

PENGANTAR KONSEP ENGINEERING

**Gito Sugiyanto
Fatmawaty
Amallia
Dicky Januarizky Silitonga
Johni S Pasaribu
Sudarno P Tampubolon
Herlina Rahim
Monita Rahayu
Sahat Dapottua Sitompul**



GET PRESS INDONESIA

PENGANTAR KONSEP ENGINEERING

Penulis :

Gito Sugiyanto

Fatmawaty

Amallia

Dicky Januarizky Silitonga

Johni S Pasaribu

Sudarno P Tampubolon

Herlina Rahim

Monita Rahayu

Sahat Dapottua Sitompul

ISBN :

Editor : Dr. Neila Sulung, S.Pd., Ns., M.Kes.

Penyunting : Ilda Melisa, Amd.Kep

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah

Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, November 2023

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

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Pengantar Konsep Engineering ini.

Buku ini membahas Pengantar Konsep Dasar Engineering, Sejarah engineering, Sumber Daya Manusia pendukung engineering, Konsep teknik mesin, Konsep teknik komputer, Konsep teknik sipil, Konsep teknik kimia, Konsep teknik industri, Profesi dan karir di bidang engineering.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, November 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
BAB 1 PENGANTAR KONSEP DASAR ENGINEERING.....	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Pengertian Konsep <i>Engineering</i>	1
1.3 Rekayasa Konseptual (<i>Conceptual Engineering</i>).....	3
1.4 Aktivitas dan Proses <i>Engineering</i>	5
1.4.1 Aktivitas <i>Engineering</i>	5
1.4.2 Proses <i>Engineering</i>	7
1.5 Tantangan Insinyur ke Depan.....	7
DAFTAR PUSTAKA.....	10
BAB 2 SEJARAH ENGINEERING	13
2.1 Pendahuluan	13
2.2 Engineering di zaman mesir.....	14
2.2.1 Piramida	14
2.2.2 Derek.....	15
2.2.3 Gerobak Dorong.....	16
2.2.4 Tuas.....	16
2.3 Engineering di zaman mesopotamia	16
2.3.1 Saluran Irigasi.....	16
2.3.2 Tembok Kota.....	17
2.4 Engineering di bangsa yunani.....	17
2.4.1 Kuil.....	17
2.4.2 Mercusuar Iskandaria	18
2.5 Engineering di bangsa romawi	18
2.6 Engineering di abad pertengahan.....	19
2.7 Kemajuan sains 1300-1750 M.....	20
2.8 Kemajuan Engineering 1750-1900 AD	23
2.9 Engineering di abad kedua puluh.....	27
DAFTAR PUSTAKA.....	35
BAB 3 SUMBER DAYA MANUSIA PENDUKUNG ENGINEERING	37
3.1 Pendahuluan	37
3.2 SDM (Sumber Daya Manusia)	37

3.3 Kinerja SDM (Sumber Daya Manusia)	38
3.4 Manajemen Sumber Daya Manusia	39
3.4.1 Manajemen sumber daya manusia strategis (MSDM strategis)	40
3.4.2 Dasar-dasar Sumber Daya Manusia.....	41
3.4.3 Pengembangan dan pelaksanaan MSDM Strategis.....	41
3.5 Faktor yang dapat mempengaruhi SDM	42
3.6 Peran Sumber Daya Manusia.....	43
3.6.1 Budaya Engineering.....	44
3.6.2 Konsep <i>Engineering</i>	45
3.7 Fungsi Engineering dalam organisasi perusahaan.....	46
3.7.1 Tugas Engineering	47
3.7.2 Skill Engineering.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
BAB 4 KONSEP TEKNIK MESIN	51
4.1 Pendahuluan	51
4.2 Topik-topik Fundamental Teknik Mesin	52
4.3 Klasifikasi Keahlian Teknik Mesin	52
4.3.1 Konstruksi Mekanik.....	53
4.3.2 Konversi Energi.....	54
4.3.2 Desain dan Manufaktur	57
4.3 Rangkuman	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
BAB 5 KONSEP TEKNIK KOMPUTER.....	63
5.1 Pengertian Komputer	63
5.2 Teknologi Informasi	64
5.2.1 Data dan Informasi	65
5.2.2 Definisi Teknologi Informasi	66
5.3 Struktur dan Fungsi Komputer	67
5.3.1 Struktur Komputer	67
5.3.2 Fungsi Komputer	69
5.4 Unit Fungsional	71
5.4.1 Unit masukan (input).....	73
5.4.2 Unit memori.....	73
5.4.3 Unit logika aritmatika (ALU)	75
5.4.4 Unit keluaran.....	75
5.4.5 Unit kontrol (<i>Control Unit</i> , CU).....	75

DAFTAR PUSTAKA.....	76
BAB 6 KONSEP TEKNIK SIPIL.....	77
6.1 Pendahuluan	77
6.2 Konsep Dasar Teknik Sipil.....	78
6.3 Bidang Teknik Sipil	80
6.4 Perkembangan Teknik Sipil.....	82
6.5 Peraturan Dalam Teknik Sipil	83
6.6 Tipe-Tipe Struktur	85
6.7 Jenis-Jenis Tumpuan	86
6.8 Gaya dan Beban Pada Struktur	89
6.9 Momen Gaya.....	92
6.10 Persamaan Kestimbangan.....	93
6.11 Peta Gempa	94
6.12 Respon Spektrum dan <i>Time History</i>	96
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB 7 KONSEP TEKNIK KIMIA	101
7.1 Pendahuluan	101
7.2 Pengantar Teknik Kimia.....	102
7.3 Ruang Lingkup Teknik Kimia.....	105
7.3.1 Unit Operasi	105
7.3.2 Unit Proses.....	109
7.3.3 Proses Kimia.....	115
7.3.4 Integrasi Proses.....	118
7.4 Teori Dasar dan Pendukung Teknik Kimia	119
7.5 Penerapan Teknik Kimia dalam berbagai bidang.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....	123
BAB 8 KONSEP TEKNIK INDUSTRI	125
8.1 Pendahuluan	125
8.2 Sejarah Teknik Industri	125
8.3 Definisi Teknik Industri	126
8.4 Hubungan Antar Berbagai Ilmu yang Melahirkan Teknik Industri.....	130
8.5 Pendekatan Teknik Industri.....	131
8.6 Organisasi Teknik Industri.....	133
DAFTAR PUSTAKA.....	135
BAB 9 PROFESI DAN KARIR DI BIDANG ENGINEERING ..	137
9.1 Perkembangan Awal Disiplin Teknik.....	137
9.2 Era Modren	138

9.3 Proses Ilmu Keteknikan (<i>Engineering</i>).....	141
9.4 Tipe Aktivitas Teknik dan Sistem Industri	143
9.5 Etika Profesionalisme.....	146
9.6 Lisensi Profesional.....	147
9.7 Pendidikan Engineering dan AkRelitasi ABET	148
9.8 Organisasi Disiplin Teknik.....	151
9.9 Pengaruh dari Perkembangan-Perkembangan Lain....	153
9.9.1 Pengaruh dari Operation Research	153
9.9.2 Pengaruh dari komputer	154
9.9.3 Munculnya Industri Jasa	155
9.10 Tantangan di Masa Depan.....	156
DAFTAR PUSTAKA.....	159
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tiga Piramida Giza	14
Gambar 2.2. Piramida Khufu.....	15
Gambar 2.3. Derek.....	15
Gambar 2.4. Gerobak Dorong.....	16
Gambar 2.5. Tuas.....	16
Gambar 2.6. Saluran Irigasi.....	16
Gambar 2.7. Tembok Kota.....	17
Gambar 2.8. Kuil.....	17
Gambar 2.9. Mercusuar Jakarta.....	18
Gambar 2.10. Koloseum.....	18
Gambar 2.11. Kincir Air	19
Gambar 2.12. Mesin Uap Pertama Tahun 1712	24
Gambar 2.13. Pesawat Komersial.....	28
Gambar 2.14. Henry Ford dan Mobilnya.....	30
Gambar 2.15. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.....	32
Gambar 2.16. Komputer Pertama Di Dunia.....	33
Gambar 4.1. Bagian-bagian ilmu mekanika.....	53
Gambar 4.2. Contoh sumber-sumber energi	56
Gambar 4.3. Diagram alir proses desain	59
Gambar 5.1. Informasi adalah hasil pengolahan Data	65
Gambar 5.2. Karakteristik Informasi.....	66
Gambar 5.3. Struktur tingkat atas Komputer	68
Gambar 5.4. Tampilan Fungsional Komputer.....	70
Gambar 5.5. Operasi-operasi Komputer: Pemindahan data, Penyimpanan, Memproses dari I/O ke penyimpanan dan Memproses dari penyimpanan ke I/O.....	71
Gambar 5.6. Unit fungsional komputer	72
Gambar 5.7. Blok diagram komputer	72
Gambar 5.8. Jenis memori komputer	74
Gambar 6.1. Tumpuan Sendi/ Engsel	87
Gambar 6.2. Tumpuan Rol/ (<i>Roller Supports</i>)	87
Gambar 6.3. Tumpuan Jepit/ (<i>Fixed Supports</i>).....	87
Gambar 6.4. Peta Zonasi Gempa Wilayah Indonesia	95
Gambar 6.5. Gambar Respon Spektrum Wilayah Indonesia	97

Gambar 6.6. Gambar <i>Time History</i>	98
Gambar 7.1. Keterkaitan bidang teknik kimia dengan bidang ilmu lain.	103
Gambar 7.2. Diagram operasi.....	105
Gambar 7.3. Keterlibatan Integrasi Proses dalam Sintesis Produk	118
Gambar 8.1. Kompetensi Sistem Terintegrasi	129
Gambar 8.2. Hubungan Antara Teknik Industri Dengan Ilmu-Ilmu Lain.....	131
Gambar 9.1. Proses dasar Keteknikan/Engineering.....	143

DAFTAR TABEL

Tabel 7.1. Unit Proses dalam Industri Kimia.....	111
Tabel 8.1. Objek dan Keilmuan Teknik Industri	130

BAB 1

PENGANTAR KONSEP DASAR ENGINEERING

Oleh Gito Sugiyanto

1.1 Pendahuluan

Pada era perkembangan Teknologi, Informasi dan Komunikasi (TIK) yang sangat pesat seperti saat ini, konsep *engineering* telah menjadi hal yang penting dalam pemecahan masalah (*problem solving*) dan pengembangan inovasi di berbagai sektor. *Engineering* atau rekayasa bukan hanya tentang bagaimana mendesain dan merancang struktur atau perangkat teknologi, tetapi juga berkaitan dengan bagaimana mengidentifikasi berbagai kebutuhan, mengatasi masalah yang kompleks, dan menciptakan solusi yang efektif. Pentingnya konsep *engineering* adalah terletak pada perannya dalam memecahkan permasalahan yang ada di dunia nyata, mulai dari masalah teknis hingga masalah sosial dan ekonomi. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka berbagai bidang ilmu *science* digunakan dalam disiplin *engineering*. Jenis bidang ilmu *science* yang menjadi dasar dalam pengembangan teknologi dan solusi *engineering* diantaranya yaitu ilmu komputer, matematika, fisika, ilmu material, kimia, biologi, dan lainnya.

1.2 Pengertian Konsep *Engineering*

Pengertian *Engineering* menurut “Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET)” adalah “profesi dimana di dalamnya pengetahuan matematika dan ilmu alam yang diperoleh melalui jalur atau bangku pendidikan, pengalaman, dan praktik diaplikasikan dengan semestinya untuk menemukan cara-cara yang lebih ekonomis dalam memanfaatkan bahan-bahan dan kemampuan alami demi kemaslahatan umat manusia (<https://users.ece.utexas.edu/~holmes/Teaching/EE302/Slides/UnitOne/tsld002.htm>, 2023).

"The profession in which a knowledge of the mathematical and natural sciences gained by study, experience, and practice is applied with judgment to develop ways to utilize, economically, the materials and forces of nature for the benefit of mankind" (Accreditation Board for Engineering and Technology).

Seorang insinyur berbeda dengan ilmuwan. Seorang insinyur (*engineers*) akan memecahkan masalah yang ada; hasil pekerjaan insinyur adalah berupa pengembangan dan produksi (atau peningkatan) dari suatu produk atau proses. Sedangkan para ilmuwan berupaya untuk memahami bagaimana alam berfungsi. Hasil kerja ilmuwan adalah berupa perluasan ilmu pengetahuan dan produk akhir dari seorang ilmuwan sering kali berupa publikasi artikel ilmiah atau makalah hasil penelitian (<https://users.ece.utexas.edu/~holmes/Teaching/EE302/Slides/UnitOne/tlsd003.htm>, 2023).

Engineering merupakan "ilmu di bidang teknik atau keteknikan yang diimplementasikan dalam rangka mempermudah kehidupan atau mempermudah manusia dalam melakukan sesuatu". *Engineering* (ilmu rekayasa) bertujuan untuk mengatasi berbagai permasalahan yang ada di sekitar kehidupan sehari-hari dari hal yang paling kecil (sederhana) sampai dengan yang terbesar. Orang yang melakukan pekerjaan di bidang *engineering* disebut dengan *engineer*, atau kalau di Indonesia disebut sebagai seorang insinyur. Pengetahuan seorang insinyur harus diperkuat dengan berbagai pengalaman yang bisa diperoleh di lapangan. Solusi-solusi dari berbagai permasalahan *engineering* harus memenuhi beragam kriteria yang bisa saja saling bertentangan dan solusi yang terbaik tidak selalu diperoleh dari penerapan prinsip-prinsip dan rumus-rumus ilmiah. Seorang insinyur harus memikirkan berbagai kendala yang ada dan mencari solusi yang terbaik berdasarkan dengan pengetahuan dan pengalaman yang dimilikinya. Dalam upaya untuk mencari solusi yang terbaik tersebut, maka seorang insinyur akan memanfaatkan bahan-bahan dan kemampuan alam. Terdapat begitu banyak bahan yang dapat dimanfaatkan baik yang alamiah maupun buatan untuk membuat desain atau rancangan mereka. Para insinyur memilih bahan-bahan yang sesuai berdasarkan dengan kriteria-kriteria seperti ketersediaan biaya dan berbagai

sifat fisik seperti: berat, berat jenis, kekuatan bahan atau material, ketahanan, elastisitasnya, dan lain-lain (Fahrni, 2022).

1.3 Rekayasa Konseptual (*Conceptual Engineering*)

Rekayasa konseptual adalah konsep baru yang sangat berguna. Konsep rekayasa merupakan bagian rekayasa konseptual yang luar biasa. Dalam beberapa literatur terbaru tentang rekayasa konseptual, penghargaan untuk istilah “rekayasa konseptual atau *conceptual engineering*” sering diberikan kepada Blackburn (1999). Penghargaan juga diberikan kepada Creath (1990). Hal ini pertama kali berperan pada tahun 1990-an melalui buku Dear Carnap, Dear Van, dan banyak makalah lainnya. Rekayasa konseptual telah ada di seluruh literatur Carnap selama beberapa dekade. Seperti halnya yang disampaikan oleh Isaac (2020), Carnap sendiri sebenarnya berbicara tentang rekayasa linguistik dalam beberapa hal, tetapi tidak pernah menggunakan istilah ‘rekayasa konseptual’. Bagaimanapun juga konsep rekayasa konseptual sendiri merupakan model rekayasa konseptual yang sangat berguna.

Definisi tentang rekayasa konseptual telah memberikan pentahapan jenis konseptual yang berbeda. Rekayasa konseptual (*conceptual engineering*) harus dipahami sebagai desain, implementasi, dan evaluasi konsep. Rekayasa konseptual mencakup atau harus mencakup rekayasa konseptual *de novo* (merancang konsep baru) serta rekayasa ulang konseptual atau memperbaiki konsep yang lama (Chalmers, 2020). Salah satunya adalah tahap desain, yang merupakan tempat untuk merancang berbagai konsep.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk melakukannya, salah satu cara yang paling klasik adalah dengan memberikan sebuah definisi atau peran inferensial atau beberapa kasus paradigma. Berikutnya adalah tahap implementasi. Dalam tahap implementasi ini menggunakan suatu konsep dan mencoba untuk membuat orang lain juga menggunakannya. Inilah yang disebut oleh Cappelen (2018) sebagai aktivisme konseptual. Tahap berikutnya yaitu tahap evaluasi, yang memainkan peran sentral dalam konseptual etika bekerja oleh orang-orang (Burgess dan Plunkett, 2013). Pada tahap evaluasi ini kuncinya adalah mengevaluasi seberapa baik konsep-konsep ini dan untuk tujuan

tertentu guna melihat seberapa baik mereka memainkan peran kunci.

Insinyur konseptual terkadang mengatakan bahwa mereka ingin mengubah arti kata "*Semantic Externalism*". Jika eksternalisme tertentu benar adanya, hampir mustahil untuk melakukan hal tersebut mengingat beberapa faktor eksternal yang menentukan makna, seperti kealamian metafisik atau penggunaan di masa lalu, yang tidak dapat diubah. Jika eksternalisme semacam ini benar, maka para insinyur konseptual tidak ingin mengubah arti kata. Jika mereka melakukan hal tersebut, maka mereka selalu dapat merekayasa eksternalisme dari bahasa tersebut atau merekayasa pengertian makna baru yang dapat diubah. Kebenaran eksternalisme tidak menimbulkan ancaman terhadap kemungkinan rekayasa konseptual (Riggs, 2019). Pekerjaan terpenting dari proyek implementasi rekayasa konseptual dapat dilakukan hanya dengan mengubah penggunaan yang cukup luas. Biasanya dengan melakukan hal itu sudah cukup untuk mengubah maknanya (Riggs, 2019; Pinders, 2019; Koch, 2019).

Dalam filsafat pikiran, salah satu tokohnya adalah Block (1995) yang merupakan seorang insinyur konseptual paradigmatis. Makalahnya pada tahun 1995 tentang fungsi kesadaran mengatakan bahwa kesadaran adalah konsep yang bermasalah dalam berbagai cara. Block mengajukan konsep yang lebih tepat dan menarik, seperti konsep kesadaran akses. Selanjutnya Cappelen (2018) dalam bukunya tentang *conceptual engineering* mengajukan makalah bersama dengan Clark and Chalmers (1998), secara lanjutan pikiran sebagai kasus paradigma rekayasa konseptual, dimana dalam rekayasa itu menggunakan konsep keyakinan. Konsep keyakinan sebenarnya telah menjadi salah satu kandidat utama rekayasa konseptual sejak tahun 1940-an sampai dengan tahun 1950-an, bersama dengan Carnap dan peneliti lainnya yang memberikan berbagai penjelasan. Selanjutnya Gendler (2008) melakukan dan merekayasa konsep baru di sekitar kepercayaan dengan menggunakan konsep alief (*concept of alief*).

Orang-orang menggunakan konsep yang direkayasa untuk menunjukkan fenomena yang mungkin terabaikan atau untuk menarik konsep yang berbeda dari rangkaian diskusi. Fricker (2009) menjelaskan tentang ketidakadilan epistemik dan variasinya

seperti ketidakadilan testimonial dan hermeneutik, akan menjadi contoh paradigmatis. Selanjutnya Haslanger (2000) menjelaskan tentang gender dan ras. Contoh utamanya adalah karyanya dalam analisis konsep perempuan dalam hal penindasan. Perbaikan ini merupakan untaian rekayasa konseptual yang telah diambil oleh banyak tokoh lainnya dalam filsafat sosial terkini. Sebagai contoh yaitu Manne (2017) yang melakukan analisis tentang misogini.

Sebagian besar standar dalam literatur rekayasa konseptual terkini adalah merupakan kasus rekayasa ulang konseptual. Literatur penjelasan Carnapian lebih banyak merupakan literatur tentang rekayasa ulang. Selanjutnya Brun (2016) memiliki artikel yang bagus tentang penjelasan sebagai rekayasa ulang konseptual, dengan menggunakan frase yang tepat. Rekayasa konseptual dari keyakinan memiliki sebagian besar pengaruh yang telah melakukan rekayasa ulang. Terdapat rekayasa ulang dengan konsep kebenaran. Terdapat beberapa peminatan dalam rekayasa ulang konsep sosial seperti konsep perempuan dan konsep ras.

Fine (2001) mengemukakan argumennya, seperti yang dibahas oleh Koslow (2018) dalam artikelnya mengenai isu-isu terkini, terkadang kita dapat mencapai tujuan dengan lebih baik dengan kata baru dan terkadang dengan kata lama. Scharp (2013) akhirnya menggunakan frase yang berbeda, “kebenaran yang meningkat atau *ascending truth*” dan “kebenaran yang menurun atau *descending truth*”. Ini melibatkan lebih banyak rekayasa konseptual atau setidaknya abstraksi konseptual dari ide-ide yang ada di udara. Dalam hal memperbaiki tentang eksistensi dalam metafisika, yang mengambil pendekatan pragmatis yang mana gagasan tentang keberadaan atau objek akan memberikan manfaat terbaik (Thomasson, 2015).

1.4 Aktivitas dan Proses *Engineering*

1.4.1 Aktivitas *Engineering*

Pada profesi *engineering* terdapat beragam aktivitas fungsi yang dapat diperankan oleh seorang insinyur. Seorang insinyur dapat terlibat di dalam salah satu atau kombinasi dari beberapa aktivitas yang ada. Fungsi-fungsi yang dimaksudkan pada aktivitas *engineering* dijelaskan sebagai berikut ini (Fahroni, 2022).

1. Riset (*research*). Merupakan aktivitas seorang insinyur yang bertujuan untuk mencari pengetahuan baru (*novelty*) atau menemukan pemahaman yang lebih baik mengenai fakta-fakta yang telah diketahui sebelumnya.
2. Pengembangan (*development*). Merupakan aktivitas seorang insinyur yang bertujuan untuk mengubah hasil-hasil dan penemuan yang diperoleh dari riset ke dalam bentuk produk, *prototipe*, metode atau proses yang berguna.
3. Desain (*design*). Merupakan aktivitas seorang insinyur berupa proses mengubah konsep-konsep dan informasi menjadi rencana-rencana dan spesifikasi yang lebih terperinci yang dengannya sebuah produk jadi atau fasilitas tertentu dapat dibuat atau dibangun.
4. Produksi (*production*). Merupakan aktivitas industri yang menghasilkan produk-produk jadi dari bahan-bahan melalui proses manufaktur (*manufacture*).
5. Konstruksi (*construction*). Merupakan proses mengubah desain dan bahan-bahan menjadi bangunan atau fasilitas seperti fasilitas telekomunikasi, daya listrik, bangunan gedung, hotel, jalan dan jembatan, jalan tol, pelabuhan, bandar udara, terminal, dan lain-lain.
6. Operator di dalam *engineering*. Merupakan penerapan prinsip-prinsip *engineering* atau pelaksanaan kerja di lapangan. Pada proses manufaktur, operator melibatkan kegiatan-kegiatan seperti pembelian bahan-bahan mentah, pemeliharaan atau perawatan (*maintenance*).
7. Penjualan (*sales*). Penjualan di dalam bidang industri berbasis teknologi sering melibatkan jasa dari para insinyur terlatih untuk merekomendasikan mesin-mesin peralatan, suku cadang (*spare part*), atau layanan-layanan terbaik untuk memenuhi kebutuhan dari para pelanggan.
8. Manajemen (*management*). Manajemen di banyak perusahaan di berbagai sektor industri dikendalikan oleh para insinyur. Secara umum seorang insinyur akan bertanggungjawab dalam memecahkan masalah-masalah baik berupa kebijakan, keuangan, organisasi, sumber daya manusia (SDM), hubungan masyarakat (humas), pemasaran dan penjualan.

1.4.2 Proses Engineering

Proses *engineering* melibatkan penerapan prinsip analisis, sintesis, dan desain. Analisis memungkinkan untuk memahami masalah secara mendalam, mengidentifikasi berbagai kebutuhan, dan mengenali tantangan yang perlu diatasi. Sintesis melibatkan pengembangan solusi kreatif berdasarkan pemahaman ini, dan desain adalah tahap di mana solusi konkret dirancang untuk implementasi. "Aliran pemikiran sistemik yang terintegrasi (*systemic and integrated approach*) merupakan pendekatan yang bersifat holistik yaitu memandang sesuatu secara sistemik, menyeluruh dan utuh, tidak bersifat parsial baik dari sisi aspek struktural maupun aspek interaksinya". Berdasarkan hasil analisis maka selanjutnya dapat dikembangkan alternatif pemecahannya dan dengan menggunakan model sebagai alat sintesis akan dapat ditemukan alternatif solusinya sehingga dapat dipilih alternatif solusi yang terbaik (Bahagia, 2019).

1.5 Tantangan Insinyur ke Depan

Menurut Wright (2007), tantangan-tantangan yang berkaitan dengan karier seorang insinyur ke depan yaitu akan menghadapi beberapa permasalahan kompleks dengan implikasi yang luas seperti yang diuraikan berikut ini.

