dengan bantuan alat pertanian yang semakin canggih, teknologi untuk memproduksi tekstil, dan penemuan yang mengubah interaksi dan komunikasi manusia. Penemuan-penemuan seperti jam mekanis dan mesin cetak mengubah peradaban tanpa bisa ditarik kembali.

Di era modern, revolusi Industri membawa pengaruh teknik ke setiap lini kehidupan, seperti mesin melengkapi dan menggantikan tenaga manusia untuk tugas-tugas yang tak terhitung jumlahnya, sistem sanitasi yang lebih baik meningkatkan kesehatan, dan mesin uap memfasilitasi

penambangan, menggerakkan kereta api dan kapal, dan menyediakan energi. untuk pabrik.

Di abad 20, teknik sudah mencatat pencapaian terbesarnya. Perkembangan dan distribusi listrik dan air bersih yang meluas, mobil dan pesawat terbang, radio dan televisi, pesawat ruang angkasa dan laser, antibiotik dan pencitraan medis, serta komputer dan Internet hanyalah beberapa hal penting dari satu abad di mana teknik merevolusi dan meningkatkan hampir setiap aspek kehidupan manusia (NAE, 2023). Ini menunjukkan betapa pentingnya teknik untuk kemajuan teknologi dan seberapa besar kontribusinya bagi kemajuan kehidupan manusia di muka bumi

Namun, untuk semua kemajuan ini, abad ke depan menimbulkan tantangan yang sama beratnya dengan tantangan dari ribuan tahun yang lalu. Ketika populasi tumbuh dan kebutuhan serta keinginannya berkembang, masalah mempertahankan kemajuan peradaban yang berkelanjutan, sambil tetap meningkatkan kualitas hidup, semakin dekat. Ancaman lama dan baru terhadap kesehatan pribadi dan publik menuntut perawatan yang lebih efektif dan lebih tersedia.



Gambar 2. Tantangan besar teknik menurut *National Academy of Engineering*
Sumber: *Engineering Challenges Organization, 2017*

Dari Gambar 2 diatas, terlihat bahwa National Academy of Engineering telah merilis 14 tantangan besar teknik, yaitu:

1. Penghematan energi matahari

Energi matahari menghasilkan kurang dari 1% dari total energi dunia, tetapi berpotensi untuk menghasilkan lebih banyak lagi. Sebagai sumber energi, tidak ada yang sebanding dengan matahari. Ini melampaui apa pun yang dapat dihasilkan oleh teknologi manusia. Hanya sebagian kecil dari output energi matahari yang mencapai bumi, tetapi itu pun membagikan 10.000 kali total energi komersial yang digunakan manusia di planet ini.

Pemanfaatan kekuatan matahari bukannya tanpa tantangan. Mengatasi hambatan produksi surya yang meluas membutuhkan inovasi teknologi di beberapa sisi, mulai dari bagaimana cara menangkap energi matahari, mengubahnya menjadi bentuk yang dapat digunakan, dan menyimpannya untuk digunakan saat matahari itu sendiri terbenam. Banyak teknik yang sudah digunakan untuk mengatasi masalah ini. Panel seperti piringan dapat mengarahkan sinar matahari untuk memanaskan cairan yang menggerakkan mesin dan menghasilkan energi untuk pembangkit tenaga surya.

Sel surya mulai komersial saat ini, yang paling sering dibuat yaitu dari silikon, biasanya mengubah sinar matahari menjadi listrik dengan efisiensi hanya 10 persen sampai 20 persen. Mengingat biaya pembuatannya, modul sel saat ini yang tergabung dalam jaringan listrik akan menghasilkan listrik dengan biaya sekitar 3 hingga 6 kali lebih tinggi dari harga saat ini, atau 18-30 sen per kilowatt jam (U.S. Department of Energy, 2007). Untuk membuat tenaga surya kompetitif secara ekonomi, para insinyur harus menemukan cara untuk meningkatkan efisiensi sel dan menurunkan biaya produksinya.

Jika tantangan teknis dapat diselesaikan untuk meningkatkan sel surya, mengurangi biayanya, dan menyediakan cara yang efisien untuk menggunakan listrik untuk menghasilkan bahan bakar yang dapat disimpan, energi matahari akan memantapkan keunggulannya atas bahan bakar fosil sebagai motif berkelanjutan untuk kesejahteraan peradaban yang berkelanjutan.

2. Penyediaan energi dari fusi

Fusi yang dikenal juga dengan termonuklir adalah sumber energi matahari. Menghasilkan energi dari fusi di bumi tentunya jauh lebih sulit daripada di matahari. Di sana, panas yang sangat besar dan tekanan gravitasi memampatkan inti atom tertentu menjadi inti yang lebih berat, melepaskan energi. Mencakup inti proton individu dari dua isotop hidrogen berfusi membentuk helium yang lebih berat dan inti neutron (Girard et al., 2007). Dalam transformasi ini, sejumlah massa hilang, diubah menjadi energi, yang dikuantifikasi oleh persamaan terkenal Einstein $E=mc^2$.

Fusi buatan manusia telah didemonstrasikan dalam skala kecil. Tantangannya adalah bagaimana membawa proses tersebut ke skala komersial secara efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Membangun fasilitas produksi fusi skala besar akan membutuhkan kemajuan teknologi untuk memenuhi tantangan ini, termasuk magnet super konduktor yang lebih baik dan sistem vakum yang lebih baik. Uni Eropa dan Jepang sedang merencanakan Konferensi Iradiasi Bahan Fusi Internasional, di mana bahan potensial untuk produksi fusi akan dikembangkan dan diuji. Metode robotik untuk pemeliharaan dan perbaikan juga harus dikembangkan.

Terlepas dari tantangan teknis yang signifikan, fusi menawarkan banyak keuntungan selain pasokan bahan bakar yang hampir tidak terbatas. Namun demikian, keberhasilan fusi nuklir sebagai penyedia energi bergantung pada apakah mungkin memenuhi tantangan dalam membangun pembangkit listrik dan mengoperasikannya secara aman dan andal dengan cara yang membuat harga listrik fusi kompetitif secara ekonomis.

3. Pengembangan metode penyerapan karbon

Para Insinyur dunia sedang mengerjakan cara untuk menangkap dan menyimpan kelebihan karbon dioksida untuk mencegah pemanasan global. Penyerapan karbon menangkap karbon dioksida yang dihasilkan saat membakar bahan bakar fosil dan menyimpannya dengan aman dari atmosfer. Metode sudah ada untuk bagian penting dari proses karantina. Sistem penangkapan karbon kimia sudah digunakan di beberapa pabrik untuk tujuan komersial, seperti karbonasi minuman dan produksi es kering.

Selain itu juga dapat dikembangkan teknologi baru untuk menyerap karbon dioksida berdasarkan proses alami. Misalnya, ketika konsentrasi karbon dioksida atmosfer meningkat dari waktu ke waktu secara geologis hingga ambang batas yang tidak diketahui, karbon dioksida memasuki lautan dan bergabung dengan ion kalsium bermuatan positif untuk membentuk kalsium karbonat, atau batu kapur. Di sisi lain, para insinyur juga telah menemukan cara untuk memompa karbon dioksida ke laut dan menjebaknya secara permanen di bebatuan (Schrag, 2007). Memecahkan masalah ini membutuhkan banyak strategi dan lokasi, tetapi tampaknya insinyur dunia akan berhasil minimal untuk mencegah pemanasan global. "Tantangan ilmiah dan ekonomi tetap ada," tulis Daniel Schrag, seorang geoscientist di Universitas Harvard. Tidak ada yang lebih serius daripada membuktikan tulis Daniel tidak bekerja pada skala yang diperlukan untuk mempertahankannya.

4. Pengelolaan siklus nitrogen

Siklus nitrogen mencerminkan aspek permintaan energi yang lebih sempit melalui peran sentralnya dalam produksi pangan. Ini adalah salah satu tempat pertemuan unsur kimia dan kehidupan bumi, karena tumbuhan membuat makanan dengan mengambil nitrogen dari lingkungannya, termasuk udara. Mengontrol dampak pertanian pada siklus nitrogen global merupakan tantangan yang semakin meningkat untuk pembangunan berkelanjutan (Synder, 2009).