1. Upaya untuk menemukan, mengembangkan, dan memanfaatkan sumber energi alternatif untuk menggantikan batubara dan minyak bumi yang persediaannya semakin menipis. Sumber energi alternatif yang menghasilkan energi baru terbarukan yang bersumber dari energi angin, panas bumi, panas matahari, dan lain-lain.
2. Upaya pengembangan cara-cara untuk menjaga dan memperbaiki sarana-sarana umum yang cepat atau lambat akan mengalami kerusakan.
3. Upaya untuk menemukan rancangan bangunan yang mampu bertahan terhadap bencana alam seperti gempa bumi, angin, badai, tsunami, dan jenis-jenis bencana alam yang lainnya. Bangunan harus didesain sebagai bangunan tahan gempa sehingga tidak rusak sampai dengan skala gempa tertentu.

Dengan demikian jumlah korban baik harta benda maupun nyawa manusia dapat diminimalisir.

4. Upaya-upaya lebih lanjut untuk memajukan teknologi mikrokomputer dan menerapkannya untuk hal-hal yang lebih banyak lagi dalam kehidupan manusia.
5. Pengembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan pemanfaatan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dalam berbagai sektor kehidupan manusia.
6. Upaya untuk mengembangkan teknologi yang dapat meningkatkan hasil-hasil pertanian, perkebunan, mengingat semakin besarnya jumlah penduduk di dunia dan ancaman bahaya kelaparan.
7. Upaya untuk menemukan cara-cara yang lebih baik dalam penanganan limbah-limbah berbahaya, termasuk limbah radioaktif yang dihasilkan dari proses produksi untuk memperoleh energi nuklir.
8. Upaya penjelajahan terhadap ruang angkasa dan upaya untuk menemukan aplikasi-aplikasi dari hasil riset antariksa baik untuk kepentingan militer maupun untuk tujuan perdamaian dunia.

Menurut Habibie (2022) tiga tantangan utama yang dihadapi oleh para insinyur saat ini yaitu teknologi digital, transisi energi yang sangat berdampak pada iklim, serta infrastruktur tangguh dalam menghadapi krisis iklim. Sembilan kompetensi wajib yang harus dimiliki oleh seorang insinyur masa kini yaitu manajemen proyek, kewirausahaan, kepemimpinan dan komunikasi, spesialisasi teknis, Bahasa Inggris dan bahasa asing lainnya, kemampuan presentasi, kerja sama, kode etik, serta keterampilan digital yang terkait dengan profesi teknik.

“Selain isu pemanasan global (*global warming*) dan perubahan iklim (*climate change*), tantangan terbesar lainnya bagi profesi insinyur di era banjir informasi seperti saat ini adalah pelayanan dengan penuh integritas. Insinyur harus bijaksana dalam mengelola sumber energi yang ada untuk keperluan dalam pekerjaannya” (Rosyid, 2022). Perkembangan Industri 4.0 menjadi peluang besar untuk para insinyur Indonesia untuk berkipsrah lebih besar. Selain itu, “*green economy* dan *circular bioeconomy* dapat

menjadi peluang besar masa depan yang berkaitan dengan efisiensi pemanfaatan energi". "Insinyur Indonesia diharapkan dapat menghasilkan terobosan-terobosan baru yang kreatif, inovatif, dan responsif terhadap perubahan zaman" (Widyasanti, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagia, S. N. 2019. "Pengantar Teknik Industri". Diktat Kuliah: Teknik Manajemen Industri. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Blackburn, S. 1999. "Think: A Compelling Introduction to Philosophy". Oxford: Oxford University Press.
- Block, N. 1995. "On a Confusion About a Function of Consciousness" Brain and Behavioral Sciences. vol. 18, hal. 227-247.
- Brun, G. 2016. "Explication as a Method of Conceptual Re-engineering" Erkenntnis. vol. 81, hal. 1211-1241.
- Burgess, A. and Plunkett, D. 2013. "Conceptual Ethics I" Philosophy Compass. vol. 8 no. 12, hal. 1091-1101.
- Cappelen, H. 2018. "Fixing Language: An Essay in Conceptual Engineering". Oxford: Oxford University Press.
- Chalmers, D. J. 2020. "What is conceptual engineering and what should it be?" Inquiry: An Interdisciplinary Journal of Philosophy. hal. 1-18. DOI: 10.1080/0020174X.2020.1817141.
- Clark, A. and Chalmers, D. J. 1998. "The Extended Mind." Analysis. vol. 58 no. 1, hal. 7-19.
- Creath, R. 1990. "Dear Carnap, Dear Van: The Quine-Carnap Correspondence and Related Work". Berkeley: University of California Press.
- Fahroni, M. A. 2022. "Konsep *Engineering*". Bahan Kuliah.
- Fine, K. 2001. "The Question of Realism" Philosophers Imprint. vol. 1, hal. 1-30.
- Fricker, M. 2009. "Epistemic Injustice". Oxford: Oxford University Press.
- Gendler, T. 2008. "Alief and Belief" Journal of Philosophy. vol. 105, hal. 634-663.
- Habibie, I. A. 2022. "Peran Insinyur dalam Pembangunan Bangsa Menuju Indonesia Emas". Kuliah Umum Keinsinyuran Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Haslanger, S. 2000. "Gender and Race: (What) are they? (What) Do We Want them to Be?" Noûs vol. 34, hal. 31-55.

- <https://users.ece.utexas.edu/~holmes/Teaching/EE302/Slides/UnitOne/tsld002.htm>. 2023. "ABET: Definition of Engineering".
- Isaac, M. G. 2020. "How to Conceptually Engineer Conceptual Engineering?" Inquiry. DOI:10.1080/0020174X.2020.1719881.
- Koch, S. 2019. "The Externalist Challenge to Conceptual Engineering". Synthese.
- Koslow, A. 2018. "Conceptual bridge building" Presented at "Foundations of Conceptual Engineering", NYU, September 2018.
- Manne, K. 2017. "Down Girl: The Logic of Misogyny. Oxford: Oxford University Press.
- Pinder, M. 2019. "Conceptual Engineering, Metasemantic Externalism, and Speaker-meaning". Mind. vol.130 no. 6. DOI: 10.1093/mind/fzz069.
- Riggs, J. 2019. "Conceptual Engineers Shouldn't Worry About Semantic Externalism". An Interdisciplinary Journal of Philosophy. <https://doi.org/10.1080/0020174X.2019.1675534>.
- Rosyid, D. M. 2022. "Pertimbangan Energi: Hemat, Bersih dan Terbarukan". Kuliah Tamu Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur Universitas Muhammadiyah Malang (UMM), Malang.
- Scharp, K. 2013. "Replacing Truth". Oxford: Oxford University Press.
- Thomasson, A. 2015. "Ontology Made Easy". Oxford: Oxford University Press.
- Widyasanti, A. A. 2022. "Peranan Insinyur untuk Berkontribusi pada Perekonomian Indonesia di Masa Depan". Seminar Ikatan Alumni Teknik Kimia ITB "Berkontribusi Meningkatkan Pertumbuhan Ekonomi Indonesia serta Rintangan Besar yang harus Diatasi Seorang Insinyur. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Wright, P. H. 2007. "Pengantar *Engineering* Edisi Ketiga", Penerjemah: Harinaldi, Editor: Lemeda Simarmata. Jakarta: Penerbit Erlangga.

BAB 2

SEJARAH ENGINEERING

Oleh Fatmawaty Rachim

2.1 Pendahuluan

Gelar engineer pertama kali digunakan pada masa abad pertengahan, kira-kira antara tahun 1000 hingga 1200 Masehi. Kata "engine" dan "ingenious" berasal dari bahasa Latin "in generare," yang artinya "menciptakan." Oleh karena itu, individu yang menciptakan atau merancang mesin-mesin atau inovasi serupa disebut sebagai ingeniator atau "engineer."

Engineering bukanlah disiplin ilmu yang muncul karena dekret penguasa atau undang-undang. Sebaliknya, ilmu ini telah tumbuh dan berkembang selama lebih dari lima abad, baik sebagai seni maupun sebagai profesi. Akar-akar ilmu ini dapat ditemukan sejak awal peradaban manusia dan telah berkembang seiring perkembangan manusia. Para leluhur kita berusaha untuk mengendalikan dan memanfaatkan sumber daya alam demi kepentingan masyarakat, seperti yang kita lakukan sekarang. Mereka mempelajari hukum alam, mengamati, dan mengembangkan pengetahuan matematika dan sains yang saat itu belum umum dimiliki oleh orang biasa. Penerapan pengetahuan ini menghasilkan berbagai inovasi yang bermanfaat bagi masyarakat, seperti pelabuhan, jalan, bangunan, sistem irigasi, serta berbagai fasilitas perlindungan banjir, dan pencapaian lain yang memberikan manfaat signifikan.

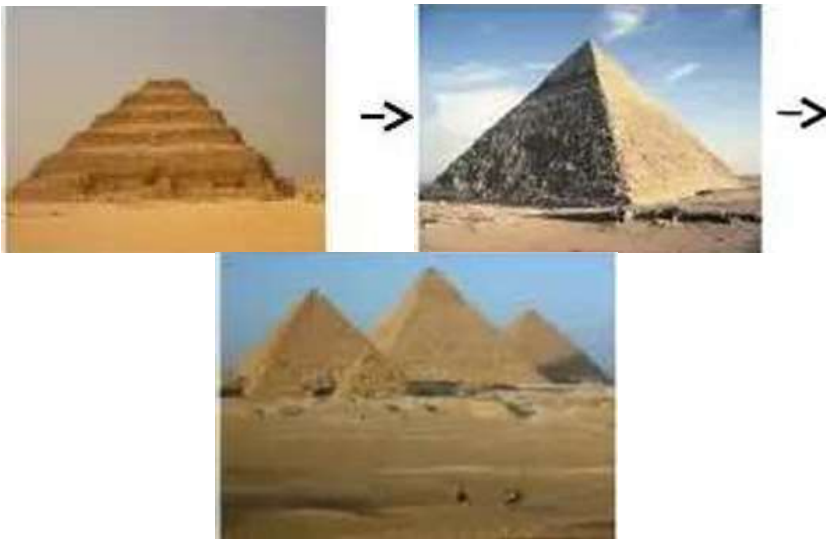
Dengan memahami asal-usul ilmu rekayasa, kita dapat lebih memahami besarnya pengaruh gelombang sejarah tersebut. Hal ini membantu kita untuk menempatkan sejarah dalam konteks yang tepat dan mengubah cara kita melihat tujuan, aspirasi, dan tindakan kita (Lathif, 2017)

2.2 Engineering di zaman mesir

Teori teknik sudah ada sejak zaman mesir, kurang lebihnya pada tahun 2500 Masehi. Bangsa Mesir memberikan kontribusi yang paling signifikan dalam bidang teknik, seperti "Piramida, Derek, Gerbang Dorong, Tuas".

2.2.1 Piramida

Piramida Mesir dianggap sebagai karya sipil yang signifikan sepanjang sejarah. Sebagai hadiah untuk Firaun Djoser, piramida pertama dibangun pada tahun 2611 Masehi. Melainkan terdiri dari enam tingkat, piramida pertama ini tidak memiliki sisi halus. Sekitar tiga puluh tahun kemudian, piramida pertama belum dibangun. Lima puluh tahun kemudian, piramida terbesar Giza mulai dibangun. Piramida Giza adalah hasil teknik yang luar biasa. Kompleks piramida terdiri dari sekitar dua juta blok batu, dengan berat hingga lima belas ton per blok. Tiga piramida Giza dibangun dalam lebih dari delapan puluh tahun.



Gambar 2.1. Tiga Piramida Giza

Struktur piramida khufu



Gambar 2.2. Piramida Khufu

Piramida terbuat dari batu yang disusun dengan berat rata-rata 2,5 ton. Piramida ini dibangun dari bawah ke atas dengan dasar segi empat yang mengerucut di atas. Ini memastikan bahwa susunan berat bangunan terorganisir dari bawah ke atas, dengan susunan material yang semakin sedikit semakin ringan seiring dengan tingginya. Dengan posisi dasar yang lebih berat, yang dapat menopang struktur dengan lebih baik. Piramida Khufu memiliki kesejajaran dengan empat mata angin pada kompas karena rasio antara tingginya dan perimeternya adalah 3,14, atau senilai Phi. Menurut pengukuran ala mesin, ketidaksesuaian dengan utara hanya sekitar $1/12$ derajat.

2.2.2 Derek

Derek digunakan untuk mengangkat batu-batu yang membentuk piramida. Selain itu, derek ini memiliki sistem dasar hasil gaya.



Gambar 2.3. Derek

2.2.3 Gerobak Dorong



Gerobak dorong menggunakan sistem roda. Pada tahun 3000 M, gerobak sudah dikenal di Mesir. Kereta dorong ini menggunakan sistem roda.

Gambar 2.4. Gerobak Dorong

2.2.4 Tuas



Tuas digunakan sebagai perkakas dalam proses konstruksi piramida. Fungsinya adalah menumpuk batu-batu, memungkinkan batu tersebut diangkat dengan tenaga yang lebih sedikit dari pada berat sebenarnya.

Gambar 2.5. Tuas

2.3 Engineering di zaman mesopotamia

2.3.1 Saluran Irigasi



Masyarakat mesopotamia yang tinggal di lembah sungai eufrat dan tigris. Menciptakan sistem saluran irigasi untuk memenuhi kebutuhan air mereka.

Gambar 2.6. Saluran Irigasi

2.3.2 Tembok Kota



Gambar 2.7. Tembok Kota

dilapisi lumpur kemudia mengeringkan dengan panas matahari. Mereka membangun rumah dengan batu karena diwilayah mesopotamia batu tidak tersedia.

Hingga tahun 3.000 SM, kota-kota di sekitarnya dikelilingi oleh tembok. Uruk adalah kota pertama yang di beri pagar tembok sekitar tahun 2700-2650 SM. Orang sumeria memiliki keahlian dalam membangun rumah mereka dengan menggunakan tanah yang

2.4 Engineering di bangsa yunani

2.4.1 Kuil



Gambar 2.8. Kuil

untuk menyimpan persembahan-persembahan yang dipersembahkan sebagai nazar. Kuil adalah jenis bangunan yang sangat penting dan tersebar luas dalam arsitektur yunani. Dikerajaan-kerajaan helenistik di asia barat daya dan afrika utara,

Kuil yunani adalah sebuah struktur yang berfungsi untuk menyimpan patung-patung dewa dan berfungsi sebagai tempat suaka dalam praktik paganisme yunani kuno. Kuil ini sendiri bukanlah tempat dimana ibadan dilaksanakan, karena upacara persembagan dan ritual bagi para dewa diadakan diluar kuil. Kuil yunani sering digunakan

bangunan yang digunakan untuk tujuan kuil terkadang mengikuti tradisi lokal.

2.4.2 Mercusuar Iskandaria



Mercusuar Iskandariyah adalah sebuah bangunan mercusuar yang dibangun pada abad ke 13 SM di pulau Pharos yang terletak dekat dengan kota kuno. Ketinggian diperkirakan melebihi 115 meter dan merupakan salah satu struktur buatan manusia tertinggi yang ada selama berabad-abad.

Gambar 2.9. Mercusuar Jakarta

2.5 Engineering di bangsa romawi



Gambar 2.10. Koloseum

Pembangunan koloseum dimulai pada tahun 72 Masehi atas perintah Kaisar Vespasianus dan selesai pada tahun 80 Masehi di bawah pemerintah putranya Titus. Koloseum dibangun dekat dengan istana mewah yang sebelumnya dibangun oleh Nero, yang disebut Domus Aurea, setelah Roma mengalami kebakaran

besar pada tahun 64 Masehi. Sejarawan Dio Cassius mencatat bahwa sekitar 9.000 periode 100 hari sebagai bagian dari perayaan peresmian dan pembukaan koloseum. Lantai arena Koloseum

ditutupi dengan pasir untuk mencegah darah mengalir ke segala arah (Wicaksono, 2014).

2.6 Engineering di abad pertengahan

Selama Abad Pertengahan, bidang teknik dan rekayasa berkembang dalam berbagai cara, terutama di Eropa. Meskipun tidak ada teknologi modern seperti yang kita miliki saat ini, beberapa kemajuan signifikan terjadi dalam berbagai aspek rekayasa. Pada Abad Pertengahan, perkembangan teknologi dan rekayasa sangat dipengaruhi oleh budaya, agama, dan perkembangan sosial pada masa itu. Inovasi teknologi di bidang engineering pada Abad Pertengahan terutama berfokus pada kebutuhan masyarakat dan gereja. Salah satu contoh signifikan dari rekayasa pada masa tersebut adalah pembangunan katedral-gereja yang megah, seperti Katedral Chartres dan Katedral Notre-Dame di Paris. Pembangunan katedral-katedral ini menguji kemampuan rekayasa struktural dan arsitektur pada zamannya, dengan teknik-teknik yang canggih seperti penggunaan lengkungan berbutir dan vitrais yang rumit.



Gambar 2.11. Kincir Air

Selain itu, pada Abad Pertengahan, terdapat perkembangan dalam teknologi pertanian yang memengaruhi kehidupan masyarakat. Pemakaian mesin pertanian yang lebih canggih dan metode irigasi yang lebih efisien membantu dalam peningkatan produksi pangan dan kesejahteraan penduduk.

Teknologi ini, seperti sistem ember air berputar atau yang biasa disebut kincir air dan bendungan air, membantu mengatasi tantangan lingkungan yang dihadapi pada masa itu.

Rekayasa Abad Pertengahan juga mempengaruhi perkembangan industri dan manufaktur. Pembangunan peralatan seperti roda air dan penggilingan tangan meningkatkan efisiensi produksi, yang pada gilirannya memungkinkan pertumbuhan

perkotaan dan ekonomi yang lebih maju. Selain itu, perangkat rekayasa seperti jam air yang kompleks menjadi bagian integral dalam mengatur waktu dan aktivitas kota-kota besar.

Terakhir, perkembangan senjata dan teknik militer juga merupakan bagian penting dari rekayasa di Abad Pertengahan. Inovasi dalam merancang dan memproduksi senjata seperti katapel, trebuchet, dan baju besi membantu dalam pengembangan strategi militer yang lebih canggih dan efektif. Secara keseluruhan, rekayasa di Abad Pertengahan merupakan tonggak penting dalam sejarah perkembangan teknologi dan teknik. Inovasi-inovasi pada masa itu tidak hanya memengaruhi aspek agama dan budaya, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup dan efisiensi dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat.

Selama kurang lebih 8 abad setelah keturunannya kekaisaran romawi, yang dikenal sebagai periode abad pertengahan, hanya sedikit perkembangan yang terjadi dalam bidang teknik. Meskipun perkembangannya terbatas, ada satu inovasi yang cukup signifikan yang muncul selama periode ini terutama dalam desain struktur dan perkembangan mesin serta peralatan untuk efisiensi energi dan peningkatan daya.

2.7 Kemajuan sains 1300-1750 M

Pada Abad Pertengahan, yang juga dikenal sebagai Zaman Pertengahan atau Middle Ages, yaitu periode sejarah Eropa yang berlangsung sekitar tahun 500 hingga 1500 M, terdapat beberapa kemajuan dalam bidang teknik dan teknologi. Namun, kemajuan ini tidak sebesar yang terjadi pada zaman Renaisans atau Zaman Pencerahan yang datang setelahnya. Di bawah ini, saya akan merinci beberapa aspek penting mengenai perkembangan teknik dan teknologi pada periode ini:

1. Peningkatan dalam Arsitektur: Pada Abad Pertengahan, terjadi perkembangan besar dalam bidang arsitektur. Salah satu contoh yang paling terkenal adalah pembangunan katedral-gotik yang megah seperti Katedral Chartres, Katedral Notre-Dame, dan Katedral Salisbury. Arsitek pada masa itu mengembangkan teknik-teknik baru dalam

- pembangunan seperti penggunaan rib vaults, flying buttresses, dan stained glass windows.
2. Penggunaan Kincir Angin: Kincir angin mulai digunakan secara luas di Eropa pada Abad Pertengahan sebagai sumber daya energi untuk menggiling gandum dan pompa air. Meskipun ide penggunaan kincir angin berasal dari Timur Tengah dan Asia, penggunaannya menyebar di seluruh Eropa pada periode ini.
 3. Perkembangan Peralatan Pertanian: Alat-alat pertanian seperti alat bajak dan cangkul mengalami perbaikan selama Abad Pertengahan. Ini membantu pertanian menjadi lebih efisien dan memungkinkan produksi pangan yang lebih besar.
 4. Seni Manuskrip dan Ilustrasi: Perkembangan seni manuskrip dan ilustrasi juga terjadi pada periode ini. Manuskrip-manuskrip kuno yang dihiasi dengan gambar-gambar indah dan ilustrasi menjadi suatu bentuk seni yang sangat dihargai.
 5. Penggunaan Gereja sebagai Pusat Pendidikan: Gereja, terutama biara, menjadi pusat pendidikan pada Abad Pertengahan. Di sana, ilmu pengetahuan dan teknik diajarkan dan disalin dalam manuskrip-manuskrip.

Namun, perlu dicatat bahwa kemajuan sains dan teknologi pada Abad Pertengahan tidak secepat atau sebesar yang terjadi pada Zaman Pencerahan (sekitar abad ke-17 hingga ke-18). Zaman Pencerahan ditandai oleh pergeseran paradigma besar dalam pemikiran ilmiah dan penemuan-penemuan besar seperti teori gravitasi oleh Isaac Newton. Jadi, sementara ada perkembangan dalam teknik dan teknologi pada Abad Pertengahan, kemajuan sains dan teknologi pada abad ke-17 dan ke-18 jauh lebih signifikan. Selama periode 1300-1750 M, terdapat sejumlah penemu dan ilmuwan yang membuat penemuan-penemuan signifikan dalam berbagai bidang ilmu dan teknologi. Berikut adalah beberapa contoh penemu dan ilmuwan terkenal dari periode tersebut:

1. Johannes Gutenberg (c. 1400-1468): Johannes Gutenberg adalah pencipta mesin cetak yang dikenal sebagai mesin cetak Gutenberg. Penemuan ini adalah tonggak penting

dalam sejarah percetakan dan mencetak lebih efisien, yang memungkinkan penyebaran teks-teks yang lebih luas.

2. Leonardo da Vinci (1452-1519): Leonardo da Vinci adalah seorang polimatik yang terkenal karena penemuan-penemuan dalam berbagai bidang, termasuk ilmu, teknik, dan seni. Ia menciptakan desain konsep untuk berbagai mesin dan peralatan, seperti helikopter, mesin uap, dan sistem pompa air.
3. Galileo Galilei (1564-1642): Galileo adalah ilmuwan Italia yang dikenal karena penemuan teleskopnya yang memungkinkan pengamatan astronomi yang lebih akurat. Ia juga membuat penemuan-penemuan tentang hukum gerak dan prinsip-prinsip fisika yang mendasar.
4. Isaac Newton (1643-1727): Isaac Newton adalah ilmuwan Inggris yang dikenal atas berbagai kontribusinya pada matematika dan fisika. Ia merumuskan hukum-hukum gerak dan hukum gravitasi universal yang menjadi dasar ilmu fisika klasik.
5. Robert Boyle (1627-1691): Robert Boyle adalah seorang ahli kimia dan fisikawan asal Inggris yang dikenal atas hukum Boyle, yang berkaitan dengan hubungan antara tekanan dan volume gas.
6. Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723): Antonie van Leeuwenhoek adalah seorang mikrobiolog asal Belanda yang dikenal karena penemuan mikroskop dan penggunaannya untuk mengamati mikroorganisme, termasuk bakteri dan protozoa.
7. James Watt (1736-1819): James Watt adalah seorang insinyur Skotlandia yang mengembangkan mesin uap yang ditingkatkan pada abad ke-18. Penemuan mesin uap Watt memiliki dampak besar pada revolusi industri.
8. Benjamin Franklin (1706-1790): Benjamin Franklin, seorang tokoh Amerika Serikat yang beragam, membuat berbagai penemuan dan kontribusi ilmiah, termasuk eksperimen dengan petir dan penemuan lampu petir.