Cara cerdas untuk memperbaiki gangguan siklus nitrogen oleh manusia diperlukan untuk mempertahankan pasokan makanan yang berkelanjutan di masa depan tanpa merusak lingkungan secara berlebihan. Selama 40 tahun terakhir, produksi pangan terus mengikuti pertumbuhan populasi berkat pengembangan varietas baru tanaman berkualitas tinggi, yang ditanam secara optimal dengan bantuan pupuk. Kebutuhan utama akan inovasi teknologi adalah meningkatkan efisiensi berbagai aktivitas manusia yang berhubungan dengan nitrogen, mulai dari produksi pupuk hingga daur ulang limbah makanan. Saat ini, kurang dari separuh nitrogen tetap yang dihasilkan oleh praktik pertanian sebenarnya ditemukan pada tanaman yang dipanen. Dan kurang dari separuh nitrogen dalam makanan yang sebenarnya dimakan manusia dari tanaman ini. Dengan kata lain,

nitrogen keluar dari sistem pada berbagai tahapan proses, mulai dari peternakan hingga fasilitas penggempukan hingga instalasi pengolahan limbah. Insinyur harus mengidentifikasi kebocoran dan merancang sistem untuk menutupnya. Insinyur dapat mengembalikan keseimbangan siklus nitrogen melalui teknik pemupukan yang lebih baik serta pengumpulan dan daur ulang limbah.

5. Penyediaan akses air bersih

Pasokan air dunia menghadapi ancaman baru. Kurangnya air bersih menjadi salah satu penyebab atas lebih banyak kematian di dunia daripada perang. Sekitar 1 dari setiap 6 orang yang hidup saat ini tidak memiliki akses air yang memadai, dan lebih dari dua kali lipat jumlah tersebut kekurangan sanitasi dasar, yang membutuhkan air. Di beberapa negara, separuh populasi tidak memiliki akses ke air minum yang aman, dan karenanya menderita kesehatan yang buruk. Menurut beberapa perkiraan, setiap hari hampir 5.000 anak di seluruh dunia meninggal karena penyakit yang berhubungan dengan diare, jumlah korban yang akan turun drastis jika tersedia cukup air untuk sanitasi. Bukannya dunia tidak memiliki cukup air. Secara global, air tersedia dalam jumlah yang melimpah, namun tidak selalu terletak di tempat yang dibutuhkan.

Beberapa teknologi sudah banyak dikembangkan untuk meningkatkan daur ulang air limbah dan pengolahan limbah sehingga air dapat digunakan untuk keperluan nonpersonal seperti irigasi atau keperluan industri. Air daur ulang bahkan bisa memasok akuifer. Tetapi metode pemurnian yang sangat efektif dan perlindungan yang ketat diperlukan untuk menjaga keamanan air daur ulang. (Berbagai pendekatan nano teknologi dapat membantu dalam hal ini, seperti membran nano filtrasi yang dapat dirancang untuk menghilangkan polutan tertentu sambil membiarkan nutrisi penting melewatinya (Hillie, 2007).

6. Pemulihan dan peningkatan infrastruktur perkotaan

Infrastruktur adalah kombinasi dari sistem fundamental yang mendukung komunitas, wilayah, atau negara. Ini mencakup segala sesuatu mulai dari sistem air dan saluran pembuangan hingga jaringan jalan dan

kereta api hingga jaringan listrik dan gas alam Nasional. Mungkin juga akan ada jaringan hidrogen di masa depan.

Faktanya, infrastruktur di banyak negara lain, sudah tua dan rusak, dan pendanaan tidak cukup untuk memperbaiki dan menggantinya. Insinyur abad ke-21 menghadapi tantangan berat untuk memodernisasi struktur fundamental yang mendukung peradaban. Selain itu, solusi untuk masalah ini harus dirancang untuk keberlanjutan, memberikan perhatian yang tepat pada pertimbangan lingkungan dan penggunaan energi (walaupun kota hanya menempati sebagian kecil dari permukaan bumi, kota menghabiskan sumber daya secara tidak proporsional dan menghasilkan polusi), bersama dengan kepedulian terhadap lingkungan. elemen estetika yang berkontribusi pada kualitas hidup (American Society of Civil Engineers, 2013).

Pada dekade-dekade sebelumnya, sebagian besar infrastruktur kota lainnya telah dibangun tanpa terlalu mempedulikan dampaknya terhadap penampilan kota dan lingkungan budaya. Namun baru-baru ini, kesadaran akan estetika teknik mulai memengaruhi desain infrastruktur secara lebih umum. Mengintegrasikan kebutuhan infrastruktur dengan keinginan ruang hijau perkotaan adalah salah satu contohnya. Jadi, tantangan besar yang besar untuk rekayasa infrastruktur tidak hanya merancang pendekatan dan metode baru, tetapi juga mengkomunikasikan nilai dan kelayakannya kepada masyarakat luas.

7. Pengembangan sistem informasi kesehatan

Sistem informasi kesehatan dan biomedis mencakup masalah dari pribadi hingga global, mulai dari rekam medis menyeluruh untuk pasien individu hingga berbagi data tentang wabah penyakit di antara pemerintah dan organisasi kesehatan internasional. Mempertahankan populasi yang sehat di abad ke-21 akan membutuhkan pendekatan rekayasa sistem untuk mendesain ulang praktik perawatan dan mengintegrasikan jaringan informatika kesehatan lokal, regional, nasional, dan global.

Sistem informasi medis dasar telah dikembangkan secara luas untuk memelihara catatan pasien di kantor dokter, klinik, dan rumah sakit individu, dan dalam banyak contoh sistem telah dikembangkan untuk

berbagi informasi tersebut di antara beberapa rumah sakit dan lembaga. Namun masih banyak yang harus dilakukan untuk membuat sistem informasi tersebut bermanfaat secara maksimal, untuk memastikan kerahasiaan, dan untuk mencegah potensi penyalahgunaan, misalnya oleh perusahaan asuransi kesehatan atau pemberi kerja.

Selain mengumpulkan dan memelihara informasi, informatika kesehatan juga harus digunakan dalam meningkatkan kualitas pelayanan melalui teknologi baru. Beberapa dari teknologi tersebut akan melibatkan pengumpulan data medis tanpa kunjungan ke dokter, seperti perangkat yang dapat dikenakan untuk memantau hal-hal seperti denyut nadi dan suhu. Perangkat pemantauan bahkan mungkin datang dalam bentuk sensor elektronik kecil yang tertanam di pakaian dan di dalam tubuh.

Nilai sistem informasi untuk membantu melindungi keselamatan publik dan memajukan perawatan kesehatan individu tidak perlu dipertanyakan lagi. Namun, dengan semua database dan teknologi baru ini muncul tantangan tambahan: melindungi dari bahaya penyusupan atau penyalahgunaan informasi. Dalam mengembangkan teknologi ini, langkah-langkah juga harus diambil untuk memastikan bahwa informasi itu sendiri tidak berisiko disabotase, dan bahwa informasi pribadi tidak diungkapkan secara tidak tepat.

8. Perancangan obat-obatan yang lebih baik

Para insinyur dunia sedang maraknya mengembangkan sistem baru untuk menggunakan informasi genetic. Salah satu tantangan teknik adalah mengembangkan sistem yang lebih baik untuk menilai profil genetik pasien dengan cepat; yang lainnya adalah mengumpulkan dan mengelola sejumlah besar data tentang masing-masing pasien; dan yang lainnya adalah kebutuhan untuk membuat perangkat diagnostik yang murah dan cepat seperti chip gen dan sensor yang mampu mendeteksi bahan kimia dalam jumlah kecil di dalam darah.

Metode baru juga diperlukan untuk mengantarkan obat yang dipersonalisasi dengan cepat dan efisien ke tempat di tubuh tempat penyakit itu terlokalisasi. Misalnya, para peneliti sedang mengeksplorasi cara merekayasa nano partikel yang mampu menghantarkan obat ke targetnya di dalam tubuh sambil menghindari respons imun alami tubuh

(West et al., 2006). Pada akhirnya, personalisasi obat harus memiliki manfaat yang sangat besar. Itu harus membuat penyakit (dan bahkan risiko penyakit) menjadi jelas jauh lebih awal, ketika penyakit itu dapat diobati dengan lebih berhasil atau dicegah sama sekali. Itu bisa mengurangi biaya medis dengan mengidentifikasi kasus di mana perawatan mahal tidak diperlukan atau sia-sia. Ini akan mengurangi perawatan coba-coba dan memastikan bahwa dosis obat yang optimal diterapkan lebih cepat.

9. Perekayasa ulang otak

Beberapa ahli sekarang mempercayai bahwa otak buatan telah dirancang tanpa banyak memperhatikan otak yang asli. Pionir kecerdasan buatan mendekati pemikiran cara insinyur penerbangan mendekati terbang tanpa banyak belajar dari burung. Namun, ternyata, rahasia tentang cara kerja otak yang hidup mungkin menawarkan panduan terbaik untuk merekayasa varietas buatan. Menemukan rahasia itu dengan merekayasa balik otak menjanjikan peluang besar untuk mereproduksi kecerdasan seperti cara jalur perakitan mengeluarkan mobil atau komputer.

Mencari tahu bagaimana otak bekerja akan menawarkan hadiah di luar membangun komputer yang lebih pintar. Kemajuan yang diperoleh dari mempelajari otak sebagai imbalannya dapat memberikan keuntungan bagi otak itu sendiri. Memahami metodenya akan memungkinkan para insinyur untuk mensimulasikan aktivitasnya, yang mengarah ke wawasan yang lebih dalam tentang bagaimana dan mengapa otak bekerja dan gagal. Simulasi semacam itu akan menawarkan metode yang lebih tepat untuk menguji solusi bioteknologi potensial untuk gangguan otak, seperti obat-obatan atau implan saraf.

Komputer saat ini memiliki gerbang logika elektronik yang hidup atau mati, tetapi jika para insinyur dapat meniru kemampuan neuron untuk mengasumsikan berbagai tingkat eksitasi, mereka dapat menciptakan mesin komputasi yang jauh lebih kuat. Keberhasilan dalam memahami sepenuhnya aktivitas otak akan, bagaimanapun, membuka jalan baru untuk pemahaman yang lebih dalam tentang dasar kecerdasan dan bahkan kesadaran, tidak diragukan lagi memberi para insinyur wawasan

tentang pencapaian yang bahkan lebih besar untuk meningkatkan kegembiraan hidup (Lebedev & Nicoletis, 2017).

10. Pencegahan serangan nuklir

Sejak awal era nuklir, bahan yang cocok untuk membuat senjata telah terkumpul di seluruh dunia. Bahkan beberapa bom sebenarnya mungkin tidak cukup aman terhadap pencurian atau penjualan di negara tertentu. Reaktor nuklir untuk penelitian atau tenaga tersebar di seluruh dunia, mampu menghasilkan bahan mentah untuk perangkat nuklir. Dan instruksi untuk membuat alat peledak dari bahan semacam itu telah dipublikasikan secara luas, menunjukkan bahwa akses ke bahan tersebut akan membuat bom menjadi kemungkinan yang realistis.

Oleh karena itu, keamanan nuklir merupakan salah satu masalah kebijakan paling mendesak di abad ke-21. Selain aspek politik dan kelembagaannya, hal ini juga menimbulkan masalah teknis yang akut. Singkatnya, teknik berbagi tantangan berat untuk bahan nuklir berbahaya di dunia ini, meliputi: (1) bagaimana mengamankan materi; (2) cara mendeteksi, terutama pada jarak jauh; (3) cara membuat perangkat potensial tidak berbahaya; (4) tanggap darurat, pembersihan, dan komunikasi publik setelah ledakan nuklir; dan (5) menentukan siapa yang melakukannya. Semua ini memiliki komponen teknik; beberapa murni teknis dan lainnya merupakan tantangan sistem.

11. Pengamanan dunia maya

Komputasi elektronik dan komunikasi menimbulkan beberapa tantangan paling rumit yang pernah dihadapi oleh para insinyur. Mulai dari melindungi kerahasiaan dan integritas informasi yang ditransmisikan dan mencegah pencurian identitas hingga mencegah di mana peretas merusak sistem transportasi dan komunikasi. Salah satu cara untuk solusi masalah ini adalah melalui bahasa pemrograman yang lebih baik yang memiliki perlindungan keamanan yang tertanam dalam cara penulisan program. Dan dibutuhkan teknologi yang dapat mendeteksi fitur-fitur yang rentan sebelum perangkat lunak diinstal, daripada menunggu serangan setelah digunakan.

Tantangan adalah memberikan keamanan yang lebih baik untuk data yang mengalir melalui berbagai rute di Internet sehingga informasi tidak dapat dialihkan, dipantau, atau diubah. Protokol saat ini untuk mengarahkan lalu lintas data di Internet dapat dieksploitasi untuk membuat pesan tampak berasal dari tempat lain selain dari asal aslinya. Semua pendekatan teknik untuk mencapai keamanan harus disertai dengan metode pemantauan dan dengan cepat mendeteksi gangguan keamanan. Dan setelah masalah terdeteksi, teknologi untuk mengambil tindakan pencegahan dan untuk perbaikan dan pemulihan juga harus tersedia. Bagian dari proses itu harus berupa forensik baru untuk menemukan dan menangkap penjahat yang melakukan kejahatan dunia maya atau terorisme dunia maya.

Para insinyur harus menyadari bahwa keberhasilan sistem keamanan siber bergantung pada pemahaman keamanan seluruh sistem, bukan hanya melindungi bagian-bagiannya. Akibatnya kejahatan dunia maya dan terorisme dunia maya harus diperangi di front pribadi, sosial, dan politik serta front elektronik. Selanjutnya, undang-undang dan peraturan tentang keamanan siber perlu dievaluasi pengaruhnya terhadap cara orang menggunakan atau menyalahgunakan informasi elektronik. Dan mungkin yang paling penting, kekuatan politik perlu dikerahkan untuk mendukung dan mendanai banyak jalur penelitian yang akan dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas rumit melindungi dunia maya dari serangan.

12. Peningkatan Virtual Reality

Pada dasarnya, virtual reality (VR) hanyalah sebuah lingkungan ilusi, yang dirancang untuk memberi pengguna kesan berada di suatu tempat selain di mana mereka berada. Saat kita duduk dengan aman di rumah, VR dapat membawa kita ke pertandingan sepak bola, konser musik, kapal selam yang menjelajahi kedalaman samudra, atau stasiun luar angkasa yang mengorbit Jupiter. VR menawarkan beragam kegunaan potensial, seperti telah berhasil merawat orang yang menderita fobia tertentu. Mengekspos orang yang takut ketinggian ke tepi tebing virtual telah terbukti mengurangi rasa takut itu, dengan cara yang jauh lebih aman daripada berjalan di sepanjang tebing sungguhan.

VR juga dapat digunakan dalam bisnis, memajukan konferensi video ke tingkat di mana orang-orang yang berada di belahan dunia yang tersebar luas dapat berinteraksi dalam lingkungan bersama dan melakukan tugas bersama. Memenuhi tantangan teknik untuk memungkinkan orang-orang yang tersebar untuk melihat, mendengar, dan menyentuh satu sama lain dengan mulus, serta berbagi objek dan peralatan nyata, akan sangat berguna bagi tim tanggap darurat dan militer juga.

13. Peningkatan Personalized Learning

Dalam beberapa tahun terakhir, apresiasi yang tumbuh terhadap preferensi dan bakat individu telah mengarah pada lebih banyak “Personalized Learning”, di mana pengajaran disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa. Pendekatan pembelajaran secara personal berkisar dari modul yang dapat dikuasai siswa dengan kecepatan mereka sendiri hingga program komputer yang dirancang agar sesuai dengan caranya menyajikan konten dengan kepribadian pelajar.