Ini adalah beberapa contoh penemu dan ilmuwan terkenal yang hidup selama periode 1300-1750 M dan membuat penemuan-

penemuan signifikan dalam berbagai bidang ilmu dan teknologi. Periode ini merupakan bagian penting dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

2.8 Kemajuan Engineering 1750-1900 AD

Periode antara 1750 hingga 1900 merupakan periode penting dalam sejarah perkembangan rekayasa dan teknologi. Selama periode ini, terjadi banyak inovasi dan kemajuan dalam berbagai bidang teknik, yang mendorong laju industrialisasi dan transformasi masyarakat. Beberapa kemajuan rekayasa yang signifikan selama periode ini meliputi:

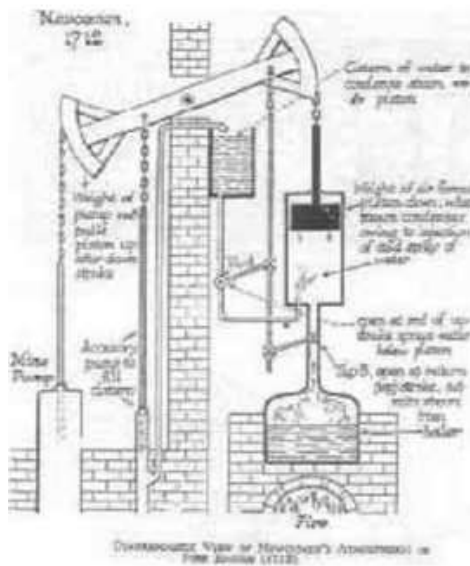
1. Revolusi Industri: Abad ke-18 dan awal abad ke-19 menyaksikan Revolusi Industri yang mengubah cara produksi dan manufaktur dilakukan. Penggunaan mesin-mesin, termasuk mesin uap, memungkinkan produksi yang lebih efisien dan besar-besaran dalam sektor-sektor seperti tekstil, pertambangan, dan produksi baja.
2. Mesin Uap: James Watt, yang disebutkan sebelumnya, telah mengembangkan mesin uap yang lebih efisien pada abad ke-18. Ini menjadi tenaga penggerak utama dalam industri dan transportasi pada masa itu, menggantikan tenaga manusia dan hewan.
3. Transportasi: Perkembangan dalam transportasi juga merupakan ciri khas periode ini. Penemuan seperti lokomotif uap oleh George Stephenson dan jaringan rel kereta api yang berkembang membuka akses yang lebih cepat dan efisien ke berbagai daerah.
4. Teknik Mesin: Selama periode ini, terjadi perkembangan besar dalam teknik mesin, termasuk perbaikan dalam manufaktur, permesinan presisi, dan penggunaan logam yang lebih kuat dan tahan lama.
5. Telegrafi: Penemuan telegraf oleh Samuel Morse dan pengenalan sistem telegraf sangat mempercepat komunikasi jarak jauh, mengubah cara bisnis dan pemerintah beroperasi.
6. Listrik: Pada akhir abad ke-19, penemuan-penemuan penting dalam bidang listrik seperti lampu Edison dan

Teknologi Kimia: Kemajuan dalam teknologi kimia seperti produksi amonia oleh Fritz Haber dan pengembangan proses kimia lainnya memungkinkan industri kimia berkembang pesat.

8. **Rekayasa Struktural:** Rekayasa struktural semakin penting dalam pembangunan bangunan dan jembatan yang lebih besar dan kuat. Contohnya, Menara Eiffel adalah salah satu contoh terkenal dari rekayasa struktural pada periode ini.

9. **Rekayasa Sipil:** Pengembangan teknik sipil melibatkan pembangunan kanal, bendungan, jalan raya, dan infrastruktur penting lainnya untuk mendukung pertumbuhan perkotaan dan industri.

10. **Teknologi Medis:** Perkembangan dalam teknologi medis, seperti perkembangan pertama stetoskop oleh Rene Laennec dan penggunaan antiseptik oleh Joseph Lister, berkontribusi pada peningkatan perawatan kesehatan dan perpanjangan umur manusia.



Gambar 2.12. Mesin Uap Pertama Tahun 1712

Selama periode 1750-1900, kemajuan dalam rekayasa membuka jalan bagi perubahan besar dalam cara manusia bekerja, hidup, dan berinteraksi. Revolusi Industri dan penemuan-penemuan teknis lainnya menjadi pendorong kuat di balik perubahan sosial dan ekonomi yang mendalam di seluruh dunia.

Selama periode 1750-1900 M, banyak penemu dan ilmuwan terkenal yang membuat berbagai penemuan yang memengaruhi berbagai aspek kehidupan. Berikut adalah beberapa penemu terkenal dari periode tersebut:

1. James Watt (1736-1819): James Watt adalah seorang insinyur Skotlandia yang mengembangkan mesin uap yang lebih efisien dan berkontribusi besar pada Revolusi Industri.
2. George Stephenson (1781-1848): George Stephenson adalah seorang insinyur yang menciptakan lokomotif uap pertama yang sukses dan memainkan peran penting dalam pengembangan transportasi rel kereta api.
3. Samuel Morse (1791-1872): Samuel Morse adalah penemu telegraf listrik dan pencipta Morse code, yang revolusioner dalam komunikasi jarak jauh.
4. Thomas Edison (1847-1931): Thomas Edison adalah penemu dan pengusaha Amerika yang menciptakan lampu Edison, phonograph, dan banyak perangkat elektromekanis lainnya.
5. Nikola Tesla (1856-1943): Nikola Tesla adalah seorang ilmuwan dan penemu Serbia-Amerika yang terkenal karena kontribusinya pada teknologi listrik, termasuk motor listrik tiga fasa dan sistem tenaga listrik tiga fase.
6. Louis Pasteur (1822-1895): Louis Pasteur adalah seorang ilmuwan Prancis yang membuat kontribusi besar dalam bidang mikrobiologi dan imunisasi, yang membantu memahami penyebab penyakit dan pengembangan vaksin.
7. Alexander Graham Bell (1847-1922): Alexander Graham Bell adalah penemu telepon, yang mengubah cara manusia berkomunikasi jarak jauh.
8. Alfred Nobel (1833-1896): Alfred Nobel adalah penemu dinamit dan pendiri Hadiah Nobel, yang memberikan pengakuan kepada kontribusi signifikan dalam bidang ilmu, kedamaian, dan sastra.

9. George Eastman (1854-1932): George Eastman adalah penemu kamera roll film dan pendiri Eastman Kodak Company, yang mengubah cara orang mengambil foto.
10. Gregor Mendel (1822-1884): Gregor Mendel adalah seorang biologis Austria yang dikenal sebagai bapak genetika modern karena penelitiannya tentang pewarisan sifat.
11. Karl Benz (1844-1929): Karl Benz adalah insinyur Jerman yang menciptakan mobil bermotor pertama yang berbahan bakar bensin, yang merupakan tonggak penting dalam perkembangan otomotif.

Ini adalah beberapa penemu terkenal dari periode 1750-1900 M yang memiliki dampak besar pada berbagai bidang teknologi dan ilmu pengetahuan. Mereka berkontribusi pada perkembangan masyarakat modern dan membentuk dunia seperti yang kita kenal saat ini.

Pada akhir abad ke-19, penggunaan tenaga listrik telah berkembang pesat dan mengalami perubahan signifikan. Beberapa peristiwa penting dan perkembangan dalam penggunaan tenaga listrik pada periode ini meliputi:

1. Penemuan Lampu Edison: Thomas Edison, seorang penemu terkenal, mengembangkan lampu pijar praktis pada tahun 1879. Lampu Edison menjadi salah satu penggunaan tenaga listrik yang paling terkenal dan penting pada saat itu. Ini menggantikan penerangan dengan lilin, minyak, dan gas, dan mengubah cara orang hidup dan bekerja di malam hari.
2. Pengembangan Jaringan Listrik: Pada akhir abad ke-19, sistem distribusi listrik mulai dibangun di berbagai kota di seluruh dunia. Salah satu sistem distribusi listrik paling awal yang terkenal adalah sistem listrik Edison yang menggunakan distribusi sejajar (direct current - DC). Namun, sistem distribusi arus bolak-balik (alternating current - AC) yang dikembangkan oleh Nikola Tesla dan George Westinghouse akhirnya menjadi lebih umum digunakan karena lebih efisien dalam mentransmisikan tenaga listrik jarak jauh.
3. Elektrifikasi Transportasi: Akhir abad ke-19 menyaksikan pengembangan kereta listrik, yang menjadi salah satu

- bentuk transportasi yang lebih bersih dan efisien. Perkembangan kereta listrik membuka jalan bagi transportasi umum yang lebih modern.
4. Penggunaan Tenaga Listrik dalam Industri: Penggunaan tenaga listrik di sektor industri semakin umum. Mesin-mesin listrik digunakan dalam berbagai proses manufaktur dan produksi, menggantikan tenaga manusia dan mesin-mesin uap dalam banyak kasus.
 5. Alat Elektrik Rumah Tangga: Pada akhir abad ke-19, peralatan elektrik rumah tangga seperti kipas angin, setrika listrik, mesin cuci, dan kulkas mulai diperkenalkan. Ini mengubah cara rumah tangga beroperasi dan memberikan kenyamanan yang lebih besar dalam kehidupan sehari-hari.
 6. Telegraf dan Telepon: Penggunaan tenaga listrik dalam telegraf dan telepon terus berkembang, memungkinkan komunikasi jarak jauh yang lebih cepat dan lebih efisien.

Penggunaan tenaga listrik pada akhir abad ke-19 merupakan salah satu tonggak penting dalam sejarah teknologi, yang membawa perubahan besar dalam kehidupan sehari-hari, industri, dan komunikasi. Revolusi listrik ini berlanjut hingga abad ke-20, dengan terus berkembangnya teknologi dan penggunaan tenaga listrik dalam berbagai aspek kehidupan modern.

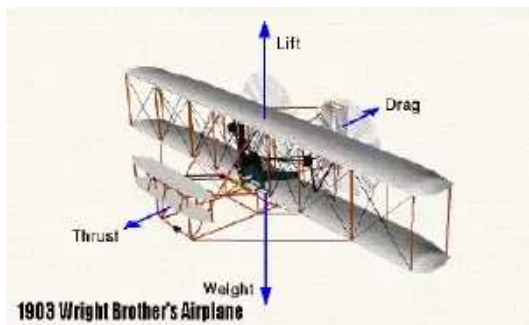
Di Amerika, sepanjang tahun 1908, berdirilah lima organisasi besar dalam bidang rekayasa, yaitu untuk rekayasa sipil, rekayasa mesin, rekayasa listrik, rekayasa kimia dan pertambangan, serta rekayasa metalurgi.

2.9 Engineering di abad kedua puluh

Sejarah rekayasa (*engineering*) di abad kedua puluh mencerminkan perkembangan teknologi yang pesat dan dampaknya pada masyarakat dan ekonomi. Abad kedua puluh dimulai dengan inovasi teknologi yang mengubah dunia, seperti perkembangan kendaraan bermotor dan listrik, serta penemuan telekomunikasi yang revolusioner. Pada awal abad kedua puluh, insinyur berperan penting dalam membangun infrastruktur seperti jembatan, gedung pencakar langit, dan jaringan listrik. Perang Dunia

I dan II memberikan dorongan besar bagi perkembangan teknologi militer, seperti pesawat terbang dan kendaraan tank. Setelah Perang Dunia II, fokus teknologi beralih ke sektor sipil, dengan munculnya industri otomotif yang berkembang pesat dan pesatnya perkembangan komputer. Pada tahun 1950-an, revolusi komputer dimulai dengan penemuan komputer mainframe, yang mengubah cara bisnis dan ilmu pengetahuan dilakukan. Perkembangan semikonduktor dan transistor membuka jalan bagi revolusi teknologi informasi, yang terus berlanjut hingga saat ini. Abad kedua puluh juga menyaksikan kemajuan signifikan dalam teknik kedirgantaraan dan rekayasa bahan, termasuk penjelajahan angkasa dan pengembangan material yang lebih kuat dan ringan. Pada abad kedua puluh, teknologi semakin terintegrasi dengan kehidupan sehari-hari, dengan kemunculan telepon seluler, internet, dan revolusi digital. Inovasi seperti kendaraan listrik, energi terbarukan, dan robotika juga menjadi bagian integral dari dunia rekayasa. Dengan berbagai tantangan global, seperti perubahan iklim dan keberlanjutan, rekayasa terus berperan dalam mencari solusi yang berkelanjutan dan berdampak positif pada dunia. Sejarah abad kedua puluh adalah kisah tentang evolusi dan revolusi teknologi, dengan insinyur dan rekayasa memainkan peran utama dalam mewujudkannya.

Sejarah rekayasa di bidang pesawat pada abad kedua puluh adalah kisah pencapaian luar biasa dalam pengembangan teknologi penerbangan.



Abad kedua puluh dimulai dengan pesawat terbang yang masih dalam tahap eksperimental dan berevolusi menjadi alat transportasi global yang kita kenal saat ini. Pada awal abad kedua puluh, terjadi inovasi signifikan

Gambar 2.13. Pesawat Komersial dalam desain pesawat, terutama dengan pesawat-pesawat pionir seperti Wright Brothers yang berhasil melakukan penerbangan pertama dengan pesawat

bermesin pada tahun 1903. Selama Perang Dunia I, pesawat tempur mulai digunakan secara luas, mengarah pada pengembangan pesawat dengan teknologi yang semakin canggih, seperti penggunaan mesin jet pada akhir Perang Dunia II.

Perkembangan pesawat terus berlanjut setelah perang, dengan penerbangan komersial yang semakin populer. Pesawat terbang menjadi lebih besar dan lebih cepat, dengan pengenalan jetliner seperti Boeing 707 dan Douglas DC-8 yang mengubah cara orang bepergian jarak jauh. Pada tahun 1960-an, manusia mencapai prestasi luar biasa dengan mendaratkan manusia di Bulan menggunakan pesawat luar angkasa. Selama beberapa dekade terakhir abad kedua puluh, teknologi pesawat terbang terus berkembang. Pesawat komersial menjadi lebih efisien dan nyaman, dengan pengenalan pesawat berbadan lebar seperti Boeing 747 dan Airbus A380 yang mampu mengangkut jumlah penumpang yang besar. Sejarah penerbangan pada abad kedua puluh adalah cerminan dari kemajuan teknologi dan kreativitas manusia dalam mengatasi tantangan dalam eksplorasi dan transportasi udara.

Sejarah rekayasa di bidang otomotif selama abad kedua puluh adalah kisah perkembangan pesat dalam industri mobil, yang mengubah cara dunia bergerak dan berkomunikasi. Pada awal abad ini, mobil masih dianggap sebagai barang mewah dan eksklusif, namun seiring berjalannya waktu, mereka menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari. Abad kedua puluh dimulai dengan mobil-mobil awal yang ditenagai oleh mesin uap atau listrik, tetapi revolusi sejati terjadi dengan penemuan mesin bensin yang lebih efisien dan praktis oleh Karl Benz pada tahun 1885. Ini membuka jalan bagi industri otomotif modern. Pada tahun 1908, Ford Model T menjadi mobil massal pertama yang terjangkau oleh masyarakat umum, yang mengubah cara orang bepergian dan bekerja. Konsep perakitan bergerak Henry Ford mengubah paradigma manufaktur dan mengarah pada produksi massal yang efisien.

Selama abad kedua puluh, industri otomotif terus mengalami perkembangan teknologi, termasuk penemuan rem cakram, transmisi otomatis, pengembangan mesin bertenaga tinggi, dan pengenalan teknologi yang mendukung keselamatan dan kenyamanan, seperti rem anti terkunci (ABS) dan sistem navigasi. Inovasi ini terus berkembang, dan pada abad ini juga muncul tren

kendaraan listrik dan otomatisasi yang mengubah wajah industri otomotif. Sejarah mobil selama abad kedua puluh mencerminkan perubahan dramatis dalam cara kita bergerak dan berinteraksi dengan dunia.

Sejarah rekayasa di bidang proyek bangunan selama abad kedua puluh mencerminkan kemajuan luar biasa dalam teknologi



konstruksi dan desain arsitektur, yang telah menghasilkan beberapa struktur ikonik dan megaprojek yang mengesankan. Salah satu contoh terkenal adalah Menara Eiffel yang dibangun untuk Pameran Dunia Paris pada tahun 1889.

Gambar 2.14. Henry Ford dan Mobilnya

Merupakan pencapaian rekayasa yang revolusioner pada masanya, dengan teknik-teknik inovatif yang digunakan dalam pembangunan besi struktural yang tinggi.

Selama abad kedua puluh, inovasi di dunia rekayasa bangunan melibatkan penggunaan material baru dan teknik konstruksi yang lebih canggih. Contohnya, Guggenheim Museum di Bilbao, Spanyol, yang dirancang oleh arsitek Frank Gehry, menggunakan teknologi komputer dan perangkat lunak khusus untuk merancang bentuk yang unik dan kompleks. Sementara itu, dalam proyek seperti Terowong Channel, yang menghubungkan Inggris dan Prancis di bawah Laut Inggris, insinyur memanfaatkan teknologi terowongan bor tajam dengan presisi tinggi.

Proyek-proyek besar dan ambisius lainnya juga mencakup jembatan seperti Jembatan Golden Gate di San Francisco, yang memanfaatkan desain kabel gantung yang mengesankan, dan Petronas Towers di Kuala Lumpur, yang pernah menjadi bangunan tertinggi di dunia ketika selesai dibangun. Selama abad kedua puluh, rekayasa bangunan berkembang secara signifikan, memungkinkan pembangunan struktur ikonik dan megaprojek yang menjadi

simbol dari kemajuan teknologi dan kreativitas manusia dalam merancang dan membangun lingkungan binaan yang luar biasa.

Perang Dunia II memiliki dampak yang signifikan terhadap sejarah insinyur dan rekayasa. Berikut beberapa dampak utama perang ini terhadap profesi insinyur:

1. Inovasi Teknologi Militer: Perang Dunia II mendorong pengembangan teknologi militer yang canggih. Insinyur terlibat dalam pengembangan pesawat tempur, kendaraan lapis baja, senjata, dan peralatan militer lainnya. Inovasi seperti pesawat jet dan komputer digital pertama kali muncul selama periode ini, membuka jalan bagi teknologi yang akan berkembang secara signifikan setelah perang.
2. Pembangunan Infrastruktur: Selama perang, insinyur terlibat dalam membangun infrastruktur militer yang besar, seperti pangkalan udara, jalan, jembatan, dan pelabuhan. Setelah perang berakhir, infrastruktur ini sering kali digunakan kembali untuk tujuan sipil, seperti pembangunan bandara dan jalan tol, yang memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan pasca-perang dan pertumbuhan ekonomi.
3. Kemajuan Teknologi Komunikasi: Perang Dunia II juga mempercepat perkembangan teknologi komunikasi. Insinyur terlibat dalam pengembangan radio, radar, dan sistem komunikasi lainnya yang digunakan dalam pertempuran. Kemajuan ini membantu dalam perkembangan teknologi komunikasi sipil, termasuk televisi dan sistem telekomunikasi yang lebih canggih.
4. Pemahaman tentang Kerusakan Struktural: Perang Dunia II menyebabkan kerusakan besar pada bangunan dan infrastruktur di wilayah yang terlibat dalam konflik. Hal ini mendorong insinyur untuk memahami lebih dalam tentang kerusakan struktural dan cara memperbaikinya. Pengalaman ini membantu dalam perkembangan prinsip-prinsip rekayasa struktural dan pemeliharaan bangunan.

Perang Dunia II mengubah lanskap rekayasa dan memicu inovasi teknologi yang memiliki dampak jangka panjang pada berbagai sektor, dari militer hingga industri sipil. Dampak tersebut

mencakup perkembangan teknologi, peningkatan infrastruktur, kemajuan komunikasi, dan pemahaman yang lebih baik tentang rekayasa struktural.

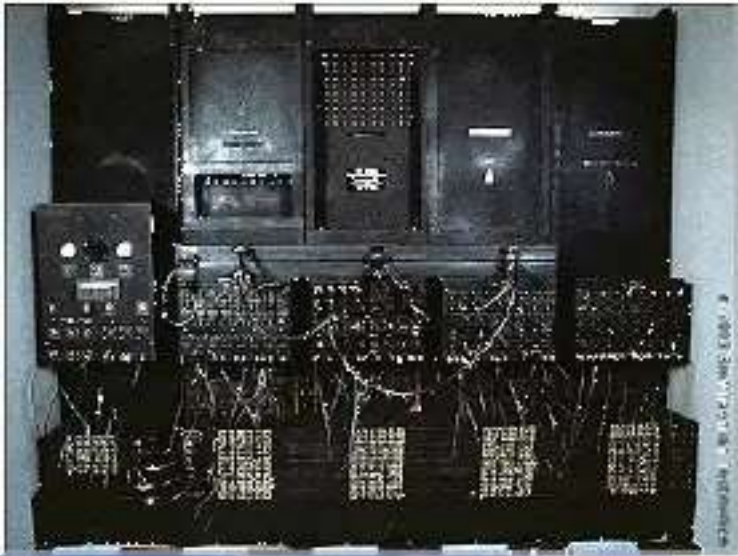
Setelah berakhirnya Perang Dunia II, penggunaan tenaga nuklir menjadi fokus penelitian dan pengembangan di banyak negara. Pada tahun 1950-an, berbagai studi desain dan kelayakan dilakukan untuk menggali potensi energi nuklir dan memahami implikasinya dalam pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir. Hasil dari studi-studi ini menyebabkan perkembangan reaktor nuklir komersial yang pertama, seperti Shippingport Atomic Power Station di Amerika Serikat, yang mulai beroperasi pada tahun 1958. Studi kelayakan juga mengeksplorasi aplikasi nuklir dalam berbagai sektor, termasuk militer dan medis.

Keuntungan dari pembangkit listrik tenaga nuklir meliputi kapasitas daya yang besar dan emisi karbon yang rendah. Namun, studi kelayakan juga mencakup analisis risiko terkait keselamatan dan dampak lingkungan dari teknologi nuklir. Hasil dari studi ini mempengaruhi regulasi dan standar keselamatan nuklir yang ketat yang diterapkan dalam industri ini. Studi-studi desain dan kelayakan terus berlanjut hingga saat ini, dengan fokus pada inovasi dalam teknologi nuklir, termasuk reaktor generasi baru yang lebih aman dan efisien serta pengembangan solusi nuklir berkelanjutan. Keselamatan dan keberlanjutan adalah pertimbangan utama dalam penggunaan dan pengembangan teknologi nuklir dalam era pasca-Perang Dunia II.



Gambar 2.15. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Kemudian, kemunculan *Integrated Circuit* (IC), yang diproduksi secara massal dalam bentuk kepingan silikon (chip) yang terjangkau, menghasilkan revolusi dalam desain perangkat elektronik. Semakin kecilnya ukuran perangkat semikonduktor ini memungkinkan transmisi sinyal dalam rangkaian berlangsung lebih cepat dan lebih andal. Hal ini akhirnya membawa pada pengembangan rangkaian switching yang lebih cepat dan komputer digital.



Gambar 2.16. Komputer Pertama Di Dunia

Karena keterbatasan ruang, hanya sedikit yang bisa kita bahas tentang pencapaian luar biasa yang telah dicapai oleh para insinyur selama abad kedua puluh. Semoga contoh-contoh yang telah disajikan dalam bab ini dapat memberikan gambaran kepada para pembaca tentang semangat dan tantangan yang terkait dengan karier dalam bidang rekayasa. Di masa depan, para insinyur akan dihadapkan pada sejumlah masalah kompleks dengan dampak yang luas, termasuk:

1. Mencari, mengembangkan, dan memanfaatkan sumber energi alternatif sebagai pengganti batu bara dan minyak bumi yang semakin berkurang pasokannya.

2. Membangun cara-cara untuk memelihara dan memperbaiki infrastruktur yang semakin menua dan rentan terhadap kerusakan.
3. Terus memajukan teknologi mikrokomputer dan mengaplikasikannya dalam berbagai bidang.
4. Mengembangkan teknologi pertanian yang dapat meningkatkan hasil produksi pangan seiring dengan pertumbuhan populasi dunia dan ancaman kelaparan.
5. Merancang bangunan yang tahan terhadap gempa bumi, badai, dan bencana alam lainnya.
6. Meningkatkan manajemen limbah berbahaya, termasuk limbah radioaktif yang dihasilkan dari produksi energi nuklir.
7. Melakukan eksplorasi luar angkasa dan menerapkan hasil penelitian antariksa untuk keperluan militer dan tujuan damai (Mamlukat, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- Lathif, A., 2017. Sejarah Engineering, Semarang: Universitas Muhammadiyah.
- Mamlukat, D., 2015. Scribd. <https://id.scribd.com/doc/239996370/TUGAS-MAKALAH-Konsep-Engineering> Diakses 31 Oktober 2023.
- Wicaksono, B. H., 2014. Scribd. <https://id.scribd.com/document/336729319/Engineering-Bangsa-Mesir> Diakses 28 Oktober 2023.

BAB 3

SUMBER DAYA MANUSIA

PENDUKUNG ENGINEERING

Oleh Amallia

3.1 Pendahuluan

Sumber daya manusia merupakan suatu bagian terpenting dalam proses penunjang keberhasilan dalam suatu organisasi perusahaan. Sumber daya manusia adalah kunci dalam menentukan perkembangan strategi perusahaan (Amallia,2023). Karena pada hakikatnya sumber daya manusia sangat dibutuhkan untuk dipekerjakan di dalam suatu organisasi atau sebuah perusahaan sebagai penggerak, pemikir dan perencana untuk mencapai tujuan suatu organisasi atau perusahaan tersebut.

Dalam hal ini sumber daya manusia bukan hanya sebagai penggerak utama di dalam organisasi atau perusahaan, melainkan memiliki aset utama yang bernilai dan dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan organisasi atau suatu perusahaan. Sehingga muncul istilah diluar sumber daya manusia (*human resource*) yaitu modal manusia (*human capital*). Sehingga secara menyeluruh definisi sumber daya manusia adalah individu yang bekerja sebagai penggerak dalam organisasi, baik institusi maupun perusahaan dan berfungsi sebagai aset yang perlu dilakukan pelatihan guna mengembangkan potensi kemampuan sumber daya manusia tersebut (Amallia,2023).