Sistem Personalized Learning apa yang sudah tersedia sekarang? Jawabannya adalah sistem pendidikan berbasis web. Sistem telah dirancang untuk menyimpan konten instruksional, menyampaikannya kepada siswa, dan memfasilitasi interaksi antara instruktur dan siswa. Modul informasi multimedia dapat menyediakan teks, audio, video, animasi, atau grafik statis dalam urutan apa pun yang sesuai untuk siswa.

Penelitian yang sedang berlangsung dalam ilmu saraf memberikan wawasan baru ke dalam seluk-beluk proses saraf yang mendasari pembelajaran, menawarkan petunjuk untuk lebih menyempurnakan instruksi individual. Mengingat keragaman preferensi individu, dan kompleksitas masing-masing otak manusia, mengembangkan metode pengajaran yang mengoptimalkan pembelajaran merupakan tantangan besar bagi para insinyur perangkat lunak di masa depan. Para insinyur akan memiliki peran dalam sebagian besar aspek masalah kompleks ini, meskipun solusinya akan membutuhkan kontribusi orang-orang dari berbagai disiplin ilmu. Tantangan lebih lanjut menanti saat kemajuan dalam ilmu saraf dan teknologi pengukuran medis menyelidiki dasar-dasar pembelajaran di otak. Penguasaan proses ini dalam perangkat lunak canggih dapat membuat pembelajaran menjadi lebih andal.

14. Perancangan alat untuk penemuan ilmiah

Di abad mendatang, para insinyur akan terus bermitra dengan para ilmuwan dalam pencarian besar untuk memahami banyak pertanyaan alam yang belum terjawab. Untuk menjelajahi alam seperti itu, ahli biologi akan bergantung pada bantuan teknik - mungkin dalam bentuk mikroskop jenis baru, atau metode biokimia baru untuk menyelidiki intrik seluler dan molekuler tubuh. Metode matematis dan komputasi baru, dimasukkan ke dalam disiplin yang muncul dari "biologi sistem" dapat menunjukkan cara untuk pengobatan penyakit yang lebih baik dan pemahaman yang lebih baik tentang hidup sehat. Mungkin yang lebih menarik lagi, disiplin bioteknologi yang dikenal sebagai "biologi sintetik" memungkinkan desain bahan kimia dan sistem biologis yang sepenuhnya baru yang terbukti berguna dalam aplikasi mulai dari bahan bakar hingga obat-obatan hingga pembersihan lingkungan dan banyak lagi. Semua hal dipertimbangkan, batas-batas alam mewakili tantangan termegah, bagi para insinyur, ilmuwan, dan masyarakat itu sendiri. Keberhasilan teknik dalam menemukan jawaban atas misteri alam tidak hanya akan memajukan pemahaman tentang kehidupan, tetapi juga memberi para insinyur prospek baru yang fantastis untuk diterapkan di perusahaan yang meningkatkan peradaban manusia.

E. TANTANGAN DAN PELUANG MASA DEPAN TEKNIK INDUSTRI DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Pesatnya perkembangan teknologi telah sangat mempengaruhi berbagai sektor, termasuk industri. Industri 4.0 ialah fenomena yang mengganti paradigma industri dengan mencampurkan teknologi digital serta raga buat menghasilkan sistem penciptaan yang lebih efektif, fleksibel, serta tersambung. Meski Industri 4.0 menawarkan peluang besar, namun juga membawa berbagai tantangan yang harus diatasi. Maka dari seorang lulusan teknik industri harus memiliki Industrial engineer skills. Berupa seperangkat kemampuan unik yang memungkinkan lulusan teknik industri berhasil menjalankan peran mereka dengan baik. Mengingat kompleksitas perannya, seorang insinyur industri yang sukses membutuhkan campuran soft skill dan hard skill. Selain pengetahuan khusus industri, mereka membutuhkan keterampilan untuk dapat

merancang sistem dan proses tertentu, menerapkannya, dan menilai dampaknya.

Industrial engineer skills diantaranya:

- Keterampilan memecahkan masalah (problem solving)
- Keterampilan berkomunikasi
- Keterampilan merencanakan proyek
- Keterampilan manajemen kualitas
- Keterampilan berpikir kritis
- Keterampilan manajemen sumber daya manusia

F. RANGKUMAN MATERI

Masa depan akan datang dengan banyak tantangan dan peluang. Begitu bagi dunia teknik, revolusi industri 4.0 menimbulkan tantangan dan juga peluang yang beragam. Setiap pelaku teknik (engineer) harus berjuang mempersiapkan diri dengan semaksimal mungkin. Mulai dari hal kecil, melihat lingkungan sekeliling, melihat tantangan dan peluang yang ada, hingga mempersiapkan diri dengan keterampilan yang diperlukan untuk memenuhinya hal tersebut. Teruslah berjuang dan selalu belajar memperbaiki diri untuk terus lebih baik.

TUGAS DAN EVALUASI

1. Apa itu teknik?
2. Jelaskan hubungan antara sains, teknologi, dan teknik, serta berikan contoh dalam kehidupan?
3. Apa saja skill yang perlu dipersiapkan oleh seorang industrial engineer untuk menghadapi era industri 4.0?

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers. (2013). *Report Card for America's Infrastructure* (Issue 597).
- Girard, J. P., Garin, P., Taylor, N., Uzan-Elbez, J., Rodríguez-Rodrigo, L., & Gulden, W. (2007). ITER, safety and licensing. *Fusion Engineering and Design*, 82(5–14), 506–510. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2007.03.017>
- Hillie, T. (2007). *Nanotechnology , Water and Development* Written By *Munasinghe Institute for Development , Sri Lanka Munasinghe Institute for Development , Sri Lanka Commissioned as Part of the Global Dialogue on Nanotechnology and the Poor : Opportunities and Risks. December.*
- Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. L. (2017). Brain-machine interfaces: From basic science to neuroprostheses and neurorehabilitation. *Physiological Reviews*, 97(2), 767–837. <https://doi.org/10.1152/physrev.00027.2016>
- NAE. (2023). *Greatest Engineering Achievements of the 20th Century*. Greatachievements.Org. <http://www.greatachievements.org/>
- Schrag, D. P. (2007). Preparing to capture carbon. *Science*, 315(5813), 812–813. <https://doi.org/10.1126/science.1137632>
- Synder. (2009). Managing Reactive and in Agriculture. In *Soil and Water* (Issue September).
- U.S. Department of Energy. (2007). *Solar Energy Technologies Multi-Year Program*. www1.eere.energy.gov
- UNESCO Report. (2010). Engineering: issues, challenges and opportunities for development. In *Unesco report*. <https://researchspace.csr.co.za/dspace/handle/10204/5055>
<https://researchspace.csr.co.za/dspace/handle/10204/5055>

West, M., Ginsburg, G. S., Huang, A. T., & Nevins, J. R. (2006). Embracing the complexity of genomic data for personalized medicine. *Genome Research*, 16(5), 559–566. <https://doi.org/10.1101/gr.3851306>

Wikipedia. (2023). *Perekayasaan*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Perekayasaan>

GLOSARIUM

A

Abrasi: Perataan atau pengikisan

Agregat: Hasil dari pengumpulan sejumlah benda-benda menjadi satu

AHP-TOPSIS: Kombinasi dua metode analisis, yaitu Analytic Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). Metode ini digunakan dalam pengambilan keputusan multi-kriteria untuk menghasilkan prioritas atau peringkat alternatif berdasarkan serangkaian kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

Artificial Intelligence: Teknologi komputer yang memiliki kemampuan untuk meniru dan mengeksekusi tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Artificial Intelligence (AI) bertujuan dalam meningkatkan efisiensi, kecerdasan, dan kinerja sistem komputer atau mesin. Dengan kemampuannya untuk mengolah data secara cepat dan melakukan tugas-tugas yang kompleks, AI memiliki potensi untuk menghasilkan inovasi dan kemajuan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, mulai dari bidang industri, kesehatan, transportasi, keuangan, hingga pendidikan.

B

Bio informatika Bidang inter disiplinier yang menggabungkan ilmu komputer, matematika, dan biologi untuk menganalisis dan menginterpretasikan data biologis.