3.2 SDM (Sumber Daya Manusia)

Sumber Daya Manusia (SDM) adalah individu produktif yang menjadi penggerak suatu organisasi, baik dalam organisasi maupun bisnis, serta berfungsi sebagai aset dan memerlukan pelatihan dan pengembangan. Pada dasarnya sumber daya manusia merupakan bagian penting yang menjadikan sebagai objek penggerak seluruh aktivitas perusahaan. Dukungan SDM juga harus didasarkan pada kuantitas dan kualitas talenta yang ada. Memastikan kapasitas

anggota yang proporsional dengan beban kerja yang ada untuk menghindari optimasi anggota. Begitupun dengan kualitas sumber daya manusia harus memenuhi kualifikasi yang sesuai.

Daya manusia mempunyai beberapa maksud yaitu diantaranya adalah suatu proses bisnis suatu pekerjaan atau jasa yang dimaksudkan untuk melaksanakan suatu proses produksi. Sehingga SDM adalah kualitas usaha yang dilakukan seseorang dalam jangka waktu tertentu untuk menghasilkan barang dan jasa. Kemudian SDM memiliki keterkaitan hubungan yang pertama, dimana orang yang dapat melakukan pekerjaan memberikan pelayanan berdasarkan kinerjanya dalam pekerjaan tersebut. Mampu bekerja berarti mampu melakukan berbagai kegiatan yang mempunyai nilai ekonomi, kegiatan yang menghasilkan Produk dan jasa yang memenuhi kebutuhan masyarakat. Menurut Mathis dan Jacson (2006: 3), sumber daya manusia (SDM) adalah suatu sistem yang bertujuan untuk memungkinkan penggunaan keterampilan manusia secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan organisasi yang diinginkan, rancangan berbagai sistem formal dalam suatu organisasi.

Sumber daya manusia (SDM) sangatlah penting yang perlu serta harus dimiliki untuk mencapai tujuan suatu organisasi atau perusahaan. Sumber daya manusia merupakan elemen utama dalam suatu organisasi dibandingkan dengan elemen sumber daya lainnya seperti modal dan teknologi. Hal ini disebabkan manusia sendirilah yang mengendalikan faktor-faktor lain. Sumber daya manusia (SDM) merupakan unsur yang sangat penting dalam menjalankan berbagai kegiatan. Secanggih apapun peralatan, tidak ada artinya tanpa sumber daya manusia. Sebab, kemampuan berpikir adalah modal dasar saat dimiliki sejak lahir, dan keterampilan diperoleh melalui usaha (belajar dan pelatihan). Kecerdasana dapat di ukur dari *Intelegence Quotient* (IQ) dan *Emotion Quality* (EQ).

3.3 Kinerja SDM (Sumber Daya Manusia)

Kinerja karyawan adalah hasil output kerja selama jangka waktu tertentu dibandingkan dengan berbagai pilihan seperti standar, sasaran, standar yang disepakati bersama, dll..

Menurut buku Performance Management karya Soereiman (2007: 279), kinerja dipahami sebagai apa yang diserahkan dan dihasilkan dalam bentuk produk atau jasa oleh seseorang atau kelompok dalam jangka waktu tertentu dan dalam skala tertentu. Mendukung orang melalui kemampuan, keterampilan, pengetahuan dan pengalaman mereka. Ia kemudian juga menjelaskan bahwa kinerja pegawai adalah tingkat dimana seorang pegawai memenuhi persyaratan pekerjaan (2007: 283).

Kinerja mengikuti pada tingkat penyelesaian tugas-tugas yang menjadi pekerjaan seorang pegawai. Kinerja mencerminkan kualitas baik seorang karyawan memenuhi persyaratan pekerjaan. Pengertian kinerja adalah mencatat hasil-hasil yang dicapai dalam pelaksanaan tugas atau aktivitas kerja tertentu selama jangka waktu tertentu, yang ditunjukkan oleh proses atau metode kerja dan hasil yang dicapai. Di sisi lain, Byars dan Rue dalam Agusty (2006) mendefinisikan kinerja sebagai derajat penyelesaian tugas-tugas yang berhubungan dengan pekerjaan seseorang. Kinerja mencerminkan seberapa baik seseorang memenuhi persyaratan dalam pekerjaan. Berdasarkan penjelasan tersebut, kita dapat melihat bahwa kinerja adalah hasil kualitatif dan kuantitatif.

3.4 Manajemen Sumber Daya Manusia

Manajemen sumber daya manusia adalah suatu usaha yang terdiri dari perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian pada suatu kegiatan yang berkaitan dengan analisis, evaluasi, pengadaan, pengembangan, kompensasi, promosi, dan pemutusan hubungan kerja untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Manajemen sumber daya manusia merupakan strategi untuk mewujudkan manfaat manajemen.

Artinya merencanakan, mengatur, mengarahkan, dan mengendalikan seluruh kegiatan usaha dan fungsi departemen sumber daya manusia, mulai dari rekrutmen, seleksi, pengangkatan, dan pengembangan jabatan hingga promosi, demosi, dan mutasi. Evaluasi terhadap ketenagakerjaan, kompensasi, hubungan kerja, dan pemutusan hubungan kerja dengan tujuan untuk meningkatkan kontribusi produktif sumber daya manusia suatu organisasi terhadap pencapaian tujuan organisasi secara efektif dan efisien

(Herman Sofyandi, 2013). Manajemen sumber daya manusia dapat diartikan dari berbagai sudut pandang. Namun tujuan utamanya tetap sama, meski berbeda-beda tergantung sudut pandangnya. Yaitu humanisasi umat manusia dan pemberian pelayanan yang profesional dan tidak memihak sesuai kontribusi masing-masing karyawan (Kasmir, 2016). Menurut pengertian beberapa ahli di atas, manajemen sumber daya manusia mencakup seluruh proses mulai dari perekrutan hingga pemecatan yang dilaksanakan suatu organisasi untuk mencapai tujuan organisasinya. Terkait dengan sumber daya manusia, pengelolaan sumber daya manusia hendaknya memperhatikan tingkat keterampilan, kemampuan dan keterampilan manajemen pegawai serta mempertimbangkan relevansinya dengan pengembangan strategi sumber daya manusia. Mengetahui tingkat keterampilan dan kemampuan karyawan memungkinkan perusahaan menentukan arah strategi SDM. Dalam hal ini ada tiga konsep utama strategi talenta, termasuk keunggulan kompetitif, keterampilan unik, dan kesesuaian strategis seperti yang di utarakan (Cahyani, 2005).

3.4.1 Manajemen sumber daya manusia strategis (MSDM strategis)

Pengaturan sumber daya manusia merupakan pengembangan HRM yang hanya fokus pada kegiatan administratif. Proses manajemen sumber daya manusia adalah “proses pengelolaan karyawan, pelatihan, evaluasi, kompensasi, hubungan industrial, kesehatan dan keselamatan, serta isu-isu terkait keadilan.” Lebih lanjut menurut Dessler (2015), Ditambah lagi dengan hadirnya model baru seperti kemajuan teknologi, globalisasi, deregulasi, perubahan struktur demografi dan sifat pekerjaan, serta tantangan ekonomi dan organisasi perlu mengembangkan keterampilan dan perilaku yang sesuai. diperlukan untuk melakukan hal tersebut. Bantu organisasi Anda mencapai sasaran strategisnya Capai sasaran Anda sesuai tren ini.

Konsep Manajemen Sumber Daya Manusia strategis berkembang seiring berjalannya waktu. Tahun 1981, Devanna, Fombrun, dan Tichy menjelaskan hubungan antara strategis HRM dan strategi peluang usaha bahwa ketika HRM dikaitkan dengan tujuan organisasi, maka HRM menjadi strategis dan dapat

meningkatkan kinerja organisasi. Khusus terkait dengan maksud organisasi, hal ini dianggap sebagai sumber daya strategis untuk mencapai keunggulan kompetitif. Praktik, prosedur, sistem, dan pola aktivitas di atas merupakan bagian dari MSDM dan tentunya perlu melangkah secara paralel serta penuh dukungan. Sebagaimana dinyatakan oleh Armstrong (2008), HRM strategis merupakan pengaturan SDM yang memiliki perencanaan strategi, aturan, dan praktik sumber daya manusia yang saling keterkaitan dalam mencapai suatu tujuan organisasi.

3.4.2 Dasar-dasar Sumber Daya Manusia

Sumber daya manusia mempunyai fungsi yang fleksibel karena merupakan sumber utama keunggulan kompetitif, dan sumber daya manusia yang strategis perlu diintegrasikan ke dalam strategi organisasi (integrasi vertikal). Selain menyelaraskan strategi SDM Anda dengan strategi organisasi, Anda juga perlu mempertimbangkan SDM saat merancang strategi dan tujuan strategis. Mengembangkan strategi SDM melibatkan analisis keadaan organisasi dan praktik SDM yang ada untuk menentukan apa yang sedang dilakukan, apa yang tidak dilakukan, apa yang perlu dilakukan, dan apa yang perlu dilakukan. Hal ini melibatkan penentuan apakah ada. Oleh karena itu, perlu dikembangkan dan disempurnakan lebih lanjut (Armstrong 2008).

3.4.3 Pengembangan dan pelaksanaan MSDM Strategis

Dalam menjalankan fungsi strategis, ada beberapa bagian MSDM yang perlu dijalankan sejak tahap awal suatu organisasi dalam proses penetapan tujuan atau sasaran strategis organisasi. Hal inilah yang menjadi landasan MSDM, yaitu integrasi vertikal, dan sesuai dengan konsep kesesuaian strategis. Sumber daya manusia dan pengaturan strategis organisasi harus saling keterkaitan satu dengan lainnya. Sasaran strategis organisasi harus rencanakan dengan memperhatikan komponen sumber daya manusia, dan strategi SDM harus dikembangkan untuk membantu mencapai tujuan strategis organisasi.

3.5 Faktor yang dapat mempengaruhi SDM

Sumber daya manusia (SDM) memiliki peran dalam menentukan kesejahteraan masyarakat dengan mendukung proses produksi produk sesuai kebutuhan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas talenta antara lain:

1. Lingkungan

Lingkungan adalah salah satu alasan yang sangat berpengaruh terhadap pembentukan karakter seseorang. Secara umum kondisi lingkungan yang baik dapat membentuk karakter manusia yang baik serta menghasilkan tenaga kerja yang berkualitas dan berdaya saing. Lingkungan yang mempengaruhi kepribadian seseorang meliputi lingkungan tempat tinggal dan lingkungan hidup, bermain, lingkungan tempat bekerja, lingkungan pendidikan dan lainnya. Hal itu sangat dapat menentukan seberapa besar kemampuan manusia tersebut dalam menghadapi segala persoalan yang di hadapi, termasuk dapat menjadikan karakter baik buruknya pribadi.

2. Pendidikan

Faktor pendidikan memiliki peran penting juga terhadap pembentukan karakter manusia, terutama dalam hal tingkat keilmuan seseorang, dari bagaimana ia berfikir dan menentukan suatu keputusan. Pendidikan yang baik dapat menghasilkan kualitas sumber daya manusia yang baik, sehingga dalam hal ini tingkat pendidikan memiliki poin penting dalam penilaian kualitas manusia itu sendiri (Amallia, 2023). SDM yang berkualitas dapat meningkatkan produktivitas dalam bekerja maupun beraktivitas lainnya sehingga mampu mencapai tujuan yang di harapkan.

3. Proses Pengembangan diri

Proses pengembangan diri merupakan proses paling penting dalam pembentukan karakter manusia dalam mempersiapkan diri menghadapi peluang-peluang karir dalam suatu pekerjaan. Armstrong (2008) menemukan bahwa ketika peluang pengembangan menjadi bagian dari

pekerjaan, motivasi meningkat dan berdampak langsung pada keterlibatan. Kita membutuhkan budaya belajar yang memberikan peluang pengembangan diri. Karyawan harus didorong untuk belajar dan meningkatkan kinerja kerja mereka. Oleh karena itu kita memerlukan kebijakan yang fokus pada fleksibilitas peran, peluang bagi karyawan untuk berkembang dalam perannya. dengan memanfaatkan bakat mereka secara lebih baik dan komprehensif. Hal ini memerlukan manajemen kinerja yang mengutamakan rencana pengembangan individu.

Proses meningkatkan kualitas SDM biasanya melihat kepada pendidikan, poin ini menjadi hal yang paling utama dalam menghasilkan sumber daya manusia yang berkualitas dan berdaya saing. Upaya dengan menanamkan pendidikan sejak usia dini dan peningkatan kualitas pendidikan dari jenjang dasar hingga menuju pendidikan tingkat perguruan tinggi sangat perlu di siapkan dan direncanakan. Pendidikan tinggi menentukan generasi penerus suatu negara yang berilmu, mempunyai nilai moral yang baik dan siap menghadapi perkembangan zaman. Dan juga harapannya agar kita dapat melahirkan generasi yang mempunyai jiwa nasionalisme dan mempunyai ide-ide cemerlang dalam pembangunan negara kita. Pendidikan bukan hanya tanggung jawab negara, tapi tanggung jawab semua orang. Pentingnya pendidikan sebagai jalan menuju kemajuan nasional harus menjadi komitmen dan pengakuan bersama.

3.6 Peran Sumber Daya Manusia

Kemampuan sumber daya manusia sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan suatu organisasi ataupun perusahaan untuk mencapai target dan tujuannya, guna memenuhi kebutuhan operasional serta mengikuti perkembangan teknologi yang semakin hari semakin maju, sehingga penyebaran teknologi dan informasi ini semakin mudah dan cepat untuk di kuasai serta berbagai kebutuhan bahan baku semakin memadai dengan dukungan keberadaa sumber daya manusia. Tanpa adanya SDM yang memiliki kualitas mumpuni maka tujuan organisasi sulit untuk dicapai.

Keterkaitan peran sumberdaya manusia dengan suatu organisasi sangat berpengaruh dalam perkembangan dunia industri tentunya dari sudut engineering (keteknikan), berikut hubungan sumber daya manusia terhadap dunia *engineering*:

3.6.1 Budaya Engineering

Budaya *engineering* merupakan sebuah budaya pekerjaan atau disebut dengan *occupational culture* dimana hal tersebut di definisikan sebagai Suatu budaya yang dibentuk oleh suatu kelompok, misalnya insinyur, yang mempunyai identitas profesional atau profesional yang sama. Nilai budaya engineering memiliki nilai penting untuk para *engineering* dalam dunia atau lingkungan kerja professional, yaitu ketika menjalani pendidikan untuk menjadi *engineer*. Selama masa pelatihan, banyak terjadi proses pendidikan tentang bagaimana bekerja dan berpikir untuk menjadi seorang insinyur (Bucciarelli dan Kuhn 1997).

Dalam bukunya, *The Four Cultures of Education: Experts, Engineers, Prophets, and Communicators*, Walter Leirmann menggambarkan budaya engineering dalam pendidikan sebagai berikut: "Dalam budaya teknik, misi pendidikan adalah berupaya menghasilkan masyarakat yang efisien dengan warga negara yang terampil dan mampu mengelola kebutuhan praktis masyarakat – Sparta, bukan Athena. Belajar sambil melakukan di situs penerapan pengetahuan sangat dihargai. Budaya pendidikan teknik dicirikan oleh tujuan ekonomi dan sosial yang jelas, rencana pembangunan jangka menengah dan panjang, strategi pelatihan, tinjauan dan evaluasi yang memiliki sumber daya yang baik. Peran pendidik sebagian besar adalah sebagai manajer sistem pendidikan yang mendorong penerapan praktis dan pemecahan masalah. Pelajar didorong untuk mandiri, berorientasi pada tujuan dan terlibat aktif dalam proses pembelajaran. Budaya teknik dicirikan oleh perencanaan yang terperinci dan umumnya inovatif secara pedagogis."

Leirman (1994) menggambarkan budaya pendidikan teknik sebagai budaya yang menghargai proses belajar sambil melakukan, memberikan perencanaan secara detail dan inovasi secara pedagogi. Pada budaya pendidikan ini disuport untuk melakukan secara aktif, berorientasi pada hasil, dan terlibat aktif dalam proses. Pelajari dan

pecahkan masalah. mendapat pelatihan dan selanjutnya memasuki dunia profesional sebagai insinyur, nilai-nilai budaya tersebut diadopsi dan membentuk perilaku khas seorang insinyur. Ketika para insinyur bertemu, berinteraksi, dan berkolaborasi dengan rekan-rekan di lingkungan kerja, nilai-nilai dan perilaku teknik ini diperkuat dan budaya profesional terbentuk.

Karakter seorang teknik (*engineer*) sebagai seorang karyawan suatu perusahaan atau sebuah organisasi menghasilkan budaya keteknikan yang sangat kuat yang tercipta selama pelatihan. Selain itu, bahwa budaya tempat kerja mempunyai model pengorganisasian yang lebih kuat dari pada budaya tempat kerja. Sebab budaya ini dimunculkan untuk memenuhi kebutuhan Kami bertujuan untuk berkontribusi pada generasi berikutnya, termasuk kegiatan di luar pekerjaan. Pengaruh kebiasaan engineering terhadap aktifitas organisasi telah dibuktikan secara empiris pada suatu perusahaan teknologi mempunyai budaya organisasi yang memiliki unsur budaya engineering yang kuat, sehingga terbentuklah budaya engineering yang berpusat pada teknologi.

3.6.2 Konsep Engineering

Peran *engineering* dalam disiplin ilmu yaitu mampu melakukan suatu pengembangan teknologi dengan model perancangan strategis dalam proses pembangunan serta pemeliharaan secara struktur, mesin, sistem dan proses yang berhubungan dengan berbagai ilmu keteknikan seperti contoh teknik sipil, teknik mesin, teknik listrik, teknik industry, teknik kimia, teknik material dan banyak bidal ilmu teknik lainnya. Hal ini mencakup terhadap penggunaan prinsip keilmuan yang berkaitan dengan *engineering* dan teknologi informasi untuk mengembangkan solusi dan inovasi untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai bidang seperti dunia industry, transportasi, energy, kesehatan dan lingkungan. Selain itu juga *engineering* juga dapat melibatkan banyak hal dalam pemecahan suatu masalah, proses perancangan, pengujian serta pengembangan teknologi yang bersifat efektif dan efisien untuk memastikan kualitas produk serta mengoptimalkan pada proses produksi.

3.7 Fungsi Engineering dalam organisasi perusahaan

Seorang engineering memiliki kemampuan khusus dalam melakukan suatu proses perancangan maupun perbaikan kerja pada suatu perusahaan, sehingga dalam hal ini dapat dijelaskan bahwa seorang engineering harus mampu melakukan inovasi-inovasi terbaru guna memenuhi kebutuhan di dunia industri. Persaingan di dunia industri saat ini sangat kompetitif, hal ini terjadi dalam berbagai bidang pekerjaan terutama di bidang keteknikan.

Perubahan industri yang terus berkembang mendorong sumber daya manusia (SDM) engineering untuk terus meningkatkan kemampuan profesionalnya. Selain itu, teknik saat ini sedang banyak diminati, terutama teknik. Orang-orang yang memiliki keterampilan di bidang ini akan berperan penting dalam memudahkan pekerjaan lainnya. Contoh tren berkembang yang dikerjakan oleh para insinyur berpengalaman mencakup inovasi seperti kecerdasan buatan (AI) menuju teknologi ramah lingkungan. Oleh karena itu, penting bagi para praktisi teknik untuk memahami perkembangan dan tren terkini yang dibutuhkan masyarakat di masa depan. Ada beberapa bagian departemen di bidang *engineering* dalam suatu perusahaan memiliki fungsi utama sebagai berikut :

1. Merancang dan mengembangkan produk baru

Bagian departemen *engineering* memiliki peran dan tanggung jawab dalam hal perancangan serta mengembangkan produk baru yang inovatif yang akan dihasilkan oleh sebuah perusahaan. Ini termasuk desain produk, pengembangan prototipe, dan pengujian produk sebelum produksi massal.

2. Meningkatkan efektivitas produksi

Departemen teknologi harus bertanggung jawab untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan mengoptimalkan desain dan pengembangan produk. Hal ini dapat dicapai dengan memperbaiki peralatan produksi, mengidentifikasi dan memecahkan masalah produksi, serta meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

3. Memelihara peralatan produksi

Departemen teknik (*Engineering Dept*) dalam hal ini memiliki tanggung jawab untuk memelihara alat produksi yang digunakan dalam proses produksi. Hal ini meliputi aktivitas perawatan rutin, maintenance, dan perbaharuan peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat mampu meningkatkan kinerja produksi.

4. Mengembangkan serta mengimplementasikan teknologi terbaru

Seorang *Engineer* dituntut untuk dapat mengikuti perkembangan dunia teknologi masa kini (terbaru) untuk meningkatkan kualitas serta kinerja produksi. Selain itu harus seorang *engineering* harus mampu mengembangkan serta mengimplementasikan teknologi terbaru tersebut di dunia industri guna membantu meningkatkan efektivitas serta efisiensi pada proses produksi.

Dari beberapa poin fungsi yang di jelaskan di atas, hal tersebut mempunyai posisi yang sangat penting dalam memahami dan mengukur tingkat kinerja dan keberhasilan sebuah perusahaan menciptakan produk yang mempunyai daya saing tinggi dan menghasilkan penjualan yang tinggi, terutama meningkatkan kualitas pelayanan terhadap kebutuhan pelanggan.

3.7.1 Tugas Engineering

Pencapaian tugas seorang engineering adalah keberhasilan dalam mengatur dan mampu mewujudkan tujuan sebuah perusahaan. Oleh karena itu, seorang engineering harus mampu melakukan beberapa tugas, seperti berikut :

1. Untuk memastikan proses produksi berjalan lancar, teknologi harus mampu mengatasi hambatan produksi dan memastikan semuanya berjalan lancar..
2. Bekerja sesuai jobdesk dan spesifikasinya masing-masing, dalam sebuah perusahaan seorang *engineering* memiliki tanggung jawab besar sesuai dengan disiplin ilmunya dengan spesifikasi khusus.

3. Bekerja dan efektif dan efisien, selain itu juga memiliki tanggung jawab dalam memfasilitasi dan mendukung kelancaran produksi. Sehingga mampu bekerja seefektif mungkin.
4. Melakukan teknik pengawasan dalam pemeliharaan alat-alat dan mesin yang digunakan dalam rangkaian proses manufaktur, dan memiliki tanggung jawab penuh atas penggunaan fasilitas produksi
5. Melakukan kontrol serta pengecekan secara rutin dan berkala, sehingga memiliki kevaliditasan data secara sistematis pada suatu perusahaan.

3.7.2 Skill Engineering

Kemampuan seorang *engineer* perlu memerlukan macam keahlian guna memperlancar proses produksi, berikut kemampuan seorang ahli teknik :

1. *Problem Solving* (Mampu menyelesaikan masalah)

Tentu seorang *engineer* harus mampu bagaimana cara berfikir dengan rasional dan bijak dalam pengambilan keputusan di dalam suatu permasalahan agar seorang *engineer* dapat mengatasi berbagai masalah yang terjadi. Dalam mencari solusi dari suatu permasalahan *engineer* tidak boleh asal-asalan, harus berdasarkan perhitungan serta basis pengetahuan yang dimiliki agar Perusahaan tidak berada dalam situasi yang mengancam di masa depan.

2. *Leadership* (Jiwa Pemimpin)

Engineering adalah jenis pekerjaan yang banyak melibatkan personil dalam hal ini adalah seorang tim. Oleh karena itu, ketika seorang insinyur menduduki posisi senior dalam suatu departemen, dia harus memiliki jiwa kepemimpinan. Kepemimpinan ini memfasilitasi komunikasi dengan para insinyur dan memupuk kerja tim. Pekerjaan teknik sangat kompleks sehingga perlu kontribusi penuh terhadap proses pengerjaannya. Orang yang berprofesi sebagai insinyur memiliki motivasi yang tinggi dalam bekerja. Kemampuan mengelola diri sendiri dapat memotivasi karyawan lainnya.

3. *Descision Making* (Pengambil Keputusan)

Saat seorang engineer telah menemukan cara untuk memecahkan masalah, langkah selanjutnya adalah membuat pilihan atau keputusan untuk menentukan solusi terbaik. Jika Anda memiliki banyak rencana, analisis ulang mana yang merupakan metode pengambilan keputusan terbaik. Dalam hal ini, keahlian di bidang tersebut pasti dibutuhkan.

Keberadaan sumber daya manusia pada bidang keteknikan ini Kurangnya talenta teknis pada perusahaan manufaktur berdampak besar pada proses manufaktur, yang tentu saja menimbulkan permasalahan dalam proses manufaktur dan mengurangi keuntungan perusahaan. Bayangkan mesin-mesin perusahaan Anda sedang berproduksi, namun tidak ada seorang pun yang sanggup menghadapi masalah penghentian produksi. Hal inilah yang menjadi salah satu alasan mengapa setiap perusahaan membutuhkan departemen teknis untuk menjalankan proses produksinya. Bagi yang ingin masuk Fakultas Teknik korporat ini sedikit kesulitan karena mekanisme teknik ini memerlukan ilmu khusus sesuai kebutuhan perusahaan, sehingga tidak semua orang bisa bergabung di jurusan teknik korporat.

Passion seorang *Engineer* merupakan hal penting dalam sumber daya manusia (SDM) pada sebuah organisasi perusahaan, dengan kemampuan di bidang keilmuannya sebagai seorang teknisi *engineer* telah melekat erat dengan pribadi seorang lulusan Engineering. Hal ini yang menjadikan faktor keterkaitan antara kebutuhan sumber daya manusia (SDM) dengan adanya peran seorang engineering. Dimana sangat membantu dalam proses perencanaan dan penentu keberhasilan suatu organisasi perusahaan dalam mencapai tujuannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamzah E & Simanjuntak A, 2013. PENGELOLAAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA PADA PT. ANEKA SEJAHTERA ENGINEERING. Jurnal manajemen bisnis petra vol. 1, no. 2.
- Najoan, Lestari Eunike, 2020. Hubungan Budaya Engineering Centric dan Manajemen Sumber Daya Manusia Strategis.
- Halim M, 2023. Mengenal Engineering dan cara mengefisiensikan dalam perusahaan. Web Hasmicro.
- Program Studi Manajemen, 2021. Pengertian Sumber Daya Manusia dan perannya pada organisasi. Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Medan Area.
- Fajri, 2022. Apa Itu Engineering : Pengertian, Fungsi, Tugas dan Jurusan Engineering Yang Paling Banyak Dicari. IDMetafora.

BAB 4

KONSEP TEKNIK MESIN

Oleh Dicky Januarizky Silitonga

4.1 Pendahuluan

Teknik Mesin adalah salah satu cabang ilmu teknik yang fundamental. Pada prakteknya, ilmu teknik mesin menitikberatkan pada desain, pengembangan, serta pemeliharaan beragam sistem mekanikal. Cabang ilmu Teknik Mesin menerapkan prinsip-prinsip fisika, matematika, dan keilmuan material guna menciptakan solusi terkait mekanisme serta struktur yang efisien dan berfungsi sesuai dengan tujuan perancangannya. Di zaman modern yang terus berubah, teknik mesin juga turut berevolusi mengikuti arah kemajuan teknologi untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia. Berbeda dengan pandangan awam yang mengidentikkan teknik mesin dengan otomotif, pada kenyataannya cabang ilmu teknik ini jauh lebih luas dari itu. Spektrum kompetensi teknik mesin sangat lebar dan bahkan multidisipliner, karena pada dasarnya fenomena-fenomena fisika yang terjadi dalam kehidupan dapat dikaitkan dengan bidang ilmu rekayasa mekanikal ini.

Ilmu teknik mesin meliputi berbagai disiplin seperti mekanika, termodinamika, teknik material, desain, produksi, mekatronika, sistem energi, dan mekanika fluida. Pada prakteknya, insinyur teknik mesin berurusan dengan tiga hal utama di industri. Pertama, merancang dan menganalisis sistem mekanis untuk menciptakan komponen dan sistem yang efisien serta beroperasi dengan baik. Kedua, proses manufaktur yang melibatkan pemilihan bahan yang sesuai dan peningkatan metode produksi. Ketiga, perawatan sistem mekanis untuk mempertahankan kinerja (*performace*) dan kehandalan (*reliability*).

4.2 Topik-topik Fundamental Teknik Mesin

Aspek-aspek dasar dalam konsep ilmu teknik mesin, sebagaimana menjadi unsur fundamental dari kurikulum di tingkat universitas adalah sebagai berikut:

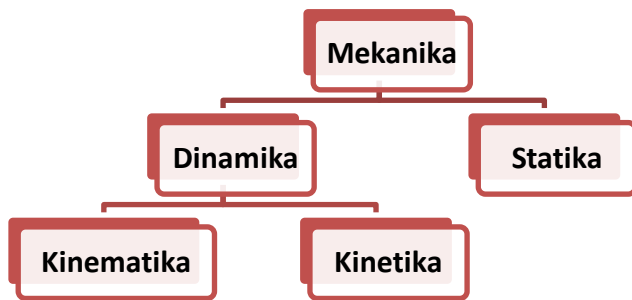
1. **Mekanika:** Kajian terhadap gerak dan letak objek di dalam ruang (kinematika) serta dapat juga menyertakan analisis gaya yang menyebabkannya (dinamika). Apabila sistem dalam keadaan diam, maka analisisnya disebut dengan statika.
2. **Ilmu Material:** Studi tentang perilaku dan sifat material yang pada gilirannya menjadi dasar dalam pemilihan bahan teknik sesuai dengan fungsi komponen.
3. **Termodinamika:** Terkait dengan energi, secara khusus yang melibatkan panas dan kemudian turunannya antara lain perpindahan panas serta siklus-siklus termal.
4. **Kontrol dan Otomasi:** Penerapan sistem kontrol yang mengatur mekanisme permesinan, termasuk juga robotika.
5. **Perangkat Lunak dan Komputer:** Pemanfaatan perangkat lunak sebagai alat bantu desain, analisis, pemodelan dan simulasi serta monitoring kondisi sistem.

4.3 Klasifikasi Keahlian Teknik Mesin

Aspek-aspek kelimuan teknik mesin dapat dikelompokkan pada beberapa bidang keahlian secara garis besar. Di kalangan akademik perguruan tinggi, klasifikasi ini sering disebut dengan kelompok keahlian. Secara tradisional, kelompok keahlian yang terdapat di universitas maupun lembaga penelitian pada departemen teknik mesin adalah konstruksi mekanik, konversi energi, dan manufaktur. Pada perkembangannya, bidang-bidang yang lebih spesifik dianggap perlu untuk dikhususkan pada kelompok tersendiri, sehingga saat ini banyak dibentuk juga kelompok keahlian lain seperti teknik material, mekatronika, biomekanik, dan sebagainya. Namun demikian, dalam tulisan ini penulis membatasi pembahasan pada tiga bidang konvensional sebagaimana disebutkan sebelumnya, yaitu konstruksi mekanik, konversi energi, dan manufaktur.

4.3.1 Konstruksi Mekanik

Bidang keahlian ini bertumpu pada ilmu mekanika. Lebih jauh, mekanika terbagi menjadi dua bagian, yaitu statika dan dinamika. Statika berkaitan dengan analisis sistem yang diam atau dalam keadaan kesetimbangan, sementara dinamika berkaitan dengan sistem yang mengalami perubahan terhadap waktu (Uicker dkk., 2017). Dinamika juga memiliki dua disiplin utama, yaitu kinematika dan kinetika yang masing-masing berkaitan dengan pergerakan dan gaya yang menyebabkan pergerakan.



Gambar 4.1. Bagian-bagian ilmu mekanika

Konsep-konsep mekanika mencakup dasar fisika newtonian klasik dengan fokus analisis gaya dan gerak suatu objek. Beberapa prinsip penting mekanika adalah sebagai berikut:

1. Hukum Pertama Newton: Benda akan cenderung tetap diam atau tetap bergerak lurus dengan kecepatan konstan jika tidak ada gaya yang bekerja padanya (inersia).
2. Hukum Kedua Newton: Menyatakan hubungan antara gaya yang bekerja pada benda dengan percepatannya, dinyatakan sebagai $F = m \cdot a$, di mana F merupakan gaya, m adalah massa, dan a adalah percepatan.
3. Hukum Ketiga Newton: Setiap tindakan akan menghasilkan reaksi yang sebanding namun berlawanan arah.
4. Konservasi Momentum: Total momentum dari suatu sistem akan tetap konstan apabila tidak ada gaya eksternal yang bekerja pada sistem.
5. Konservasi Energi: Total energi dalam sistem yang terisolasi akan selalu tetap, meskipun bisa berubah dari satu bentuk menjadi bentuk energi lainnya.

6. Konservasi Momentum Sudut: Total momentum sudut dalam suatu sistem tertutup akan tetap konstan bila tidak ada momen eksternal yang bekerja pada sistem.

Studi dan analisis gaya dan momen pada sistem mekanik merupakan tahapan penting dalam perancangan struktur. Proses analisis ini melibatkan penerapan prinsip-prinsip fisika, terutama hukum-hukum Newton dan konsep kesetimbangan gaya, dalam rangka mempelajari dampak gaya dan momen terhadap pergerakan dan kekuatan sistem mekanik (Bird dan Ross, 2015).

Tahapan-tahapan analisis sistem mekanik adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi gaya eksternal: Mengenali serta mengukur gaya-gaya yang memengaruhi sistem mekanik, termasuk gaya tarik, dorong, gravitasi, dan gaya lainnya.
2. Kesetimbangan gaya: Mengaplikasikan prinsip-prinsip Newton untuk menetapkan apakah suatu sistem dalam kesetimbangan statis atau dinamis. Dalam keadaan setimbang, total gaya pada semua arah adalah nol.
3. Perhitungan momen torsi: Menentukan momen torsi atau gaya yang menyebabkan rotasi. Hal ini membantu analisis stabilitas sistem.
4. Analisis struktur: Menganalisis dampak gaya dan momen pada komponen struktural dengan geometri tertentu, seperti balok, baut, serta elemen lainnya.
5. Optimasi rancangan: Berdasarkan hasil analisis, sistem dapat disempurnakan untuk meningkatkan efisiensi dan faktor keamanan.

4.3.2 Konversi Energi

Dalam ranah teknik mesin, bidang konversi energi mencakup studi yang melibatkan perubahan, penyimpanan, perpindahan, dan pemanfaatan energi dalam mesin serta sistem mekanis, (Goswami dan Kreith, 2007). Beberapa bidang khusus dapat berkonsentrasi pada pemanfaatan sumber energi, seperti bahan bakar fosil maupun energi baru dan terbarukan, yang dapat dikonversi menjadi energi penggerak sistem mekanik.

Isu perubahan iklim maupun pemanasan global semakin mengarahkan fokus pada energi yang berkelanjutan. Melalui pemahaman mendalam tentang sistem konversi energi, seorang ahli teknik mesin memiliki kompetensi untuk menciptakan maupun mengelola sumber energi masa depan yang ramah lingkungan.

Pilar utama dari kelompok keahlian konversi energi ini adalah termodinamika. Prinsip-prinsip dasar termodinamika membentuk dasar pemahaman tentang perilaku energi dalam berbagai proses alamiah dan teknologi. Dua prinsip utama dalam termodinamika menjadi fondasi bagi hukum-hukum yang lebih kompleks.

1. Hukum Pertama Termodinamika: Hukum ini menyatakan bahwa energi tidak bisa diciptakan atau dihancurkan, melainkan hanya bisa diubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya (prinsip kekekalan energi). Dalam sistem tertutup, perubahan energi dalam bentuk panas, kerja mekanik, dan energi internal diungkapkan sebagai selisih antara panas yang masuk dan kerja yang keluar. Dengan demikian, total energi dalam sistem serta sekelilingnya selalu tetap konstan.
2. Hukum Kedua Termodinamika: Hukum ini terkait dengan konsep entropi, yang merujuk pada tingkat ketidakteraturan dalam sistem. Hukum ini menyatakan bahwa entropi secara alamiah dalam alam semesta selalu meningkat selama proses alamiah, kecuali jika ada campur tangan dari luar. Dengan kata lain, ketika energi digunakan untuk melakukan kerja, sebagian energi tersebut akan terkonversi menjadi panas, meningkatkan entropi sistem, dan mengurangi energi yang dapat digunakan untuk melakukan kerja.

Proses konversi energi dalam sistem mesin melibatkan transformasi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya agar mesin dapat beroperasi dengan performa optimal. Efisiensi konversi energi menjadi faktor krusial dalam rekayasa teknik untuk merancang dan mengoptimalkan sistem mesin pada berbagai aplikasi. Beberapa aspek yang menjadi perhatian adalah sebagai berikut:

1. Sumber Energi: Proses konversi energi dimulai dari asal energi yang menjadi input bagi mesin. Asal energi ini bisa berupa

sumber bahan bakar fosil seperti bensin, solar, batu bara, gas alam, atau dapat juga berupa energi terbarukan seperti tenaga matahari, angin, air, dan biomassa. Beragam asal energi tersebut diperlihatkan dalam Gambar 4.2.

2. Proses Konversi: Konversi energi berlangsung melalui berbagai mekanisme, yang bergantung pada jenis mesin yang digunakan. Contoh dari proses transformasi energi adalah sebagai berikut:
 - a. Mesin Termal: Mengubah energi panas menjadi energi mekanik dengan cara membakar bahan bakar di dalam mesin pembakaran dalam (internal combustion engine).
 - b. Generator Listrik: Merubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik.
 - c. Motor Listrik: Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui interaksi medan elektromagnetik.
 - d. Turbin Angin: Mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik melalui penggunaan kincir angin.
 - e. Sel Surya: Mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaiik.



Gambar 4.2. Contoh sumber-sumber energi

3. Efisiensi Konversi: Ini merujuk pada seberapa besar energi yang dimasukkan benar-benar berubah menjadi bentuk energi yang diinginkan dalam sistem mesin. Inovasi-inovasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi agar mesin lebih hemat energi dan ramah lingkungan.
4. Pemanfaatan Sisa Energi: Dalam banyak proses konversi energi, terdapat energi sisa yang tak dapat diubah menjadi bentuk energi yang diinginkan. Energi sisa ini, seringkali dalam bentuk panas, dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi sistem dan mengurangi dampak lingkungan.

Pada banyak kasus dalam penelitian kelompok keahlian konversi energi, tujuan dari usaha rekayasa adalah dalam rangka mengoptimalkan penggunaan energi. Efisiensi energi mengacu pada seberapa besar persentase energi yang diubah menjadi bentuk yang diinginkan dan seberapa kecil persentase yang hilang dalam bentuk panas yang terbuang. Efisiensi energi berarti menghasilkan lebih banyak output menggunakan jumlah input energi yang sama. Dengan meningkatkan efisiensi energi, biaya operasional dan perawatan mesin dapat diminimalkan. Dari sudut pandang lingkungan, efisiensi energi berperan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca dan jejak karbon.

Untuk mencapai peningkatan efisiensi, beberapa pendekatan yang dapat dilakukan, antara lain melalui mencakup rekayasa perancangan atau desain mesin, pemanfaatan panas yang terbuang, implementasi sistem kontrol serta manajemen perawatan mesin yang tepat.

4.3.2 Desain dan Manufaktur

Desain dan manufaktur merupakan proses yang bertujuan untuk menghasilkan produk maupun sistem tertentu. Proses desain melibatkan konseptualisasi produk serta pembuatan gambaran desain, biasanya menggunakan perangkat lunak CAD (*Computer-Aided Design*) atau dengan cara manual. Langkah berikutnya, dalam tahap manufaktur, desain tersebut diubah menjadi prototipe atau produk fisik dengan menggunakan metode atau proses produksi tertentu.

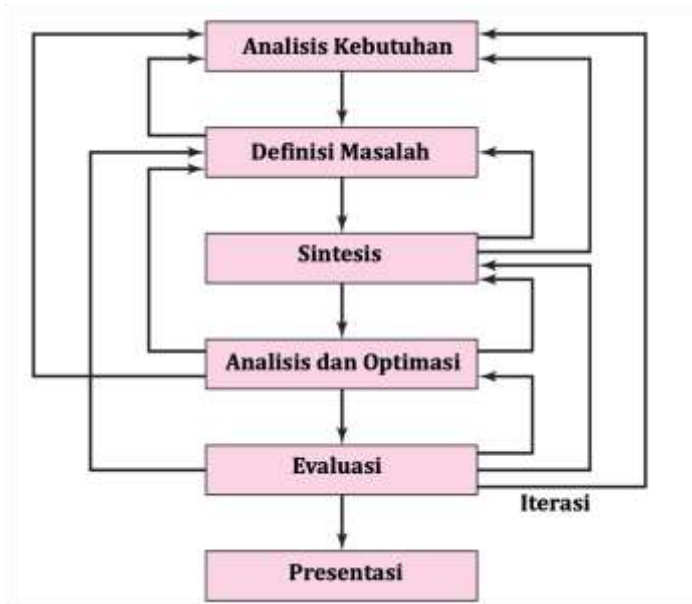
Suatu desain yang baik memperhitungkan batasan-batasan produksi serta memastikan produk dapat diproduksi dengan biaya yang masuk akal. Proses produksi yang efisien dan tepat waktu mampu memaksimalkan alur produksi serta meningkatkan produktivitas. Hasilnya adalah produk yang memiliki kualitas tinggi, efisien, sesuai dengan kebutuhan, serta memenuhi standar keselamatan dan standar kualitas.

Dalam desain produk, beberapa aspek yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Fungsionalitas (*Functionality*): Desain harus selalu memprioritaskan fungsi utama dan tujuan fungsional produk.
2. Keandalan serta Keselamatan (*Reliability and Safety*): Produk harus dirancang untuk beroperasi dengan aman dan dapat diandalkan dalam berbagai kondisi lingkungan dan beban kerja.
3. Optimal (*Optimization*): Desain harus mempertimbangkan penggunaan bahan dan sumber daya yang efisien.
4. Kemudahan Perawatan (*Maintainability*): Produk yang dirancang dengan kemudahan perawatan akan mempermudah proses perbaikan dan pemeliharaan.
5. Ergonomi serta Antropometri: Desain yang memperhitungkan aspek ergonomi dan antropometri akan membantu menciptakan produk yang nyaman serta mudah digunakan oleh pengguna.
6. Integrasi serta Modularitas: Desain modular memungkinkan komponen dapat diganti atau ditingkatkan dengan mudah tanpa harus mengganti keseluruhan produk.
7. Lingkungan serta Keberlanjutan: Desain produk harus mempertimbangkan dampak lingkungan dan mencari solusi untuk meningkatkan keberlanjutan bahan produksi maupun proses daur ulang.
8. Proses Manufaktur: Desain harus mempertimbangkan proses manufaktur yang akan digunakan untuk produksi, biasanya disesuaikan dengan ketersediaan alat maupun biaya.

Proses desain dimulai dengan analisis kebutuhan, kemudian dengan mengetahui kebutuhan maka dapat dilakukan pendefinisian masalah yang harus dicari solusi. Untuk menemukan solusi yang tepat, dilakukan perlu melibatkan kreativitas, disebut juga

dengan proses sintesis. Rancangan dasar kemudian dipertajam lagi pada tahap analisis dan optimasi dimana pada tahap ini dapat dilakukan rancangan dengan bantuan komputer (*Computer Aided Design*). Setelah itu, desain kembali dievaluasi sebelum dipresentasikan kepada para insinyur untuk produksi prototipe. Secara umum, langkah-langkah proses desain dapat digambarkan pada diagram alir di Gambar 4.3 (Budynas dkk., 2011).



Gambar 4.3. Diagram alir proses desain

Manufaktur adalah suatu kegiatan untuk menghasilkan produk dari bahan mentah atau setengah jadi, dimana didalamnya melibatkan serangkaian langkah yang kompleks, seperti tahap desain produk, pemilihan material, proses pengerjaan, serta pengendalian kualitas. Untuk mencapai hasil terbaik, diperlukan penerapan prinsip-prinsip dasar yang bervariasi dengan akurat dan konsisten (El Wakil, 2002). Secara singkat, prinsip-prinsip yang dimaksud adalah desain produk dan proses yang terintegrasi, penerapan teknologi otomatisasi, pengendalian kualitas, efisiensi, keselamatan kerja, minimalisasi dampak lingkungan serta pengembangan keterampilan tenaga kerja.

4.3 Rangkuman

Bab ini membahas tentang berbagai aspek dalam ilmu teknik mesin, menguraikan peran, prinsip dasar, dan berbagai cabang keahlian dalam bidang ilmu ini. Teknik mesin mencakup kajian mekanika, termodinamika, kontrol dan otomasi, pemakaian perangkat lunak dan komputer dalam desain, serta berbagai bidang keahlian terkait. Secara umum, pengelompokan keahlian di dalam teknik mesin meliputi konstruksi mekanik, konversi energi, dan manufaktur. Namun seiring perkembangan jaman, bidang-bidang spesifik juga dapat menjadi suatu kelompok keahlian sendiri di berbagai perguruan tinggi maupun lembaga riset. Konstruksi mekanik memiliki landasan utama pada ilmu mekanika, yaitu mengenai statika dan dinamika, serta prinsip-prinsip penting dalam analisis gaya dan gerak sistem mekanik. Konversi energi berkaitan dengan perubahan, penyimpanan, dan pemanfaatan energi dalam mesin serta sistem mekanis, melibatkan termodinamika sebagai fondasi utama dalam pemahaman konversi energi. Desain dan manufaktur dalam teknik mesin melibatkan proses-proses untuk menghasilkan produk fisik dengan fokus pada fungsi, keandalan, kualitas, dan juga dengan memperhatikan dampak lingkungan. Seluruh cabang ilmu ini menunjukkan pentingnya penerapan prinsip-prinsip dasar yang konsisten untuk menghasilkan produk yang efisien, aman, berkualitas tinggi, dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, J. dan Ross, C., 2015, *Mechanical Engineering Principles*, Routledge Taylor & Francis Group
- Budynas, R. G. (Richard G., Nisbett, J. Keith., dan Shigley, J. Edward., 2011, *Mechanical Engineering Design*, McGraw-Hill
- Goswami, D. Y. dan Kreith, F., 2007, *Energy Conversion*, CRC Press
- Uicker, J. J., Pennock, G. R., dan Shigley, J. E., 2017, *Theory of Machines and Mechanisms*, Oxford University Press
- El Wakil, S. D., 2002, *Processes and Design for Manufacturing*, Waveland Press

BAB 5

KONSEP TEKNIK KOMPUTER

Oleh Johani S Pasaribu

5.1 Pengertian Komputer

Komputer telah menjadi bagian tak terelakkan dari kehidupan kita sehari-hari. Perangkat komputer seperti desktop, laptop, tablet, ponsel, *smart phone* (telepon cerdas) mudah dijumpai di mana-mana. Untuk itu diperlukan memahami bagaimana komputer bekerja. Apa yang ada di dalam komputer? Bagaimana cara kerjanya? Kata komputer berasal dari kata Latin *computare*, yang berarti "aritmatika, akuntansi, perhitungan". Jelasnya, maknanya telah diperluas hingga mencakup "perhitungan" non-numerik (Hartono, 1999). Komputer adalah mesin penghitung elektronik yang cepat dapat menerima informasi input digital. Memprosesnya dengan suatu program yang tersimpan di memorinya (*storage program*) dan menghasilkan output informasi (V. C. Hamacher, 2001). Robert H. Blissmer mendefinisikan komputer adalah perangkat yang menerima informasi (dalam bentuk data digital) dan memanipulasinya untuk mendapatkan hasil tertentu berdasarkan program, perangkat lunak, atau rangkaian instruksi tentang cara pemrosesan data (Blissmer, 1985). Pengertian lainnya komputer adalah sistem manipulasi simbol elektronik yang dirancang dan diatur untuk secara otomatis menerima dan menyimpan data masukan, memprosesnya, dan menghasilkan hasil keluaran di bawah arahan program instruksi yang tersimpan secara terperinci di memori (*stored program*) (Sanders, 1988). Menurut Gordon B. Davis dalam buku *Introduction to Computer*, komputer adalah sebuah mesin elektronik yang beroperasi di bawah kontrol instruksi yang tersimpan di memori, yang dapat menerima data, memanipulasi data berdasarkan aturan tertentu, menghasilkan keluaran dan menyimpan hasil untuk penggunaan di masa depan (Davis, 1981). Dalam arti yang lebih umum komputer dapat memiliki arti yaitu perangkat elektronika yang memiliki komponen-komponen utama

kemudian bekerja bersama agar dapat dihasilkan sebuah informasi yang didasari pada program dan data.

5.2 Teknologi Informasi

Secara umum, teknik komputer mengacu pada perancangan dan pembuatan komputer dan program komputer. Teknologi informasi (TI), di sisi lain, mengacu pada pemeliharaan dan pemecahan masalah komputer beserta jaringan, sistem, dan basis datanya untuk memastikan semuanya berjalan lancar. Komputer mengacu pada perangkat keras yang merupakan bagian dari sistem TIK (teknologi informasi komputer). Sistem TIK mengacu pada keseluruhan pengaturan, yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data, dan orang-orang yang menggunakannya. Ini biasanya mencakup teknologi komunikasi, seperti internet. Penerapan TI telah membawa perubahan mendasar pada cara orang bekerja, berkomunikasi, dan menjalani kehidupan sehari-hari.

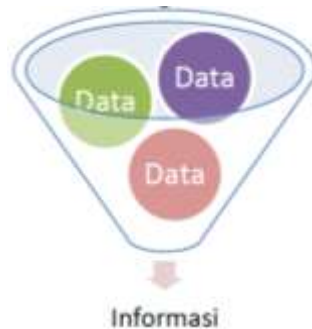
Salah satu dampak utama dari TI adalah kemampuan untuk memproses data secara lebih efisien dan cepat. Sebagai contoh, sebelum adanya komputer, pemrosesan data dilakukan secara manual oleh pekerja kantor dengan menggunakan kalkulator atau mesin tik. Namun, dengan adanya komputer, pemrosesan data dapat dilakukan dalam hitungan detik, bahkan untuk data yang sangat besar.

Selain itu, TI juga telah mengubah cara orang berkomunikasi. Dengan adanya email, pesan instan, dan aplikasi sosial media, orang dapat berkomunikasi dengan mudah dan cepat tanpa harus bertemu secara langsung. Hal ini memungkinkan orang untuk berkomunikasi secara global dan memfasilitasi kolaborasi yang lebih efektif di antara individu dan organisasi yang berbeda-beda.