Brainstorming: Teknik atau metode yang digunakan dalam proses pemecahan masalah atau pengembangan ide.

C

Closed-loop Supply Chain System: Suatu konsep yang melibatkan integrasi kembali produk yang sudah tidak terpakai atau sampah dari konsumen kembali ke dalam proses produksi. Dalam sistem ini, aliran barang tidak hanya satu arah dari produsen ke konsumen, tetapi juga mengalir kembali dari konsumen ke produsen untuk dimanfaatkan kembali.

D

E

Efektif : Tepat pada sasaran, sesuai dengan tujuan

Efisien: Menggunakan cara yang tepat untuk mencapai tujuan

Elektrokardiogram (EKG): Diagnostik yang digunakan untuk merekam aktivitas listrik jantung. Tes ini menghasilkan gambaran grafis dari aktivitas listrik jantung yang terjadi selama siklus detak jantung.

Engineer atau Insinyur: Seorang profesional yang memiliki pengetahuan, keterampilan, dan keahlian dalam menerapkan prinsip-prinsip ilmiah dan matematika untuk merancang, mengembangkan, membangun, dan memelihara struktur, mesin, sistem, atau proses dalam berbagai bidang teknik.

Equivalent availability factor (EAF) : EAF umumnya dinyatakan dalam persentase, yang menunjukkan seberapa sering sistem atau komponen tersedia dan berfungsi dengan baik. Semakin tinggi nilai EAF, semakin tinggi tingkat ketersediaan sistem atau komponen tersebut.

F

Failure modes effect analysis (FMEA): Metode sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis potensi kegagalan dalam sistem, produk, atau proses.

G

H

Hard Disk Drive (HDD)

I

Industri: Kegiatan memproses atau mengolah barang dengan menggunakan sarana dan peralatan

Insinyur Teknik Industri: Insinyur yang memiliki spesialisasi bidang dalam mengoptimalkan sistem dan proses di berbagai industri. Mereka menerapkan prinsip-prinsip teknik, ilmu sosial, dan manajemen untuk meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas, kualitas, keamanan, dan keberlanjutan dalam lingkungan industri.

Integrasi: Pembauran hingga menjadi kesatuan yang utuh atau bulat

J

K

Klasifikasi: Penyusunan bersistem dalam kelompok atau golongan menurut kaidah atau standar yang ditetapkan.

Konsumen: Pemakai barang hasil produksi (barang pakaian, makanan dan sebagainya)

L

Layout: Tata letak dari suatu elemen desain dalam sebuah bidang

Logam: Mineral yang tidak tembus pandang, dapat menjadi penghantar panas dan arus listrik

M

Manufaktur: Proses perubahan bahan mentah menjadi barang jadi

Material: Bahan yang digunakan untuk membuat barang lain

N

O

Optimal: Proses terbaik atau paling menguntungkan

Otomasi: Suatu teknologi terkait dengan aplikasi mekanik, elektronik, dan komputer

P

Pemasok: Orang atau organisasi yang mengadakan persediaan atau menyuplai

Pengguna (*People*)

Pengujian: Percobaan yang dilakukan untuk mengetahui mutu sesuatu (kecakapan, ketahanan, dan sebagainya)

Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat Lunak (*Software*)

Produk : Barang atau jasa yang dibuat dan ditambah gunanya atau nilainya dalam proses produksi dan menjadi hasil akhir dari proses produksi itu

Produksi: Aktivitas untuk menciptakan, menghasilkan, dan membuat barang dan jasa

Produktivitas: Kemampuan untuk menghasilkan sesuatu

Produsen: Penghasil barang

Prosedur (Procedures)

Proses: Runtunan perubahan (peristiwa) dalam perkembangan sesuatu

Quality function deployment (QFD): Metode pengembangan produk atau layanan yang fokus pada kepuasan pelanggan.

Q

R

Random Access Memory (RAM)

Read-Only Memory (ROM)

S

Siklus: Putaran waktu yang di dalamnya terdapat rangkaian kejadian yang berulang-ulang secara tetap dan teratur

Sustainability: Konsep keberlanjutan atau kesinambungan yang mencakup upaya untuk mempertahankan keseimbangan dan keberlangsungan lingkungan alam, sosial, dan ekonomi agar dapat memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka.

T

Tool: Alat bantu yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan

Transformasi: Perubahan rupa baik bentuk, sifat, fungsi dan sebagainya

Two-Bin Kanban: Sistem manajemen persediaan lean yang digunakan untuk mengontrol aliran bahan atau produk. Sistem ini didasarkan pada prinsip kontrol visual dan membantu dalam memastikan pasokan bahan yang efisien dan just-in-time (JIT).

U

V

W

X

Y

Z



PROFIL PENULIS

Nofriani Fajrah, S.T., M.T.



Penulis lahir di Batam pada tanggal 26 November 1992. Beliau mendapatkan gelar Sarjana dari Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas pada tahun 2011 dan mendapatkan kesempatan untuk mengambil jalur Fast-track Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas pada tahun 2014 saat masih menempuh tahun terakhir Sarjana. Beliau aktif menjadi asisten dosen dan laboratorium Ergonomi Universitas Eka Sakti Padang Sumatera Barat. Setelah setahun menempuh Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas dan telah menyelesaikan studi Sarjana dari Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas pada tahun 2015 aktif menjadi Tenaga Pengajar di Program Studi Teknik Industri Universitas Putera Batam sambil menyusun Tesis. Setelah menyelesaikan Program Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Andalas pada tahun 2017 setahun kemudian diangkat menjadi Kepala Workshop Proses Produksi pada tahun 2018 dan Kasub Penelitian di Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Putera Batam pada tahun 2019 dengan fokus dibidang mengelola penelitian dan publikasi ilmiah serta diangkat menjadi Ketua Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Putera Batam pada tahun 2020 dan menjadi Ketua Dewan Redaksi Jurnal Pengabdian Bareleng Universitas Putera Batam. Selepas menjabat Kasub Penelitian, kemudian diangkat menjadi Ketua Program Studi Teknik Industri pada September 2020 untuk masa jabatan 2020-2024. Beliau aktif dalam melaksanakan Tridharma Perguruan Tinggi di lingkungan Universitas Putera Batam dengan memenangkan hibah DRPM DIKTI tahun 2019 dan 2020 secara berturut-turut dan hibah internal LPPM Universitas Putera Batam. Beliau sejak tahun 2018 aktif menjadi pelatih pada kegiatan pelatihan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2015 dan seminar yang diselenggarakan internal dan eksternal. Beliau sudah tersertifikasi BNSP sebagai pelatih dan asesor di LSP P1 Universitas Putera Batam untuk skema Personil Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sekaligus sebagai ketua skema. Beliau juga aktif dalam bidang organisasi seperti Wakil Ketua Korwil Sumatera-Kalimantan Perhimpunan Ergonomi Indonesia (PEI), Anggota

Pengurus BKSTI Korwil Sumatera II, dan Sekretaris II Perhimpunan Insinyur Indonesia (PII) Perwakilan Wilayah Kepulauan Riau.

Ir. Widya Laila, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.



Penulis lahir di Padang, Sumatera Barat pada tanggal 27 Juli 1980. Menempuh pendidikan atas di SMA Negeri 2 Padang. Melanjutkan studi D3 di Politeknik Negeri Padang di jurusan Teknik Telekomunikasi pada tahun 1999. Penulis kemudian melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM)

Bandung dan berhasil lulus tahun 2006. Sejak pada tahun 2007 penulis melanjutkan studi pasca sarjana di pordi Teknik dan Manajemen Industri, FTI ITB. Kemudian di tahun 2022 penulis mengambil kuliah keprofesian di Universitas Mulawarman. Tahun 2014 mulai mengajar di Prodi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang (STTIND Padang), selanjutnya pada tahun 2017 mengajar di prodi Teknik industri Sekolah Tinggi Teknologi Pelalawan yang kemudian berubah bentuk menjadi Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia.

Achmad Alfian, S.T., M.T.



Penulis lahir di Palembang, Sumatera Selatan. Pendidikan SMA Negeri 2 Palembang. Penulis kemudian melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Industri, FTI, Universitas Pasundan (UNPAS) Bandung dan berhasil lulus tahun 1994. Sejak tahun 1996 mulai mengajar di Prodi Teknik Industri Universitas Katolik Musi Charitas (UKMC) Palembang. Penulis

melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan lulus tahun 2001. Pengalaman Kerja: 1994 – 1996 Industri Garment & Tekstil Di Cicalengka Jawa Barat, 1996 – Sekarang Dosen Teknik Industri Universitas Katolik Musi Charitas. 2004 – 2008 Komisi Penyiaran Indonesia Daerah (KPID) Sumatera Selatan. 2007 – 2010 Ka. Laboratorium Prodi Teknik Industri UKMC. 2008 – 2011 Ka. LPPM Fakultas Sains & Teknologi UKMC. 2011 – 2016 Ka. Prodi Teknik Industri

UKMC. 2016 – 2017 Tenaga Ahli Teknik Industri DED Tanjung Api-Api Sumatera Selatan Email Penulis: a_alfian@ukmc.ac.id, HP. 0812 7836 825.

Merisha Hastarina, ST., M.Eng.



Penulis dilahirkan di Palembang. Merupakan lulusan Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Bandung tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan program magisternya di Gyeongsang National University, Korea Selatan dan lulus pada tahun 2013. Penulis pernah menjabat Unit Penjaminan Mutu Fakultas Teknik UMP (2016-2017) dan Sekretaris Program Studi Teknik Industri (2017-2019). Selain itu sempat menjabat sebagai Kepala Laboratorium Pengendalian dan Penjaminan Mutu (2018-2019). Saat ini merupakan Dosen Tetap Universitas Muhammadiyah Palembang Fakultas Teknik Program Studi Teknik Industri. Beberapa mata kuliah yang diampu diantaranya adalah: Pengantar Teknik Industri, Proses Produksi, Proses Manufaktur, Pengendalian Kualitas, Menggambar Teknik, Perancangan dan Pengembangan Produk.

Bayu Wahyudi, S.T., M.T.



Penulis adalah dosen di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Indonesia. Penulis menyelesaikan pendidikan di Program Studi Teknik Industri UM Palembang dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada tahun 2019, setelah itu melanjutkan studi di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta pada program Magister Teknik Industri dengan mengambil konsentrasi Supply Chain Management & Logistic dan menyelesaikannya pada tahun 2021. Sejak menyelesaikan studi masternya dan menjadi dosen di UM Palembang, Penulis juga pernah menjabat sebagai Kepala Laboratorium Analisis dan Perancangan Sistem Informasi Industri dan Menggambar Teknik.

Y Dicka Pratama, S.T., M.T.



Penulis adalah dosen tetap Prodi Studi Teknik Industri, Fak. Sains dan Teknologi, Universitas Katolik Musi Charitas (UKMC) sejak 2016. Lulus S1 dari UKMC Tahun 2013 dengan Topik Riset Metaheuristik (Differential Evolution) untuk memaksimalkan proses produksi. Gelar Magister di peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan Bandung Tahun 2016 dengan Topik Riset System Dynamic, Design For Six Sigma, & Performance System. Green Belt Six Sigma Certified (professional di bidang Quality Improvement), Dosen Profesional Kemdikbud Ristek-Dikti Certified, Auditor Mutu Internal Perguruan Tinggi Certified, dan Lain-lain. Selain menjabat sebagai Kepala Program Studi Teknik Industri UKMC, juga aktif dalam beberapa Non-Governmental Organization, seperti ISKA, BKSTI, dan IKDKI. Research area operasional excellence, technopreneurship dan design innovation.

Theresia Sunarni, S.T., MT.



Penulis adalah dosen tetap Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Musi Charitas (UKMC). S1 diselesaikan tahun 1998 di Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) dengan riset Preventive Maintenance, dan lulus S2 tahun 2007 di Teknik dan Manajemen Industri Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan riset Modular Layout. Mulai mengajar di UKMC sejak tahun 2000 sampai-sekarang. Saat ini terlibat dalam kepengurusan Perhimpunan Insinyur Indonesia (PII) kota Palembang. Sertifikat yang diperoleh Sertifikat Dosen Profesional Kemdikbudristek dan Sertifikat Auditor Mutu Internal Perguruan Tinggi. Research area Inventory Control, Production Scheduling, and Facility Planning.

Ir. Riri Nasirly, S.T., M.Sc., IPM.



Penulis lahir di Dili tahun 1987. Salah dosen Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia (ITP2I) saat ini mengajar di Program Studi Teknik Industri ITP2I. Menyelesaikan jenjang S1 pada tahun 2009 dari Teknik Industri Universitas Andalas. Jenjang S2 ditempuh di Teknik Industri Universitas Gadjah Mada pada tahun 2016. Selanjutnya mengambil Profesi Insinyur di Atmajaya pada tahun 2022. Penulis memulai karir di salah satu industri Pulp & Paper sebagai Wakil Ketua Regu Departemen Maintenance hingga 2011. Penulis merupakan anggota dari Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Nasional dan regional PII sebagai pengurus cabang pesatuan insinyur indonesia kota Pekanbaru prov. Riau periode 2021-2024. Anggota Bidang industri kreatif dan industri sosial. Penulis memulai karir sebagai Dosen pada tahun 2017, diamanahi sebagai Kaprodi Teknik Industri di Sekolah Tinggi Teknologi Pelalawan (STT Pelalawan) dari 2018-2022. Selanjutnya STT Pelalawan berubah menjadi Institut Teknologi Perkebunan Pelalawan Indonesia (ITP2I) saat ini dan diamanahi sebagai Ketua Lembaga Penjaminan Mutu (LPM). Penulis sadar masih banyak kekurangan sehingga masih butuh untuk terus belajar.

Ari Andriyas Puji, S.T., M.T.



Penulis lahir di Punggur pada 25 Februari 1993 dan sekarang menetap di Pekanbaru. Menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 180/II Mulia Bhakti pada tahun 2006, dan melanjutkan pendidikan di SMPN 5 Pelepat pada tahun 2007-2009. Menyelesaikan Pendidikan Strata-1 pada tahun 2016, dan Pendidikan Strata-2 pada tahun 2018 di Universitas Islam Indonesia. Sekarang, aktif mengajar di Universitas Muhammadiyah Riau di unit kerja Fakultas Teknik program studi Teknik Industri dengan bidang ilmu Manajemen Industri.

Ir. Christofora Desi Kusmindari, M.T., IPM



Penulis lahir di Jakarta, 19 Desember 1972. Anak 1 dari 3 bersaudara ini menyelesaikan S1 Teknik Industri di Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 1996 dan meneruskan S2 di ITB pada Prodi Teknik dan Manajemen Industri tahun 2001. Bekerja sebagai dosen di Prodi Teknik Industri mulai tahun 1997 di STT MUSI Palembang. Tahun 2008 yang bersangkutan pindah homebased dan menjadi Dosen Tetap di Universitas Bina Darma sampai sekarang. Selain sebagai dosen tetap, ia juga menjabat sebagai editor in chief Jurnal TEKNO yang sudah terakreditasi SINTA 5. Saat ini dia menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri di Universitas Bina Darma. Dalam Organisasi Profesi memegang jabatan sebagai Sekretaris PII Kota Palembang. Buku yang pernah di tulis sebelumnya adalah Dasar-Dasar Kewirausahaan, Production Planning and Inventory Control, Metodologi Penelitian Sosial, Manajemen Pengembangan Produk, K3, K3RS, Ergonomi, Perancangan Teknik Industri dan Pengantar Teknik Industri.

Dimaz Harits, S.T., M.T.