Saat ini, TI terus berkembang dan mengalami inovasi yang terus menerus. Beberapa teknologi TI yang sedang populer saat ini meliputi kecerdasan buatan, *Internet of Things*, *blockchain*, dan *cloud computing*. Selain itu, teknologi virtual dan augmented reality juga semakin banyak digunakan dalam industri hiburan dan gaming.

5.2.1 Data dan Informasi

Sebelum memahami definisi teknologi informasi ada baiknya kita memahami terlebih dahulu definisi data dan informasi. Data dan informasi merupakan dua konsep yang berkaitan namun berbeda. Data mengacu pada fakta, angka, dan simbol mentah dan tidak terorganisir yang dikumpulkan dan disimpan. Misalnya, data dapat berupa kumpulan pembacaan suhu, daftar nama, atau sekumpulan gambar. Data biasanya tidak diproses dan tidak berarti kecuali jika diorganisasikan dan disajikan sedemikian rupa sehingga dapat dimengerti dan berguna. Data merupakan bahan mentah yang menjadi dasar untuk analisis, pengolahan, dan pengambilan keputusan dalam berbagai bidang, termasuk dalam konteks teknologi informasi.

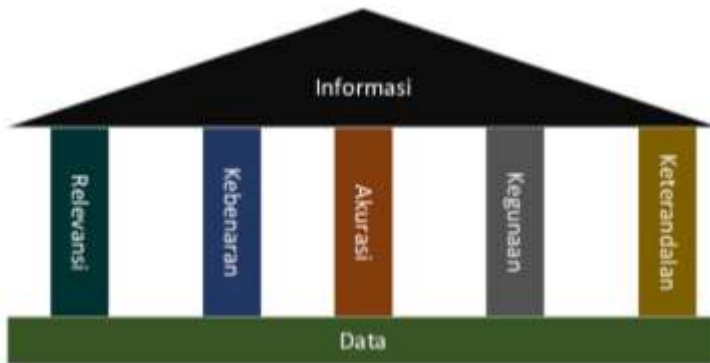


Gambar 5.1. Informasi adalah hasil pengolahan Data

Informasi adalah data yang telah diproses, diorganisasi, dan diberikan makna sehingga memiliki nilai dan relevansi bagi penerima atau pengguna. Informasi memiliki konteks yang lebih luas dan dapat memberikan pemahaman atau pengetahuan yang berguna. Dalam konteks teknologi informasi, informasi sering kali disajikan dalam bentuk yang lebih terstruktur, mudah dibaca, dan dapat dimengerti oleh manusia atau sistem komputer.

Informasi memiliki beberapa karakteristik yang menjadi pilar kualitasnya, yaitu relevansi, kebenaran, akurasi, kegunaan, dan keterandalan. Informasi yang baik harus relevan dengan tujuan atau kebutuhan pengguna, akurat dan benar dalam konteksnya, berguna untuk pengambilan keputusan atau tindakan, dan dapat diandalkan dalam konteks penggunaannya.

Informasi dapat dihasilkan melalui proses pengolahan data dengan menerapkan pemrosesan, analisis, interpretasi, dan penyajian yang tepat. Informasi dapat berupa laporan, grafik, tabel, atau hasil analisis lainnya yang memberikan wawasan atau pemahaman yang lebih dalam tentang suatu topik atau situasi tertentu.



Gambar 5.2. Karakteristik Informasi

5.2.2 Definisi Teknologi Informasi

Untuk lebih memahami definisi teknologi informasi, berikut ini definisi teknologi informasi (TI) dari beberapa pakar di bidang TI:

1. Peter Norton mengatakan teknologi informasi berarti penggunaan perangkat keras, perangkat lunak, layanan, dan infrastruktur pendukung untuk mengelola dan menyampaikan informasi menggunakan suara, data, dan video (Norton, 2005).
2. John Naughton memberikan definisi teknologi informasi adalah penggunaan komputer, penyimpanan, jaringan, dan perangkat fisik lainnya, infrastruktur, dan proses untuk membuat, memproses, menyimpan, mengamankan, dan menukar segala bentuk data elektronik (Naughton, 1999).
3. Kenneth C. Laudon & Jane P. Laudon mendefinisikan teknologi informasi adalah desain dan implementasi informasi, atau data, dalam sistem informasi. Sedangkan sistem informasi menggabungkan teknologi, manusia, dan proses yang terlibat dengan informasi (Kenneth C. Laudon, 2012).

4. Dave Chaffey memberikan definisi teknologi informasi adalah penggunaan segala bentuk teknologi untuk memasarkan produk dimana dikenal sebagai pemasaran online, pemasaran digital untuk mempromosikan merek dan menghubungkan mereka dengan pelanggan potensial melalui internet. Bentuknya bermacam-macam, termasuk: mesin pencari (Chaffey, 2015).
5. *Efraim Turban*, R. Kelly Rainer dan Richard Potter memberikan definisi teknologi informasi adalah keseluruhan rangkaian teknologi yang digunakan untuk memproses dan menyebarkan informasi, termasuk perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, infrastruktur telekomunikasi, dan layanan terkait (Efraim Turban, 2005).

Berdasarkan pendapat dari pakar tersebut, secara umum definisi teknologi informasi merujuk pada penggunaan berbagai teknologi, seperti perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, infrastruktur telekomunikasi, dan teknologi lainnya, untuk mengelola informasi secara elektronik atau digital. TI memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan inovasi dalam berbagai aspek kehidupan.

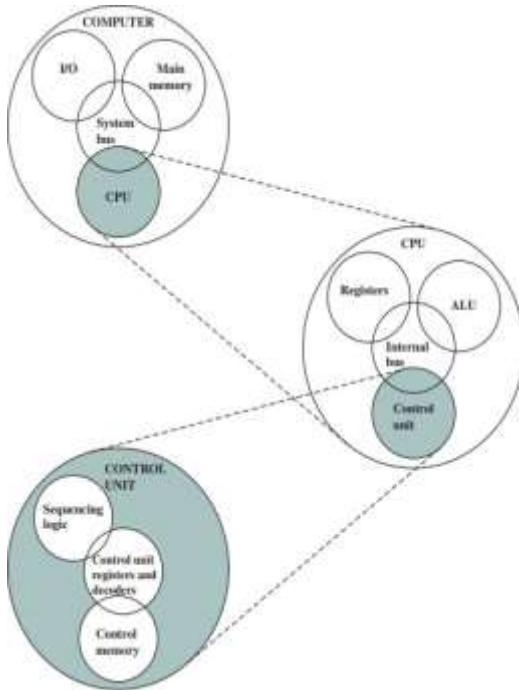
5.3 Struktur dan Fungsi Komputer

Berikut adalah perbedaan antara fungsi dan struktur komputer:

1. Struktur adalah cara di mana komponen berhubungan satu sama lain
2. Fungsi adalah pengoperasian masing-masing komponen sebagai bagian dari struktur.

5.3.1 Struktur Komputer

Pada *struktur internal komputer tradisional* dengan *prosesor tunggal* yang menggunakan *unit kontrol* mikroprogram mempunyai hierarki struktur internal seperti Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3. Struktur tingkat atas Komputer
(Sumber: (Stallings, 2010))

Struktural utama komputer digital terdiri dari:

1. CPU (Unit Pemrosesan Utama, *Central Processing Unit*): adalah “otak” dari komputer, sering hanya disebut sebagai prosesor. Fungsinya untuk mengontrol pengoperasian komputer dan mengeksekusi program yang disimpan di memori utama dengan mengambil instruksi, memeriksanya dan mengeksekusinya satu per satu.
2. Memori utama (RAM): untuk mempercepat pemrosesan data pada perangkat. Tak heran jika semakin besar kapasitas RAM yang dipasang, maka semakin cepat juga perangkat tersebut bekerja. Fungsi lainnya RAM adalah dapat menyimpan data yang berasal dari piranti masuk sampai data dikirim ke ALU atau *Arithmetic Logic Unit* untuk diproses.
3. Input/Output (I/O): Perangkat I/O memungkinkan kita berkomunikasi dengan sistem komputer. I/O

bertanggungjawab atas pengontrol sebuah perangkat eksternal atau lebih dan untuk pertukaran data antar perangkat tersebut dengan memori utama dan register-register CPU. Contoh perangkat I/O seperti *keyboard, mouse, cardreader, scanner*, sistem pengenalan suara, dan layar sentuh (perangkat input). Perangkat output seperti *monitor, printer, plotter* dan *speaker*.

4. Sistem interkoneksi (sistem bus): Struktur logis yang menghubungkan CPU, memori, dan perangkat I/O supaya pemrosesan di dalam komputer tetap berjalan dengan lancar dalam proses input dan menghasilkan output.

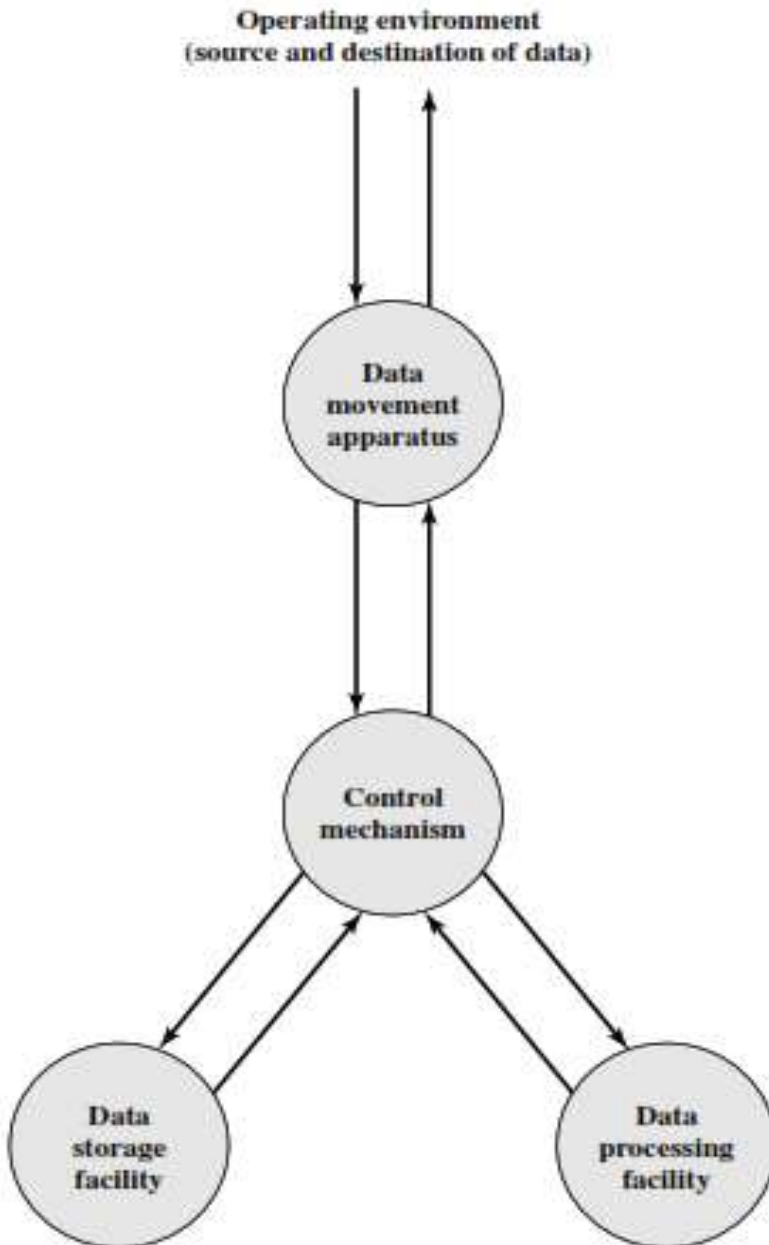
Komponen struktural utama CPU sendiri adalah sebagai berikut dan ditunjukkan seperti Gambar 5.3:

1. Unit kontrol: Mengontrol pengoperasian CPU dan juga computer
2. Unit aritmatika dan logika (ALU): Menjalankan fungsi pemrosesan data computer
3. Register: Menyediakan penyimpanan internal ke CPU
4. Interkoneksi CPU: Beberapa mekanisme yang menyediakan komunikasi antara unit kontrol, ALU, dan register.

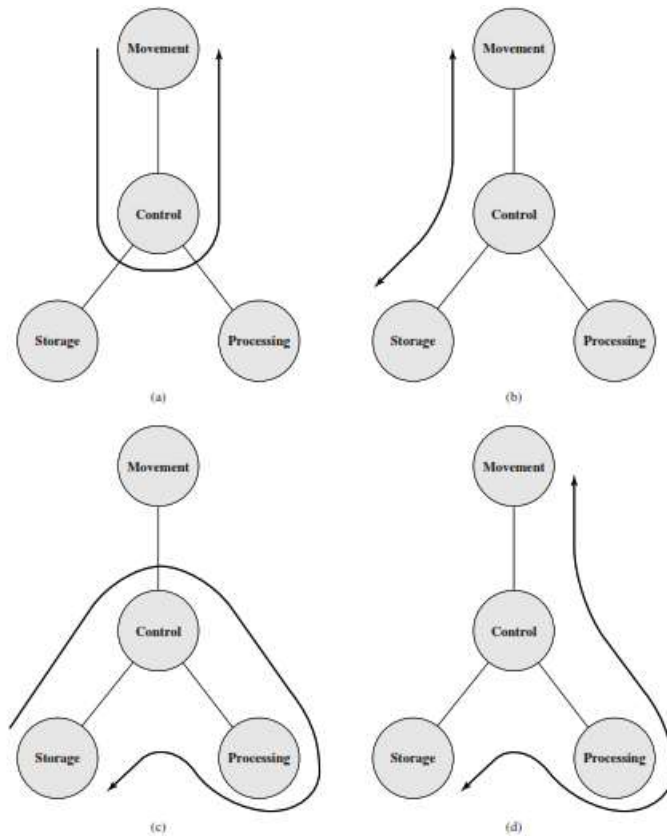
5.3.2 Fungsi Komputer

Secara umum, hanya ada empat fungsi dasar yang dilakukan komputer:

1. Pengolahan data (*Data processing*). Komputer harus mampu memproses data yang dapat mengambil berbagai macam bentuk dan jangkauan pemrosesan.
2. Penyimpanan data (*Data storage*). Penyimpanan data: Komputer menyimpan data baik sementara atau permanen
3. Perpindahan data (*Data movement*). Komputer harus dapat memindahkan data antara dirinya dengan dunia luar, proses ini dikenal sebagai input/output (I/O).
4. *Control* (Kontrol). Harus ada kontrol dari ketiga fungsi di atas. Fungsi Kontrol (Pengendalian) juga dilakukan oleh komputer, baik pengendalian internal dalam komputer itu sendiri maupun pengendalian eksternal, yaitu pengendalian peralatan lain melalui unit kontrol (CU, *control unit*).



Gambar 5.4. Tampilan Fungsional Komputer
(Sumber: (Stallings, 2010))



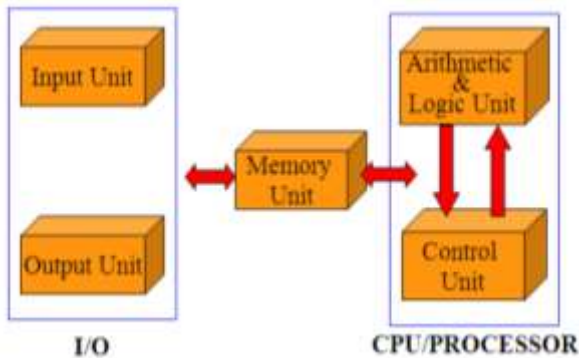
Gambar 5.5. Operasi-operasi Komputer: Pemindahan data, Penyimpanan, Memproses dari I/O ke penyimpanan dan Memproses dari penyimpanan ke I/O

5.4 Unit Fungsional

Komputer memiliki dua macam komponen:

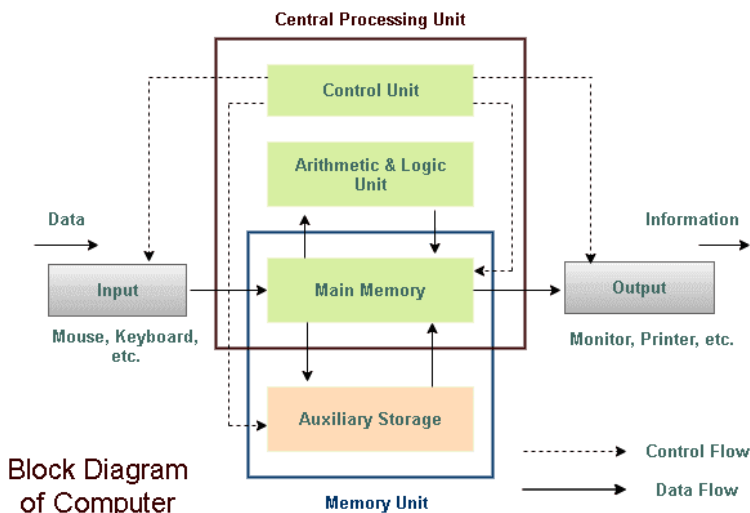
1. Perangkat keras, terdiri dari perangkat fisiknya (CPU, memori, bus, perangkat penyimpanan)
2. Perangkat lunak, terdiri dari program-program yang dimilikinya (Sistem operasi, aplikasi, utilitas)

Ada lima bagian utama unit fungsional komputer: unit kontrol (CU, *control unit*), unit logika aritmatika (ALU), input, memori dan output.



Gambar 5.6. Unit fungsional komputer
(Sumber: (TECHNOLOGY, 2019))

Perangkat input menerima informasi yang dikodekan sebagai program sumber yaitu bahasa tingkat tinggi. Ini disimpan dalam memori atau segera digunakan oleh prosesor untuk melakukan operasi yang diinginkan. Program yang disimpan dalam memori menentukan langkah-langkah pemrosesan. Pada dasarnya komputer mengubah satu program sumber menjadi program objek yaitu ke dalam bahasa mesin. Kemudian hasilnya dikirim ke dunia luar melalui perangkat keluaran (unit output).



Gambar 5.7. Blok diagram komputer
(Sumber: (TutorialsMate, 2023))

5.4.1 Unit masukan (input)

Program sumber, program bahasa tingkat tinggi, informasi berkode atau data yang diumpankan ke komputer melalui perangkat input keyboard adalah jenis yang paling umum. Setiap kali tombol ditekan, satu *word* atau bilangan tersebut yang diterjemahkan ke dalam kode biner melalui kabel dimasukkan ke memori atau prosesor. Joystick, trackball, mouse dan scanner adalah perangkat input lainnya.

5.4.2 Unit memori

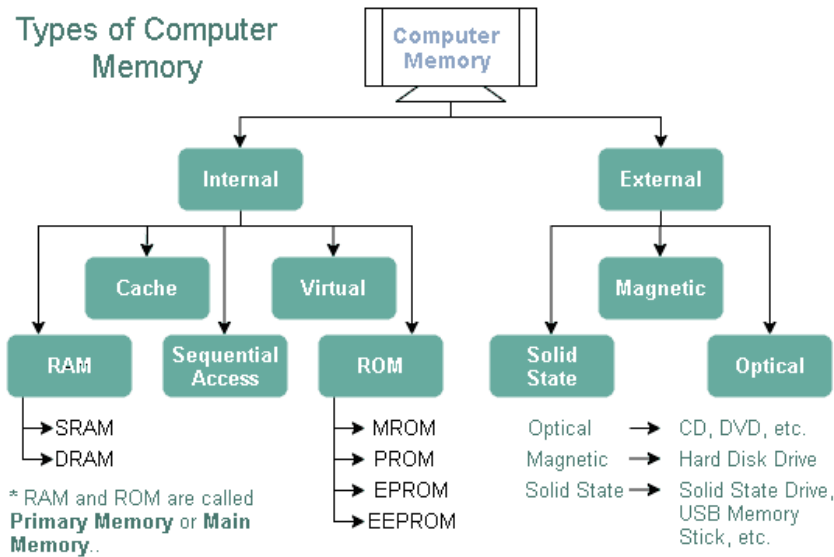
Fungsinya untuk menyimpan program dan data. Hal ini pada dasarnya terdiri dari dua jenis:

1. Memori utama (*internal memory*)
2. Memori sekunder (*secondary memory*)

Dalam arsitektur komputer, sebuah *word* adalah unit data dengan panjang bit tertentu yang dapat dialamatkan dan dipindahkan antara penyimpanan dan prosesor komputer. Biasanya, panjang bit word setara dengan lebar bus data komputer sehingga word dapat dipindahkan dalam satu operasi dari penyimpanan ke register prosesor. Pada setiap arsitektur komputer dengan satu byte delapan bit, word tersebut akan menjadi kelipatan delapan bit. Dalam arsitektur IBM Sistem/360, sebuah word adalah 32 bit, atau empat byte delapan bit yang berdekatan. Dalam arsitektur prosesor PC Intel, sebuah word adalah 16 bit, atau dua byte delapan bit berdekatan. Sebuah word dapat berisi instruksi komputer, alamat penyimpanan, atau data aplikasi yang akan dimanipulasi (misalnya, ditambahkan ke data di ruang word lain). Panjang word adalah jumlah bit dalam setiap word, artinya mengacu pada jumlah bit yang diproses oleh CPU sekaligus. Dengan komputer modern, ukuran word bisa 16 bit hingga 64 bit.

Waktu akses memori adalah berapa lama waktu yang dibutuhkan karakter dalam RAM untuk ditransfer ke atau dari CPU. Chip RAM cepat memiliki waktu akses 10 nanodetik (ns) atau kurang. Lihat SDRAM. Waktu akses disk adalah berapa lama waktu yang diperlukan untuk mendapatkan karakter data pertama setelah memulai permintaan.

Types of Computer Memory



Gambar 5.8. Jenis memori komputer
(Sumber: (TutorialsMate, 2023))

1. Memori *Internal* terdiri dari chip yang terhubung ke motherboard dan perlu dihubungkan langsung ke perangkat agar dapat digunakan. Dalam memori *Internal* ini terdiri dari berbagai macam seperti:
 - a. ROM/*Read Only Memory*
 - b. CMOS/*Complementary Meta Oxyde Semiconductor*
 - c. RAM/*Random Access Memory*
 - d. DRAM/*Dynamic Random Access Memory*
 - e. SDRAM/*Synchronous Dynamic RAM*
 - f. DIMM/*Dual in line Memory Module*
 - g. CACHE MEMORY
2. Memori sekunder: Memori sekunder adalah memori komputer yang bersifat non-volatile, persisten, dan tidak dapat langsung diakses oleh komputer atau prosesor. Hal ini memungkinkan pengguna untuk menyimpan data dan informasi yang dapat diambil, dikirim, dan digunakan oleh aplikasi dan layanan dengan cepat dan mudah. Contoh: disk

& kaset magnetik, disk optik (yaitu CD-ROM), disket, dan lain-lain.

5.4.3 Unit logika aritmatika (ALU)

Unit logika-aritmatika (ALU) adalah bagian dari unit pemrosesan pusat yang menjalankan operasi aritmatika dan logika pada operan dalam instruksi komputer. Pada beberapa CPU, ALU terbagi menjadi dua unit: unit aritmatika (AU, *arithmetic unit*) dan unit logika (LU, *logic unit*). Bagaimana operasi logika aritmatika dilakukan di ALU? Misalnya, CPU memulai operasi penambahan pada ALU dengan menggunakan operand sumber (biasanya berupa register) ke operand input ALU, sementara unit kontrol (CU) secara bersamaan memakai nilai-nilai tersebut pada opcode ALU, mengkonfigurasinya untuk melakukan penambahan.

5.4.4 Unit keluaran

Ini sebenarnya adalah rekanan dari unit input. Fungsi dasarnya adalah mengirimkan hasil olahan ke dunia luar. Contoh: *printer, speaker, monitor* dan lain-lain.

5.4.5 Unit kontrol (*Control Unit*, CU)

Unit kontrol, atau CU, adalah sirkuit di dalam prosesor komputer yang mengarahkan operasi. Ini menginstruksikan memori, unit logika, dan perangkat output dan input komputer tentang bagaimana merespons instruksi program. CPU dan GPU (Graphics Processing Unit) adalah contoh perangkat yang menggunakan unit kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Blissmer, R. H. 1985. *Computer Annual: An Introduction to Information Systems*. John Wiley & Sons, Inc.
- Chaffey, D. 2015. *Digital Business and E-Commerce Management*. Pearson Education Limited.
- Davis, G. B. 1981. *Introduction to computers*. Auckland: McGraw-Hill.
- Efraim Turban, R. K. 2005. *Introduction to Information Technology*. John Wiley & Sons.
- Hartono, J. 1999. *Pengenalan Komputer*. ANDI.
- Kenneth C. Laudon, J. P. 2012. *Management Information Systems: Managing The Digital Firm*. Pearson Education.
- Naughton, J. 1999. *A Brief History of the Future : Origins of the Internet*. Orion Publishing Group,.
- Norton, P. 2005. *Introduction to Computers*. New York: McGraw-Hill.
- Sanders, D. H. 1988. *Computers today*. McGraw-Hill.
- Stallings, W. 2010. *Computer Organization and Architecture: Designing for Performance*. New Jersey: Prentice Hall.
- TECHNOLOGY, M. R. 2019, October 30. *COMPUTER SCIENCE, D. O. A. and ENGINEERING (2019)*. Retrieved from Computer Organization [R18A0505] LECTURE NOTES: https://mrcet.com/downloads/digital_notes/CSE/II%20Year/COMPUTER%20ORGANIZATION%20NOTES.pdf
- TutorialsMate. 2023, May 29. *Block Diagram of Computer*. Retrieved from TutorialsMate: <https://www.tutorialsmate.com/2020/04/block-diagram-of-computer.html>
- V. C. Hamacher, Z. d. 2001. *Computer Organization*. McGraw-Hill.