Penulis adalah dosen tetap program studi Teknik Industri Universitas Balikpapan. Saat ini aktif mengampu beberapa mata kuliah di tiga program studi, Teknik Industri, Teknik Mesin, dan D4 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Balikpapan. Memiliki pengalaman praktis sebagai tim ahli proyek kawasan perdagangan, dan instruktur P6 Primavera Professional Fundamental pada Fresh Graduate Academy KOMINFO. Lingkup riset yang dilakukannya terbilang luas, mulai dari Big Data, Lean Manufacturing, Suply Chain Management dan Ergonomi. Hobinya membaca, bahkan bisa membaca satu buku berkali-kali khatam. Tidak senang liburan, cukup biarkan ia sendiri dengan buku-bukunya.

Dominikus Budiarto, ST., MT., IPM.



Penulis lahir di Kota bumi, 16 Juli 1982, menempuh pendidikan formal di SMK Utama Bakti di Jurusan Teknik Elektro, Sarjana (S1) di Sekolah Tinggi Teknik Musi (STT Musi), Bidang Teknik Industri (2007), dan Magister (S2) di Institut Teknologi Bandung (ITB), bidang Teknik dan Manajemen Industri (2013). Pengalaman kerja menjadi instruktur di Binus Center Bandung, Fasilitator Pendamping SNI, Manajer Produksi di PT Shima Prima Utama, saat ini menjadi Dosen Tetap dan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Katolik Musi Charitas. Pernah mendapat penghargaan The Best Instructor di Binus Center Bandung, dan memiliki sertifikasi kompetensi BNSP Certified (Produktivitas), PII Certified (Insinyur Teknik Industri), Pendidik (Dosen) bersertifikat Kemendikbud. Selain kepakaran dalam bidang sistem manufaktur (Insinyur Teknik Industri), Produktivitas, Produk Desain, Proses Manufaktur, dan Pengajar, minat yang digeluti yaitu bidang Computer Technology (Rakit PC, Computer graphic design (VR), Visualisasi dan Animasi Produk, otomasi dan Pemrograman Komputer).

Dr. Melliana, S.T., M.M., IPM., ASEAN Eng.



Penulis lahir di desa Arse Nauli, Sipirok, Kabupaten Tapanuli Selatan tahun 1972, Kuliah S1 pada Program Studi Teknik dan Manajemen Industri UISU Medan tamat tahun 1996, Program Magister (S2) pada Program Studi Manajemen Di Medan tamat tahun 2003 dan Program Doktor (S3) Program Studi Teknik Industri di USU Medan Tamat tahun 2019. Saat ini mengajar sebagai Dosen Program Studi Teknik Industri di Sekolah Tinggi Teknologi Dumai sejak 1998. Mengajar Mata Kuliah Pengantar Teknik Industri, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Ekonomi Teknik, Analisis Kelayakan Pabrik dan SCM. Tahun 2000-2011 sebagai ketua program studi dan tahun 2019 sampai saat ini masih menjabat ketua Program Studi pada program Studi Teknik Industri Sekolah Tinggi Teknologi Dumai, Riau.

Dr. Eng. Ansarullah Lawi



Penulis lahir 23 Juni 1977 di Parepare Sulawesi Selatan, adalah dosen tetap Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam. Setelah menempuh pendidikan pasca sarjananya di Kyushu University, Jepang, Ia kembali ke Indonesia sebagai praktisi di berbagai perusahaan seperti PT Epcos Indonesia, PT Labtech Penta Internasional, PT Caterpillar Indonesia Batam, dll. Pada tahun 2016, anak ke-5 dari pasangan H. Muhammadong Lawi, S.Si dan Hj. Rukiyah ini memutuskan untuk menjadi dosen mengabdikan pada negara, membagikan pengalaman-pengalaman yang berharga kepada generasi muda. Bidang penelitian yang ditekuninya adalah diantaranya seperti; Ergonomi Biomekanika, Sistem Manufaktur, dan Manajemen Mutu. Di kampus Ia mengampu beberapa matakuliah seperti; Pengantar Rekayasa & Desain, Menggambar Teknik, Mekanika Teknik, Perbaikan Berkelanjutan, dll. Selain aktif menulis dan publikasi penelitian-penelitian sesuai bidang yang ditekuni, peraih beasiswa monbukagakusho dari Jepang ini juga sering diundang sebagai narasumber berdasarkan pengalaman-pengalamannya yang luar biasa selama studi di Jepang, serta pengalaman-pengalamannya sebagai praktisi di industri manufaktur selama lebih dari 10 tahun.

Dr. Heri Setiawan, S.T., M.T., IPM.



Future goals penulis bisa bekerja sebagai industrial engineer dan berkontribusi di dunia industrial factory telah tumbuh sejak kelas XI di SMA Xaverius 1 Belitang OKUT Sumsel. Penulis kemudian melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Industri, FTI, Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) dan berhasil lulus tahun 1997. Saat kuliah S1 penulis kuliah sambil magang di industri autobody karoseri dan semen. Setelah lulus S1 penulis berkiprah di injection & blow moulding system industry. Keinginan membagikan pengalaman dunia praktisi tumbuh sejak tahun 1998. Sejak saat itu profesi penulis dari praktisi industri beralih ke akademisi sebagai dosen di Jurusan Teknik Industri, STT Musi Palembang yang saat ini telah berubah menjadi

Prodi Teknik Industri, Fak. Sains & Teknologi (FST), Universitas Katolik Musi Charitas (UKMC). Guna memperluas cakrawala keilmuan link & match dunia praktisi dan pendidikan, penulis melanjutkan studi S2 di Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan lulus tahun 2003 dengan riset tesis bidang ergonomi industri moda transportasi darat mengukur performansi beban kerja mental masinis PT. KAI. Pendalaman, open-minded dan novelties dalam riset ergonomi industri penulis lanjutkan melalui studi S3 di konsentrasi Ergonomi-Fisiologi Kerja, Ilmu Kedokteran Program Pascasarjana Universitas Udayana (UNUD), Denpasar dan berhasil lulus tahun 2013. Riset disertasi ergonomi industri tentang desain stasiun kerja industri guna peningkatan kualitas hidup dan produktivitas kerja. Saat ini penulis adalah Dosen Tetap Prodi Teknik Industri, FST-UKMC Palembang dengan Jenjang Jabatan Fungsional (Jafung) Lektor Kepala (LK) Gol. IVa. Sebagai Asesor LKD-BKD Serdos, reviewer penelitian, dan mentor Program UMKM Merdeka di lingkungan LLDIKTI Wilayah II Kemendikbud RI. Penulis memiliki kepakaran di bidang Ergonomi Industri (Makro & Mikro), Integrated Work Design System & Measurement, Innovative Product Design, dan Integrity Leadership & Organization. Dan untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis pun aktif sebagai peneliti di bidang kepakarannya tersebut. Beberapa penelitian yang telah dilakukan didanai oleh internal & eksternal perguruan tinggi dan juga Kemendikbud DIKTI. Penulis hingga saat ini melakukan pendampingan UMKM & local wisdom sebagai Ketua Mastan (Masyarakat Standardisasi Indonesia) Provinsi Sumsel yang bermitra dengan BSN (Badan Standardisasi Nasional). Kepemimpinan publik lainnya seperti; menjadi Koordinator Bidang Kerjasama antar Perguruan Tinggi di BKSTI (Badan Kerja Sama pendidikan Tinggi Teknik Industri Industri) dan Ketua Bidang Industri di DPW PII (Persatuan Insinyur Indonesia) Wilayah Provinsi Sumatera Selatan. Selain peneliti, penulis juga aktif menulis buku dengan harapan dapat memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan NKRI yang tercinta ini. Email Penulis: heri_setiawan@ukmc.ac.id, HP. 0815 5045 334.

Zayyinul Hayati Zen, ST., MT



Penulis lahir di Bukittinggi pada tanggal 14 Januari 1988. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SD Negeri 19 Koto Kociak, Kabupaten 50 Kota. Melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 3 dan SMA Negeri 2 di Bukittinggi. Kemudian menempuh pendidikan jenjang S1 di Prodi Teknik Industri Universitas Bung Hatta, S2 di Prodi Teknik Industri Universitas Sumatera Utara, dan saat ini sedang menempuh studi doctoral di *Occupational Safety and Health Department* - Universiti Malaysia Pahang. Penulis mengabdikan dirinya sebagai pengajar di kampus Universitas Muhammadiyah Riau di Prodi Teknik Industri sejak bulan November 2009 sampai hari ini. Ergonomi Industri adalah bidang ilmu yang digelutinya saat ini. Motto hidupnya adalah *“Jika orang bisa, kamu pasti bisa. Jika orang maju, kamu bisa lebih maju, selalu bersemangat, berpikir positif, dan bermanfaat bagi orang banyak”*. Penulis menikah di bulan September 2011 dan saat ini sudah menjadi ibu dari 2 orang anak, yaitu Nindya Izzatunnisa dan Akbar Alfarizi.