BAB 6

KONSEP TEKNIK SIPIL

Oleh Sudarno P Tampubolon

6.1 Pendahuluan

Teknik sipil merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana merancang/ mendesain, menghitung, menganalisa, membangun, menginvestigasi, merenovasi baik itu gedung dan infrastruktur yang seluruhnya mencakup lingkungan untuk memenuhi keperluan manusia di sektor publik. Selain itu Teknik sipil juga dapat diartikan sebagai salah satu disiplin ilmu yang berkaitan dengan perencanaan, perancangan konstruksi, operasi, dan pemeliharaan infrastruktur fisik seperti jalan, jembatan, Gedung, dam, saluran air, pelabuhan, dan struktur bangunan lainnya. Dunia Teknik sipil mempunyai ruang lingkup ilmu yang luas, diantaranya pengetahuan akan Matematika, Fisika, Kimia, Biologi, Geologi, Lingkungan hingga Komputer sains yang semuanya memiliki peranan penting di dalam mendukung pembelajaran Teknik Sipil. Seiring dengan perkembangan zaman, tingkat kebutuhan manusia, dan pergerakannya Dunia Teknik sipil semakin berkembang sehingga bisa dikatakan ilmu Teknik Sipil mampu mengubah suatu hutan menjadi sebuah kota yang besar.

Perkembangan Teknik sipil dimulai dari zaman kuno, era klasik, abad pertengahan, revolusi industri, abad ke-19, zaman modern, dan era digitalisasi *Building Information Modelling* (BIM). Sebagian besar ilmu teknik sipil berkaitan dengan dunia konstruksi dan infrastruktur. Perkembangan dunia Teknik sipil semakin meningkat dan berkembang seiring dengan tingkat kebutuhan manusia dan pergerakannya pada saat ini, hal ini dapat dilihat dari ilmu teknik sipil telah memanfaatkan teknologi digitalisasi dan internet untuk bidang perencanaan, analisa, dan pembangunan. Era digitalisasi saat ini mampu merubah sistem kinerja dalam dunia teknik sipil dimana sistem pengerjaan konvensional berubah menjadi digital. Perubahan yang terjadi ini mampu membuat para

engineer arsitek, sipil, dan teknisi untuk merancang dan pengawasan proyek konstruksi menjadi lebih cepat dan efisien. Era digital saat ini telah banyak melahirkan teknologi baru yang dapat membantu memajukan perkembangan teknik sipil. Salah satunya adalah teknologi peta digital dan sistem BIM.

Peta digital memungkinkan pelacak GPS untuk membantu mengidentifikasi keberadaan dan lokasi suatu bangunan atau konstruksi dengan lebih akurat, (Mulyani, A. S., 2023). Selain itu dalam perkembangan teknologi, teknik sipil juga mengalami perubahan yang signifikan dalam mengoptimalkan pekerjaan di lapangan. Teknologi digital seperti perangkat lunak (software) khusus digunakan untuk perencanaan dan permodelan bangunan yang dapat menghasilkan gambar 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D secara akurat, (Purnomo et al., 2022). Perangkat lunak ini sangat membantu dalam membuat gambar Teknik pelaksanaan di lapangan berupa gambar detail bangunan dan diagram lintasan proyek. Dengan perubahan yang terjadi ke era digital sekarang ini, para ahli teknik sipil dapat menggunakan teknologi canggih untuk merencanakan, membangun, dan memelihara infrastruktur dan bangunan yang lebih aman, cepat, efisien, dan tahan lama. Hal ini menjadi kunci dan peran penting di dalam proses pengembangan proyek konstruksi. Kemajuan era digital yang terjadi sekarang ini pada dunia konstruksi bidang Teknik sipil turut membantu perkembangan yang sangat pesat dengan adanya adopsi teknologi digital yang semakin meningkat. Salah satu teknologi digital yang mempengaruhi perkembangan teknologi konstruksi di dalam bidang teknik sipil yaitu dengan adanya sistem *Building Information Modeling* (BIM). BIM adalah proses pengembangan model virtual 3D-7D yang mengintegrasikan seluruh aspek dari sebuah bangunan, termasuk geometri, material, waktu, biaya, dan lain sebagainya.

6.2 Konsep Dasar Teknik Sipil

Beberapa konsep dasar dalam Teknik sipil diantaranya:

1. Perencanaan: Ini melibatkan penentuan tujuan proyek, pemilihan lokasi yang tepat, serta analisis dan analisa kebutuhan infrastruktur di masa depan.

2. Desain: Ini mencakup pengembangan rencana teknis dan konstruksi yang memastikan infrastruktur memenuhi standar keamanan, daya tahan, dan fungsionalitas.
3. Konstruksi: Fase ini melibatkan pembangunan fisik infrastruktur sesuai dengan rencana dan desain yang telah dibuat.
4. Pengelolaan Proyek: Manajemen proyek sangat penting dalam memastikan proyek berjalan sesuai rencana, anggaran, dan waktu yang ditetapkan.
5. Material dan Teknologi: Teknik sipil mengandalkan berbagai jenis material dan teknologi untuk membangun infrastruktur. Ini melibatkan pemilihan bahan yang sesuai dan penggunaan teknologi terkini untuk memaksimalkan efisiensi konstruksi.
6. Keberlanjutan: Dalam beberapa dekade terakhir, keberlanjutan telah menjadi aspek penting dalam teknik sipil. Ini melibatkan perencanaan dan konstruksi infrastruktur dengan mempertimbangkan dampak lingkungan, efisiensi energi, dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan.
7. Manajemen Risiko: Teknik sipil sering melibatkan risiko seperti kerusakan struktural, bencana alam, atau perubahan iklim. Oleh karena itu, manajemen risiko adalah bagian penting dari disiplin ini.
8. Hukum dan Regulasi: Proyek teknik sipil sering terikat oleh hukum dan regulasi yang ketat untuk memastikan keamanan dan kepatuhan.
9. Struktur dan Mekanika Tanah: Memahami bagaimana material dan tanah berperilaku di bawah beban adalah bagian penting dari teknik sipil. Ini melibatkan pengetahuan tentang mekanika struktur dan mekanika tanah.
10. Transportasi: Perencanaan dan pengembangan sistem transportasi, termasuk jalan, jembatan, dan lapangan terbang, adalah aspek penting dari teknik sipil.

6.3 Bidang Teknik Sipil

Umumnya bidang Teknik sipil berada dalam bidang konstruksi dan infrastruktur. Berikut ini akan dijelaskan cakupan dari bidang Teknik sipil diantaranya:

1. **Struktur** merupakan cabang dari ilmu bidang Teknik sipil yang mempelajari masalah struktur, analisa, desain, dan perencanaan dari material yang akan digunakan untuk pembangunan. Sebuah bentuk bangunan mungkin dibuat dari beberapa pilihan jenis material seperti baja, beton, komposit, kayu, kaca dan bahan lainnya. Setiap material yang digunakan memiliki karakteristik masing-masing. Ilmu bidang struktur mempelajari sifat-sifat material itu sehingga pada akhirnya dapat dipilih material mana yang cocok dan efisien untuk jenis bangunan tersebut (Tampubolon, S. P. (2022). Struktur Beton I). Dalam bidang ini dipelajari lebih mendalam hal yang berkaitan dengan perencanaan, desain, dan analisa. Adapun contoh bangunan yang termasuk dalam bidang teknik struktur diantaranya bangunan gedung bertingkat, perumahan, jembatan, jalan layang, terowongan, menara saluran transmisi, struktur fasilitas pelabuhan (dermaga, gudang, pemecah gelombang), struktur badan bendungan, dan infrastruktur yanga lainnya.
2. **Geoteknik** merupakan salah satu cabang ilmu yang mempelajari struktur, sifat, dan karakteristik dari berbagai macam tanah dan batuan dalam menopang suatu bangunan yang akan di bangun. Ruang lingkupnya dapat berupa investigasi lapangan yang merupakan salah satu penyelidikan sifat-sifat tanah suatu daerah, penyelidikan laboratorium serta perencanaan konstruksi tanah dan batuan, dapat dilakukan seperti: timbunan (*embankment*), galian (*excavation*), terowongan tanah lunak (*soft soil tunnel*), terowongan batuan (*rock/ mountain tunnel*), bendungan tanah/ batuan (*earth dam, rock fill dam*), dan lain-lain, (Louhenapessy, 2020).
3. **Manajemen Konstruksi** merupakan salah satu cabang ilmu bidang Teknik sipil yang mempelajari permasalahan yang terjadi di dalam proyek konstruksi yang berkaitan dengan penjadwalan pekerjaan (*scheduling*), pengembalian modal,

biaya proyek, semua hal yang berkaitan dengan hukum dan perizinan bangunan hingga pengorganisasian pekerjaan di lapangan sehingga diharapkan bangunan tersebut selesai sesuai dengan target yang sudah ditentukan.

4. **Teknik Keairan/ Hidrologi** merupakan salah satu cabang ilmu bidang Teknik sipil yang mempelajari bangunan yang berkaitan dengan air diantaranya adalah waduk, bendung, saluran air dan pintu air. Adapun bidang yang mencakup pada Teknik Keairan/ Hidrologi diantaranya cabang ilmu hidrologi air (berkaitan dengan cuaca, curah hujan, debit air sebuah sungai, debit banjir, dsb), hidrolika (sifat material air, tekanan air, gaya dorong air dsb) dan bangunan air seperti pelabuhan, irigasi, waduk/ bendungan(dam), kanal.
5. **Teknik Lingkungan** merupakan bidang Teknik sipil yang mempelajari akan isu permasalahan-permasalahan yang berkaitan dengan lingkungan. Adapun cakupan dalam bidang ini diantaranya bidang penyediaan sarana dan prasarana air bersih, pengelolaan limbah dan air kotor (IPAL), pencemaran sungai, polusi suara dan udara hingga teknik penyehatan.
6. **Transportasi** merupakan bidang Teknik sipil yang mempelajari mengenai sistem, manajemen, sarana prasarana transportasi yang digunakan di dalam desain perencanaan dan pelaksanaannya. Adapun yang menjadi cakupan dari bidang transportasi ini diantaranya konstruksi dan pengaturan jalan raya, struktur jalan rel, konstruksi bandar udara, terminal, stasiun dan manajemennya.
7. **Informatika Teknik Sipil** merupakan salah satu dari bidang Teknik sipil yang mempelajari penerapan akan computer/digital untuk desain serta perhitungan/pemodelan sebuah sistem dalam suatu proyek pembangunan atau penelitian. Adapun yang menjadi cakupan dari bidang ilmu ini diantaranya dapat berupa pemodelan Struktur Bangunan (Struktural dari Materi atau CAD, SAP-200, ETABS), pemodelan pergerakan air tanah atau limbah, (2D *flow*, *Plaxis* 2D dan 3D), pemodelan lingkungan dengan Teknologi GIS (*Geographic information system*), sistem *Building Information Modelling* (BIM)

6.4 Perkembangan Teknik Sipil

Perkembangan dunia Teknik sipil dalam era digital saat ini membuat banyak perubahan dan menghasilkan banyak inovasi yang banyak digunakan di dalam perencanaan dan pengaplikasiannya. Adapun perkembangan Teknik sipil yang terjadi diantaranya:

1. **Infrastruktur Berkelanjutan:** Salah satu peran Teknik sipil saat ini yaitu berusaha untuk mengurangi dampak lingkungan, mengintegrasikan energi terbarukan, dan mengembangkan solusi ramah lingkungan seperti bangunan hijau, jaringan transportasi berkelanjutan, dan sistem pengelolaan air yang inovatif.
2. **Smart Cities:** Teknik sipil terlibat dalam merancang sistem jaringan pintar, pengelolaan lalu lintas cerdas, pengumpulan data *real-time*, dan pengembangan aplikasi yang mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
3. **Material dan Konstruksi Inovatif:** Perkembangan material baru dan teknik konstruksi inovatif telah mengubah cara bangunan dibangun hal ini dapat dilihat dari muncul material inovatif seperti material beton precast, beton prategang, beton ramah lingkungan dimana sistem pemasangan yang dilakukan lebih efisien dan cepat di lapangan
4. **Teknologi Sensor dan Pemantauan:** Data yang dihasilkan dari sistem sensor yang digunakan mampu mengidentifikasi permasalahan yang terjadi pada struktur bangunan sebelum terjadi kerusakan serius, dengan data yang diperoleh memungkinkan dilakukannya tindakan perawatan (*maintenance*) yang lebih dini dan lebih efisien yang mampu mencegah kegagalan pada struktur
5. **Pembangunan Transportasi Canggih:** Salah satu peran Teknik sipil untuk memenuhi akan permintaan yang semakin meningkat di dalam bidang transportasi adalah terlibat dalam pengembangan kendaraan otonom, jaringan transportasi pintar, dan solusi mobilitas masa depan.
6. **Pengelolaan Bencana dan Perubahan Iklim:** Dalam hal ini Teknik sipil memiliki peran penting dalam hal

merancang infrastruktur yang tahan terhadap bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, banjir, dan badai, (Tampubolon et al., 2022).

7. **Penerapan Kecerdasan Buatan (AI):** Teknik sipil semakin mengintegrasikan kecerdasan buatan dalam perencanaan dan pengelolaan proyek. AI dapat membantu dalam pemodelan dan simulasi, analisis data kompleks, dan pengambilan keputusan yang lebih akurat.
8. **Rekayasa Struktural dan Desain Parametrik:** Kemajuan dalam rekayasa struktural dan desain parametrik memungkinkan teknik sipil untuk merancang struktur yang lebih kuat, lebih efisien, dan lebih hemat biaya dengan bantuan perangkat lunak canggih.
9. **Era Digitalisasi dan BIM:** Teknik sipil semakin mengadopsi *Building Information Modeling* (BIM) dan teknologi terkait untuk mengelola proyek konstruksi secara lebih efisien, mengintegrasikan informasi dari berbagai aspek, dan memfasilitasi kerja sama tim.
10. **Pendidikan dan Pengembangan Profesional:** Pendidikan teknik sipil terus berkembang untuk mempersiapkan para insinyur masa depan dengan keterampilan yang relevan dengan perkembangan teknologi dan tuntutan industri.

6.5 Peraturan Dalam Teknik Sipil

Dalam Teknik sipil, peraturan dan regulasi sangatlah penting untuk memastikan keselamatan, kualitas, dan keberlanjutan proyek-proyek konstruksi yang akan direncanakan dan di bangun. Berikut beberapa peraturan umum yang berlaku dalam teknik sipil diantaranya

1. **Peraturan Bangunan:** Setiap negara atau wilayah biasanya memiliki peraturan bangunan yang mengatur konstruksi dan perawatan bangunan. Ini mencakup persyaratan struktural, bahan, tata letak, dan aspek keamanan bangunan.
2. **Kode Bangunan:** Kode bangunan adalah seperangkat standar teknis yang berfungsi sebagai panduan untuk perancang dan insinyur dalam merencanakan dan membangun bangunan.

Kode-kode ini mengatur berbagai aspek, termasuk struktur, instalasi listrik, tata letak, dan banyak lainnya.

3. Peraturan Zonasi: Peraturan zonasi mengatur penggunaan lahan, tata letak, dan ukuran bangunan di suatu wilayah. Mereka memastikan bahwa proyek konstruksi mematuhi tata ruang yang telah ditentukan.
4. Peraturan Lingkungan: Peraturan lingkungan mengatur bagaimana proyek konstruksi harus meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan, termasuk perlindungan aliran air, pengelolaan limbah, dan pelestarian habitat alami.
5. Peraturan Keselamatan Kerja: Peraturan keselamatan kerja memastikan bahwa konstruksi dan operasi infrastruktur dilakukan dengan memperhatikan keselamatan pekerja dan pengguna akhir. Ini mencakup persyaratan untuk alat pelindung diri, pengawasan keselamatan, dan pelatihan.
6. Peraturan Drainase: Peraturan mengenai drainase mengatur tata cara pengelolaan air hujan dan sistem pembuangan air limbah, termasuk pengaturan saluran air dan instalasi drainase.
7. Peraturan Transportasi: Peraturan transportasi mencakup standar dan regulasi terkait dengan pembangunan dan pemeliharaan sistem transportasi, seperti jalan raya, jembatan, dan lapangan terbang.
8. Peraturan Geoteknik: Peraturan geoteknik mengatur perencanaan dan konstruksi berdasarkan karakteristik tanah dan material geoteknik, termasuk peraturan mengenai stabilitas lereng dan pondasi.
9. Peraturan Keamanan Sipil: Peraturan ini mencakup segala sesuatu yang berkaitan dengan keamanan sipil dan persiapan menghadapi bencana, termasuk peraturan perlindungan banjir, peraturan gempa bumi, dan peraturan keamanan publik.
10. Peraturan Keberlanjutan: Dalam beberapa wilayah, ada peraturan khusus yang mengharuskan proyek konstruksi mematuhi prinsip-prinsip keberlanjutan, seperti penggunaan energi terbarukan, efisiensi energi, dan pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Peraturan dalam teknik sipil sangat bervariasi berdasarkan wilayah dan jenis proyek. Penting untuk selalu mengikuti dan

memahami peraturan yang berlaku dalam wilayah tempat proyek konstruksi dilakukan untuk memastikan bahwa proyek memenuhi standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan, (Simanjuntak, 2020).

6.6 Tipe-Tipe Struktur

Dalam Teknik sipil, ada berbagai tipe struktur yang dibangun sesuai dengan tujuan dan kebutuhan tertentu. Berikut adalah beberapa tipe umum struktur dalam teknik sipil diantaranya:

1. Bangunan Gedung (*Building Structures*):
 - a. Bangunan Perumahan: Meliputi rumah tinggal, apartemen, kondominium, dan bangunan perumahan lainnya.
 - b. Bangunan Komersial: Seperti gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, hotel, dan pusat hiburan.
 - c. Bangunan Industri: Untuk keperluan produksi dan manufaktur.
 - d. Bangunan Pendidikan: Seperti sekolah, perguruan tinggi, dan universitas.
 - e. Bangunan Kesehatan: Rumah sakit, klinik, dan fasilitas perawatan kesehatan lainnya.
 - f. Bangunan Agama: Tempat ibadah seperti gereja, masjid, kuil, dan sinagoge.
2. Infrastruktur Transportasi (*Transportation Structures*):
 - a. Jalan Raya (*Roads*): Termasuk jalan bebas hambatan, jalan perkotaan, dan jalan pedesaan.
 - b. Jembatan (*Bridges*): Menyediakan penyeberangan di atas sungai, lembah, atau jalan kereta api.
 - c. Lapangan Terbang (*Airports*): Fasilitas untuk pesawat terbang, termasuk landasan pacu dan terminal.
 - d. Pelabuhan (*Ports*): Fasilitas maritim untuk pengapalan dan pelayaran.
3. Struktur Air (*Water Structures*):
 - a. Bendungan (*Dams*): Struktur yang mengatur aliran air sungai dan digunakan untuk penyediaan air, pengendalian banjir, dan pembangkitan listrik.
 - b. Saluran Air (*Canals*): Saluran buatan untuk mengalirkan air untuk irigasi atau transportasi.

- c. Jaringan Pipa (*Pipelines*): Mengalirkan air, gas, minyak, atau limbah cair dalam pipa bawah tanah.
- d. Instalasi Pengolahan Air (*Water Treatment Facilities*): Tempat pemurnian air untuk konsumsi manusia.
- 4. Struktur Laut (*Marine Structures*):
 - a. Pelabuhan dan Dermaga (*Harbors and Wharves*): Fasilitas untuk merapatkan kapal dan memuat/mengeluarkan barang.
 - b. Bangunan Pesisir (*Coastal Structures*): Struktur untuk melindungi pantai dan daerah pesisir dari erosi dan badai.
 - c. Tanggul (*Seawalls*): Dinding beton atau batu yang melindungi daratan dari gelombang laut.
- 5. Struktur Jaringan (*Network Structures*):
 - a. Menara Transmisi: Menara tinggi untuk mengirimkan sinyal komunikasi dan listrik.
 - b. Jaringan Telekomunikasi: Infrastruktur untuk komunikasi data, suara, dan video.
 - c. Jaringan Listrik: Infrastruktur untuk transmisi dan distribusi energi listrik.
- 6. Struktur Khusus (*Special Structures*):
 - a. Terowongan (*Tunnels*): Saluran bawah tanah untuk transportasi atau utilitas.
 - b. Stadion dan Aula: Fasilitas olahraga dan hiburan yang besar.
 - c. Struktur Ruang Terbuka (*Open Space Structures*): Taman, jembatan pejalan kaki, dan taman bermain.

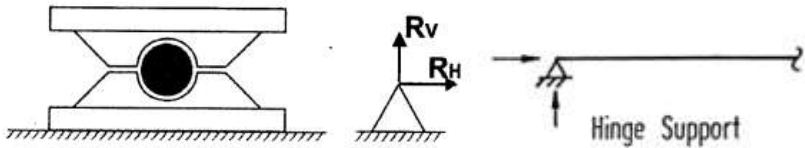
Setiap tipe struktur memiliki persyaratan teknis dan desain yang unik. Teknik sipil melibatkan perencanaan, desain, konstruksi, dan pemeliharaan berbagai jenis struktur ini untuk memenuhi berbagai tujuan dan kebutuhan masyarakat.

6.7 Jenis-Jenis Tumpuan

Dalam rekayasa struktur, tumpuan digunakan untuk mendukung dan mengalihkan beban struktural dari bangunan atau infrastruktur ke tanah atau struktur penyangga lainnya. Tumpuan adalah elemen yang sangat penting dalam desain struktur. Berikut

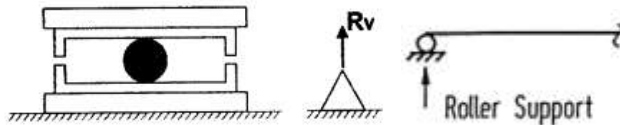
ini adalah beberapa jenis tumpuan yang umum digunakan pada struktur bangunan dan infrastruktur:

1. **Tumpuan Sendi/ Engsel (*Hinge Supports*):** Tumpuan sendi digunakan untuk menahan gaya vertikal dan horizontal. Tumpuan sendi/ engsel memungkinkan rotasi pada satu atau lebih arah.



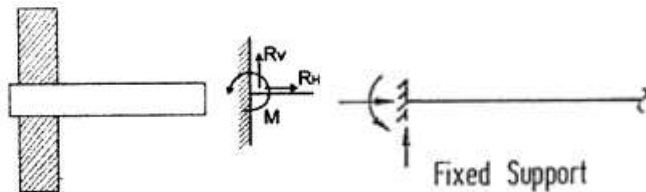
Gambar 6.1. Tumpuan Sendi/ Engsel

2. **Tumpuan Rol (*Roller Supports*):** Tumpuan rol adalah tumpuan yang digunakan untuk menahan pergerakan gaya horizontal, biasanya digunakan untuk jembatan, di mana perlu ada pergerakan ekspansi dan kontraksi.



Gambar 6.2. Tumpuan Rol/ (*Roller Supports*)

3. **Tumpuan Jepit/ Tetap (*Fixed Supports*):** Tumpuan jepit/ tetap digunakan untuk menahan beban vertikal, horizontal dan momen. Mereka sering digunakan pada bangunan yang harus tetap stabil, seperti gedung bertingkat tinggi.



Gambar 6.3. Tumpuan Jepit/ (*Fixed Supports*)

4. **Tumpuan Batas (*Pinned Supports*):** Tumpuan batas mirip dengan tumpuan engsel tetapi terbatas pada satu bidang, memungkinkan rotasi hanya di sekitar satu sumbu.
5. **Tumpuan Roller Batas (*Pinned-Roller Supports*):** Tumpuan ini memungkinkan rotasi di sekitar satu sumbu dan pergerakan horizontal, sering digunakan untuk mengompensasi perubahan suhu.
6. **Tumpuan Fiksasi (*Restraints*):** Tumpuan fiksasi adalah tumpuan yang membatasi gerakan pada satu atau beberapa arah. Mereka digunakan untuk mengontrol deformasi atau rotasi pada elemen struktural.
7. **Tumpuan Resesi (*Recess Supports*):** Tumpuan ini digunakan untuk mendukung elemen beton pra-cetak, dan mereka menonjol keluar dari struktur penyangga yang lebih besar.
8. **Tumpuan Gesek (*Frictional Supports*):** Tumpuan gesek digunakan ketika pergerakan horizontal harus diizinkan, tetapi perlawanan terhadap gerakan dipasang melalui gesekan.
9. **Tumpuan Bantalan (*Bearing Supports*):** Tumpuan bantalan digunakan pada jembatan dan struktur lainnya untuk mendukung beban vertikal, mengurangi gesekan dan mengoptimalkan perpindahan termal.
10. **Tumpuan Geser (*Sliding Supports*):** Tumpuan geser memungkinkan pergerakan horizontal terkendali dan digunakan untuk mengkompensasi perubahan panjang karena perubahan suhu.
11. **Tumpuan Sentral (*Central Supports*):** Digunakan untuk mendukung beban vertikal di pusat struktur, misalnya pada kubah bangunan.
12. **Tumpuan Campuran (*Mixed Supports*):** Kombinasi dari berbagai jenis tumpuan sesuai dengan kebutuhan struktur dan kondisi tertentu.