Fadli Arsi, S.T., M.T



Penulis merupakan anak kampung asli Bangkinang, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau yang lahir pada 12 november 1994 dan sekarang menetap di Pekanbaru. Menyelesaikan sekolah dasar hingga sekolah menengah atas di Bangkinang mulai dari tahun 2000-2012. Kemudian melanjutkan Pendidikan strata satu di UIN SUSKA RIAU hingga pertengahan tahun 2016. Ketertarikan beliau terhadap Pendidikan mulai muncul Ketika hendak melanjutkan studi ke S1 tersebut, setelah sebulan lebih memikirkan jurusan apa yang ingin di ambil, maka ia memutuskan untuk mengambil jurusan yang biasanya kurang diminati siswa yaitu Teknik. Dengan berpegang pada sembiyan *“berakit-rakit ke hulu berenang-renang ketepian”*. Setelah berhasil menyelesaikan Pendidikan S1 teknik industry, beliau masih merasa kurang akan ilmu, sehingga memutuskan untuk melanjutkan kuliah S2 Teknik di kampus UNAND. Sembari melaksanakan

pekerjaan, beliau akhirnya bisa menyelesaikan studi S2 nya di awal tahun 2021, dan sekarang beliau aktif menjadi dosen di kampus swasta yang ada di pelalawan riau. Namun kecanduan beliau terhadap asyiknya belajar akhirnya memutuskan untuk melanjutkan studi ke jenjang S3 di UNRI, hingga pada saat buku ini dibuat beliau sedang menyelesaikan disertasi, dan insya Allah di awal tahun 2024 studi s3 nya selesai.

Resy Kumala Sari



Penulis adalah seorang lulusan Master of Science dalam Teknik Industri dan Manajemen, memiliki spesialisasi dalam ergonomi. Dengan alamat di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai, Rsayau, Indonesia, saya telah menunjukkan kontribusinya dalam bidang penelitian dan pengajaran. Pengalamannya yang mencakup tingkat internasional dan nasional telah melibatkan riset, publikasi, serta proyek industri. Gelar Master of Science diperolehnya dari Ming Chi University of Technology (MCUT), New Taipei, Taiwan, dengan tesis berjudul “Assessing Span between Feet of Public Squatting-Type Toilet based on Anthropometric Data and Squatting Stability”. Pada pendidikan sarjana sebelumnya di Universitas Sultan Syarif Kasim (UIN SUSKA), Rsayau, Indonessaya, saya telah menyelesaikan tugas akhrit tentang “Analysis of Marketing Strategy using SWOT Method and QSPM Method in SME Roman Indah”. Resy memiliki pengalaman dalam pengelolaan jurnal akademik, menjadi bagsayan dari tim editorsaya di Journal of Engineering Science and Technology Management (JES-TM) serta Jurnal Teknik Industri Teintegrasi (JUTIN). Selain itu, setelah menyelesaikan pendidikan magister, saya menjadi dosen di Program Studi Teknik Industri di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai. Di samping menjadi mahasiswa internasional di MCUT, saya juga terlibat sebagai asisten peneliti di Human Factor Lab MCUT, New Taipei, Taiwan. Pengalaman mengajarnya meliputi Dosen Program Studi Teknik Industri di Universitas Pahlawan Tuanku Tambusai dan pernah menjadi pembicara dalam seminar nasional mengenai Ergonomi dan Man Interface. Saya telah menyumbangkan publikasi dalam jurnal internasional dan nasional dalam bidang Teknik Industri. Selain itu, saya juga turut

berpartisipasi dalam berbagai proyek, seperti Ergonomic Organic Rubbish Converter dan penelitian mengenai Assessing Span Between Feet of Squatting-Type Toilet for Childhood Based on Anthropometric Data. Resy memiliki keterampilan pribadi yang luas, termasuk dalam bidang penelitian dengan keahlsayan dalam penggunaan berbagai perangkat lunak statistik dan analisis. Saya telah menjalani pelatihan SixSigma White Belt dan Smart PLS, serta memiliki kemampuan berbicara dalam Bahasa Inggris dengan skor TOEFL 587. Penghargaan yang diterimanya mencakup Beasiswa Penelitian dari MCUT dan Beasiswa Penelitian Konferensi dari Kementerian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (MOST) dan seorang profesional yang berdedikasi dalam bidang Teknik Industri dan Ergonomi, dengan latar belakang pendidikan yang kuat dan kontribusi berharga dalam penelitian, pengajaran, serta pengembangan teknologi.

Vera Methalina Afma, S.T., M.T



Penulis lahir di Padang, 28 Mei 1983, telah menyelesaikan Pendidikan sarjana (S-1) di Teknik Industri Universitas Andalas (UNAND) Padang lulus tahun 2005 dan Pendidikan strata dua (S-2) di Jurusan Magister Teknik Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta lulus tahun 2012. Sejak tahun 2009 telah menjadi dosen di program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan, Batam. Matakuliah yang pernah diajarkan meliputi: mekanika teknik, konsep teknologi, menggambar teknik, analisa keputusan, analisis estimasi biaya dan pemodelan sistem.

Dr. Siti Wardah, S.T., M.T



Penulis lahir di Benteng pada tanggal 2 Maret 1983, telah menyelesaikan Pendidikan sarjana (S-1) di Teknik Kimia Universitas Diponegoro (UNDIP) Semarang lulus tahun 2006 dan Pendidikan strata dua (S-2) di Program Studi Magister Teknik Industri Universitas Trisakti Jakarta lulus tahun 2013 serta Pendidikan Strata tiga (S-3) di Teknik Industri Pertanian Program Pascasarjana

Institut Pertanian Bogor (IPB) lulus Tahun 2022. Sejak tahun 2012 telah menjadi dosen di jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Islam Indragiri. Matakuliah yang pernah diajarkan meliputi: kimia industri, riset operasi, pengendalian kualitas, rekayasa kualitas, kesehatan dan keselamatan kerja, permodelan sistem, simulasi sistem, supply chain management, aljabar linier, pengantar ilmu ekonomi, pengetahuan lingkungan, kewirausahaan, marketing & customer relations management.

Pengantar TEKNIK INDUSTRI

Teknik Industri atau Industrial Engineering merupakan salah satu rumpun ilmu rekayasa dengan tanggung jawab untuk melaksanakan perancangan, perbaikan dan penerapan sistem terintegrasi yang terdiri atas orang, bahan baku, perlengkapan dan peralatan, energi, dan informasi dalam melakukan transformasi untuk menghasilkan luaran yang memiliki nilai ekonomis. Teknik Industri telah berkembang selama abad terakhir sebagai profesi yang luas karena berkaitan dengan merancang sistem yang efektif dan mengembangkan proses terbaik dengan tujuan mengintegrasikan sumber daya manusia, mesin dan material untuk meningkatkan efektivitas organisasi secara keseluruhan dan memberikan produk dan layanan kepada konsumen.

Fokusnya adalah pada sistem manufaktur tetapi sistem lain di bidang-bidang seperti transportasi, komunikasi, keuangan, dll. dianggap penting. Disiplin Teknik Industri memungkinkan fasilitas teknik antarmuka dan operasinya untuk mengubah sumber daya menjadi produk dan layanan, yang pada gilirannya dikirimkan ke konsumen. Teknik Industri mengaplikasikan keilmuan dasar matematika dan sains untuk merancang suatu sistem yang terintegrasi agar dapat menghasilkan produk dengan biaya yang layak dengan nilai produk yang ditawarkan.