Umumnya pemilihan tumpuan yang tepat di dalam desain struktur sangat penting untuk memastikan kestabilan, keselamatan, dan kinerja struktural yang baik dan efisien. Tumpuan harus disesuaikan dengan sifat-sifat tanah, jenis beban, serta tuntutan teknis dan fungsional dari struktur tersebut.

6.8 Gaya dan Beban Pada Struktur

Di dalam perencanaan struktur bangunan dan infrastruktur, terdapat berbagai macam gaya yang harus dipertimbangkan untuk memastikan kestabilan dan keamanan struktur yang di desain dan dianalisa. Gaya-gaya tersebut melibatkan interaksi antara berbagai elemen struktural dan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut adalah beberapa gaya utama yang perlu dipahami dalam perencanaan struktur:

1. **Gaya Vertikal (*Vertical Forces*):** Gaya ini adalah gaya yang bekerja ke atas atau ke bawah. Beban vertikal melibatkan berat sendiri dari struktur (beban mati), beban hidup seperti orang dan perabot (beban hidup), serta beban salju dan angin.
2. **Gaya Horisontal (*Horizontal Forces*):** Gaya ini bekerja secara horizontal dan melibatkan angin, gempa bumi, atau beban lateral lainnya. Struktur harus dirancang untuk mengatasi gaya horisontal ini agar tetap stabil.
3. **Gaya Lateral (*Lateral Forces*):** Gaya lateral adalah gaya horisontal yang mempengaruhi stabilitas struktur, seperti angin kencang atau gempa bumi. Ini memerlukan perencanaan khusus untuk menahan gaya lateral ini.
4. **Gaya Kompresi (*Compression Forces*):** Gaya kompresi adalah gaya yang bergerak menuju pusat struktur dan berusaha untuk menyusut atau meremas bahan struktural. Bahan yang kuat dalam menahan gaya kompresi adalah beton, baja, dan kayu.
5. **Gaya Tarik (*Tensile Forces*):** Gaya tarik adalah kebalikan dari gaya kompresi, yaitu berusaha untuk memanjang atau meregangkan bahan struktural. Baja adalah bahan yang baik dalam menahan gaya tarik.
6. **Gaya Geser (*Shear Forces*):** Gaya geser adalah gaya yang bekerja secara horisontal sepanjang permukaan struktural. Ini terutama terjadi dalam balok dan pelat, dan struktur harus dirancang untuk menahan gaya geser.
7. **Gaya Momen (*Moment Forces*):** Gaya momen adalah gaya yang menciptakan torsi atau rotasi dalam struktur. Ini sering terjadi di titik-titik yang terhubung dengan engsel atau sendi.

8. **Gaya Torsi (*Torsional Forces*):** Gaya torsi adalah torsi yang diberikan pada struktur, sering terjadi akibat pengaruh angin atau perubahan temperatur.
9. **Gaya Tekanan (*Thrust Forces*):** Gaya tekanan adalah tekanan yang bekerja pada permukaan luar dari bentuk arsitektur tertentu, seperti kubah atau dinding lengkung.
10. **Gaya Lateral (*Shear Forces*):** Gaya lateral adalah gaya yang bekerja secara horizontal pada struktur, seperti angin atau gempa bumi, yang memerlukan perencanaan khusus untuk mengatasi.
11. **Gaya Pembengkokan (*Bending Forces*):** Gaya ini menyebabkan elemen struktural untuk melengkung atau bengkok, yang harus dihitung dengan cermat dalam perencanaan struktur.
12. **Gaya Perpindahan (*Deflection Forces*):** Ini adalah gaya yang mengakibatkan perpindahan atau deformasi pada elemen struktural.

Memahami dan mengelola berbagai macam gaya yang bekerja pada struktur adalah esensial dalam perencanaan struktur yang aman dan efisien. Ini melibatkan perhitungan, pemilihan bahan yang tepat, dan desain yang memadai untuk mengatasi beban-beban tersebut.

Selain Gaya yang bekerja pada struktur yang di desain dan di analisa juga perlu diperhatikan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berikut ini akan di jelaskan jenis-jenis beban pada struktur dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori berdasarkan sifat dan asalnya. Berikut adalah beberapa jenis beban yang umum pada struktur:

1. **Beban Mati “DL” (*Dead Load*):** Beban mati adalah berat sendiri dari struktur dan elemen-elemen tetap lainnya yang membentuk struktur. Ini mencakup bobot bahan konstruksi seperti beton, baja, kayu, serta berat lantai, dinding, atap, dan elemen struktural lainnya. Beban mati adalah konstan dan tidak berubah seiring waktu.
2. **Beban Hidup “LL” (*Live Load*):** Beban hidup adalah beban yang berasal dari aktivitas manusia, peralatan, dan beban yang berubah seiring waktu. Ini mencakup orang, perabot, peralatan,

- dan bahan lain yang ada di dalam atau di atas struktur. Peraturan biasanya menentukan nilai minimum beban hidup yang harus diperhitungkan dalam desain.
3. **Beban Angin “WL” (*Wind Load*):** Beban angin adalah tekanan dan tarikan yang dihasilkan oleh angin yang bekerja pada struktur. Beban angin bergantung pada kecepatan dan arah angin, serta bentuk dan tinggi struktur. Struktur yang tinggi atau terpapar secara signifikan terhadap angin memerlukan perhitungan khusus untuk beban angin.
 4. **Beban Salju “SL” (*Snow Load*):** Beban salju adalah beban yang dihasilkan akibat penumpukan salju di atas struktur. Nilai beban salju bervariasi berdasarkan lokasi geografis dan musim. Daerah dengan musim dingin yang berat dapat memiliki beban salju yang signifikan.
 5. **Beban Gempa Bumi “EL” (*Seismic Load*):** Beban gempa bumi adalah tekanan dan gerakan yang dihasilkan oleh aktivitas seismik. Nilai beban gempa bumi sangat bergantung pada lokasi geografis dan ketahanan gempa wilayah tersebut. Daerah dengan aktivitas seismik yang tinggi memerlukan desain khusus untuk menahan beban gempa.
 6. **Beban Termal “TL” (*Thermal Load*):** Beban termal adalah beban akibat perubahan suhu dan ekspansi termal yang dapat memengaruhi elemen struktural. Ini mencakup perubahan suhu harian dan musiman yang dapat menyebabkan ekspansi dan kontraksi bahan.
 7. **Beban Geser “SL” (*Shear Load*):** Beban geser adalah gaya yang berusaha memindahkan elemen struktural secara horisontal, seperti pada elemen-elemen pondasi dan dinding penahan. Gaya geser dapat disebabkan oleh angin atau gempa bumi.
 8. **Beban Torsi “TL” (*Torsional Load*):** Beban torsi adalah torsi atau putaran yang dihasilkan pada elemen struktural, misalnya akibat angin atau perubahan suhu.
 9. **Beban Dinamis “DL” (*Dynamic Load*):** Beban dinamis timbul akibat pergerakan dinamis seperti getaran atau lonjakan beban, yang dapat terjadi pada jembatan atau struktur yang menerima beban berat bergerak seperti kereta api atau truk.

- 10. Beban Air “HL” (*Hydrostatic Load*):** Beban air adalah tekanan yang dihasilkan oleh air, seperti yang terjadi dalam kolam renang, waduk, atau tangki penyimpanan.
- 11. Beban Konstruksi “CL” (*Construction Load*):** Beban konstruksi adalah beban yang timbul selama tahap konstruksi, termasuk peralatan dan material konstruksi yang ditempatkan di atas struktur.

Penting untuk mempertimbangkan semua jenis beban ini dalam perencanaan dan desain struktur untuk memastikan bahwa struktur tersebut dapat menahan beban dengan aman dan efisien sesuai dengan tuntutan teknis dan peraturan yang berlaku.

6.9 Momen Gaya

Momen gaya (*moment*) adalah salah satu konsep penting dalam rekayasa struktur yang mengacu pada timbulnya/munculnya rotasi atau torsi yang dihasilkan oleh gaya-gaya yang bekerja pada suatu objek. Momen gaya dapat diterapkan pada berbagai elemen struktural seperti balok, kolom, dan fondasi untuk memahami bagaimana elemen tersebut akan berperilaku dan berdeformasi.

Ada dua jenis utama momen gaya:

- 1. Momen Putar (*Torsional Moment*):** Ini adalah momen gaya yang menciptakan torsi atau rotasi pada elemen struktural. Momen putar biasanya disebabkan oleh beban yang diterapkan dengan jarak dari sumbu rotasi, sehingga menciptakan tendangan rotasi. Momen putar sering terjadi pada elemen-elemen berbentuk silinder atau berbentuk tabung dan juga dapat terjadi pada elemen-elemen lain yang menerima beban torsi.
- 2. Momen Lentur (*Bending Moment*):** Momen lentur adalah momen gaya yang menciptakan lentur atau pengenduran elemen struktural. Ini terjadi ketika beban diterapkan pada elemen struktural, misalnya balok, dengan jarak dari titik tumpu (biasanya poin di mana rotasi nol). Momen lentur menghasilkan ketegangan dan regangan dalam elemen

struktural dan harus dihitung dan dianalisis dalam perencanaan struktur.

Momen gaya adalah penting dalam desain struktur karena memengaruhi kekuatan, kekakuan, dan keamanan elemen struktural. Analisis momen gaya memungkinkan insinyur struktural untuk menentukan ukuran dan jenis bahan yang tepat untuk elemen struktural, serta untuk memastikan bahwa elemen tersebut akan mampu menahan beban-beban yang diterapkan. Beban-beban ini termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, dan beban lainnya yang dapat menciptakan momen lentur atau momen putar pada struktur.

6.10 Persamaan Keseimbangan

Persamaan keseimbangan pada struktur digunakan untuk menjaga keseimbangan gaya-gaya desain yang bekerja pada struktur. Dalam analisis struktural, terdapat dua persamaan keseimbangan utama yang digunakan untuk menggambarkan keseimbangan dalam struktur yaitu persamaan keseimbangan gaya dan persamaan keseimbangan momen. Berikut ini penjelasan dari dua persamaan keseimbangan tersebut:

1. Persamaan Keseimbangan Gaya (*Equilibrium Equation for Forces*): Persamaan ini digunakan untuk memastikan bahwa jumlah gaya pada semua arah dalam suatu sistem struktural adalah nol. Untuk struktur 2D (bidang), terdapat dua persamaan keseimbangan gaya:

- a. Keseimbangan dalam arah sumbu-x: $\sum F_x = 0$
- b. Keseimbangan dalam arah sumbu-y: $\sum F_y = 0$

Dalam sistem 3D, akan ada tiga persamaan keseimbangan gaya:

- a. Keseimbangan dalam arah sumbu-x: $\sum F_x = 0$
- b. Keseimbangan dalam arah sumbu-y: $\sum F_y = 0$
- c. Keseimbangan dalam arah sumbu-z: $\sum F_z = 0$

Persamaan ini memungkinkan untuk menentukan reaksi dari tumpuan pada struktur dan memeriksa apakah struktur tetap

dalam kesetimbangan statis. Gaya eksternal yang diterapkan pada struktur harus seimbang dengan gaya-gaya reaksi tumpuan untuk memenuhi persamaan ini.

- 2. Persamaan Kesetimbangan Momen (*Equilibrium Equation for Moments*):** Adapun persamaan ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap momen yang dihasilkan oleh gaya-gaya eksternal seimbang di sekitar semua titik tertentu dalam struktur. Untuk struktur 2D, terdapat satu persamaan kesetimbangan momen yang biasanya dihitung terhadap titik tertentu:

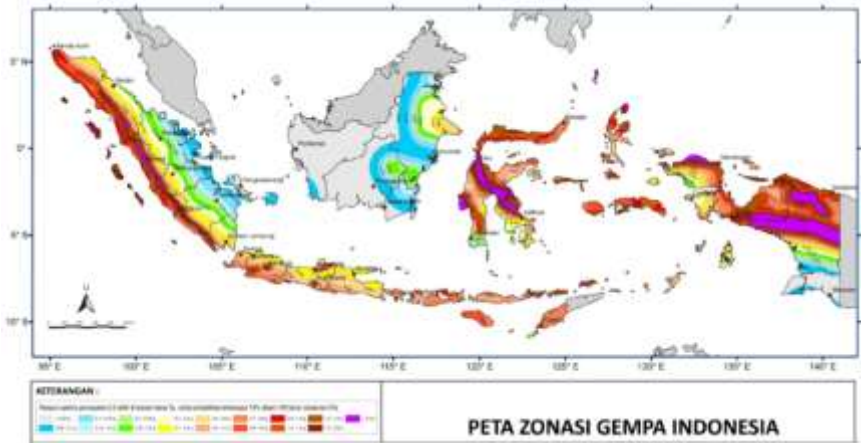
$$\Sigma M = 0$$

Dalam sistem 3D, akan ada tiga persamaan kesetimbangan momen terhadap tiga sumbu koordinat yang berbeda.

Persamaan kesetimbangan ini merupakan dasar dari analisis struktural untuk memahami respons struktur terhadap beban-beban yang diterapkan. Dengan mematuhi persamaan kesetimbangan gaya dan momen, paraa *engineer* struktural dapat menghitung reaksi tumpuan, regangan, dan gaya-gaya internal dalam elemen struktural untuk memastikan kinerja yang aman dan stabil.

6.11 Peta Gempa

Peta gempa merupakan alat yang penting dalam perencanaan dan desain struktur untuk memahami potensi gempa bumi di suatu wilayah. Peta gempa menyediakan informasi tentang potensi gempa bumi, intensitas gempa, dan zona-zona seismik di suatu wilayah. Gambar 6.4. berikut ini memperlihatkan Peta zonasi gempa di wilayah Indonesia.



Gambar 6.4. Peta Zonasi Gempa Wilayah Indonesia

Dari Gambar 6.4. Diperlihatkan potensi gempa yang terjadi di Indonesia. Adapun fungsi dari Peta zonasi gempa tersebut di dalam desain struktur, adalah sebagai berikut:

1. **Evaluasi Potensi Gempa:** Peta gempa memberikan informasi tentang tingkat potensi gempa di suatu wilayah. Ini membantu insinyur untuk mengidentifikasi tingkat risiko gempa di lokasi proyek dan memahami tingkat aktivitas seismik.
2. **Menentukan Beban Gempa:** Peta gempa digunakan untuk menentukan beban gempa yang harus diperhitungkan dalam desain struktur. Beban gempa dihitung berdasarkan parameter-parameter yang disediakan oleh peta gempa, seperti percepatan maksimum tanah atau akselerasi puncak gempa.
3. **Desain Struktur Tahan Gempa:** Informasi dari peta gempa digunakan untuk merancang struktur yang tahan terhadap beban gempa. Ini mencakup pemilihan jenis struktur, bahan konstruksi yang tepat, dan sistem penahan gempa yang sesuai.
4. **Penempatan Tumpuan Gempa:** Peta gempa membantu dalam menentukan lokasi tumpuan gempa pada struktur. Tumpuan gempa dirancang untuk menyerap dan meredam energi yang dihasilkan oleh gempa bumi.
5. **Analisis Struktur Gempa:** Peta gempa digunakan dalam analisis dinamik struktur untuk memodelkan respon struktur terhadap gempa bumi. Analisis ini membantu memahami bagaimana struktur akan berperilaku selama gempa.

6. **Pemilihan Material Konstruksi:** Peta gempa memengaruhi pemilihan material konstruksi. Di wilayah dengan potensi gempa tinggi, insinyur mungkin akan memilih bahan yang lebih tahan terhadap gempa seperti beton bertulang atau baja, (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2017; SNI 03-2847-2019, 2019)

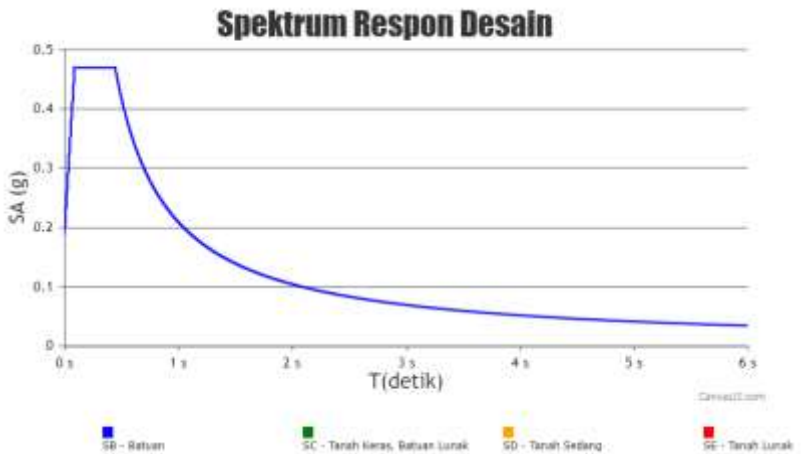
Peta gempa seringkali dikeluarkan oleh badan atau lembaga geologi nasional atau regional dan mengikuti standar internasional dalam menentukan parameter-parameter gempa, (Badan Standardisasi Nasional, 2019). Dalam desain struktur, insinyur struktural harus mematuhi peta gempa yang sesuai dengan wilayah tempat struktur akan dibangun untuk memastikan bahwa struktur tersebut dapat bertahan dan tetap aman selama gempa bumi. Peta gempa merupakan alat penting dalam menjaga keselamatan dan keamanan bangunan dan infrastruktur.

6.12 Respon Spektrum dan *Time History*

Respon spektrum dan analisis sejarah waktu (*time history*) adalah dua metode penting yang digunakan dalam desain struktur untuk memahami bagaimana struktur akan merespons terhadap gempa bumi atau beban dinamis lainnya. Kedua metode ini digunakan untuk memastikan bahwa struktur dapat bertahan dan berperilaku dengan aman selama gempa atau beban dinamis lainnya. Berikut penjelasan singkat tentang keduanya:

1. **Analisis Respon Spektrum (*Response Spectrum Analysis*):** Analisis respon spektrum adalah metode yang digunakan untuk mengukur respons struktur terhadap gempa bumi dalam bentuk spektrum respon percepatan. Metode ini melibatkan perbandingan percepatan dinamis maksimum yang diharapkan dengan percepatan dasar gempa bumi (spektrum respon). Beban gempa diterapkan pada struktur dalam bentuk fungsi percepatan vs. waktu (fungsi waktu). Ini memungkinkan insinyur untuk memahami bagaimana struktur akan merespons pada berbagai frekuensi yang dihasilkan oleh gempa. Analisis

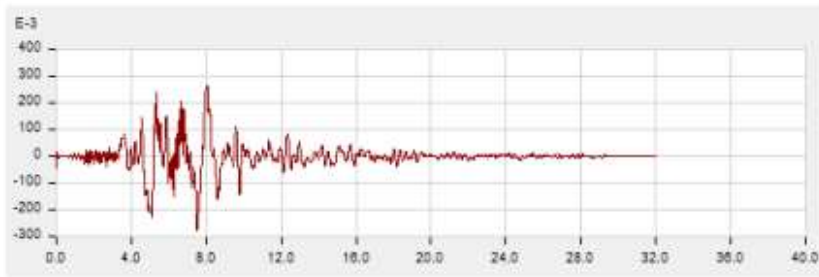
respon spektrum sering digunakan dalam perencanaan struktur karena memungkinkan pemodelan yang lebih sederhana daripada analisis sejarah waktu. Namun, metode ini memerlukan pengetahuan yang akurat tentang percepatan dasar gempa di lokasi proyek.



Gambar 6.5. Gambar Respon Spektrum Wilayah Indonesia
Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>

2. **Analisis Sejarah Waktu (*Time History Analysis*):** Analisis sejarah waktu adalah metode yang lebih kompleks yang melibatkan pemodelan dinamis struktur dan penerapan beban gempa dalam bentuk data sejarah waktu yang mencatat percepatan, kecepatan, dan perpindahan seiring waktu selama gempa bumi yang sebenarnya. Analisis ini memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana struktur akan merespons terhadap beban gempa yang sesungguhnya.

Analisis sejarah waktu sering digunakan untuk struktur yang sangat penting atau kompleks yang memerlukan pemodelan yang lebih rinci. Metode ini memerlukan perangkat lunak khusus untuk analisis dinamis dan pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika struktur.



Gambar 6.6. Gambar *Time History*

Kedua metode ini sangat penting dalam memastikan bahwa struktur tahan terhadap gempa bumi atau beban dinamis lainnya. Hasil dari analisis ini digunakan untuk merancang struktur yang memenuhi persyaratan keamanan dan kinerja yang ditetapkan oleh peraturan dan standar rekayasa. Biasanya, pemilihan antara analisis respon spektrum dan analisis sejarah waktu akan tergantung pada tingkat kerumitan struktur dan tingkat keakuratannya yang dibutuhkan dalam desain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*.
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2017. SNI 2052-2017 : Baja Tulangan Beton. *Standar Nasional Indonesia*.
- Frick, Heinz, 1943-; Tri Hesti Mulyani, 1962-. c 2006. *Pedoman bangunan tahan gempa / Heinz Frick, Tri Hesti Mulyani*. Yogyakarta:
- Kanisius,,https://id.wikipedia.org/wiki/Teknik_sipil
- Louhenapessy, W. G. 2020. DISAIN TEROWONGAN DI BATUAN: PERBANDINGAN METODE KLASIFIKASI BATUAN DAN METODE ELEMEN HINGGA KRITERIA RUNTUH GETAS-DAKTAIL BATUAN BERKEKAR. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 1(1).
<https://doi.org/10.33541/cen.v1i1.1474>
- Mulyani, A. S. 2023. TEKNOLOGI GNSS DALAM MANAJEMEN GEMPA BUMI DI INDONESIA. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 4(1), 36-45.
- Purnomo, C. C., Hutabarat, L. E., & Gultom, R. P. W. 2022. Kajian Tingkat Implementasi dan Hambatan Penggunaan Building Information Modelling (BIM). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 3(2).
- Simanjuntak, P. 2020. EVALUASI KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GEMPA DI INDONESIA. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan - CENTECH*, 1(1).
<https://doi.org/10.33541/cen.v1i1.1425>
- SNI 03-2847-2019. 2019. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. *Bandung: Badan Standardisasi Indonesia*.
- Tampubolon, S. P., Sarasantika, I. P. E., & Suarjana, I. W. G. 2022. Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu. *Bentang : Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2). <https://doi.org/10.33558/bentang.v10i2.3263>

BAB 7

KONSEP TEKNIK KIMIA

Oleh Herlina Rahim

7.1 Pendahuluan

Teknik Kimia atau biasa disebut *chemical engineering* adalah bidang ilmu rekayasa atau proses yang terkait dengan pengolahan bahan setengah jadi menjadi produk yang lebih bermanfaat. Bidang teknik kimia umumnya digunakan untuk desain proses produksi dan pemeliharaan proses kimia baik skala kecil maupun besar seperti di industri. Bidang teknik kimia disebut juga dengan bidang teknik proses. Selain itu, bidang teknik kimia modern juga terkait dengan penelitian terhadap adanya material dan teknologi baru yang berkaitan dengan berbagai bidang keilmuan lainnya, seperti nanoteknologi, bahan bakar, dan bioteknologi.

Teknik kimia memiliki dua sub kelompok besar dan meliputi:

1. Desain, konstruksi, dan pengoperasian pabrik/peralatan serta proses kimianya,
2. makanan dan minuman hingga kosmetik.
3. Pengembangan komponen baru dari komponen sebelumnya pada berbagai produk, mulai dari produk pembersih hingga obat-obatan.

Teknik kimia modern muncul seiring berkembangnya operasi manufaktur kimia berskala besar. Bidang teknik kimia terus berkembang menjadi disiplin ilmu yang independen, teknik kimia telah diarahkan pada pemilihan solusi terhadap masalah perancangan dan pengoperasian proses produksi berkelanjutan.

Pembuatan bahan kimia pada pertengahan pada masa lampau hanya dilakukan dengan sederhana. Meningkatnya permintaan, dan adanya masalah terhadap limbah berbahaya, dan juga tuntutan adanya optimasi proses produksi untuk memberikan efisiensi yang lebih besar. Hal ini menyebabkan munculnya kombinasi sumber daya untuk operasi yang lebih besar dan

menyebabkan transisi dari industri sederhana ke industri berbasis modern dengan melibatkan teknologi, sehingga memerlukan tenaga ahli teknik kimia yang memiliki pengetahuan tentang proses manufaktur.

Prinsip-prinsip dasar teknik kimia berdasarkan pengoperasian proses yang dalam berbagai operasi. Ilmu teknik kimia melibatkan masalah rekayasa reaksi kimia dalam pembuatannya, dengan mempertimbangkan aliran fluida dan perpindahan panas yang terjadi. Bidang proses kimia terlibat langsung dalam semua lini proses pada seluruh aspek, seperti dalam pembuatan *pulp* dan kertas melibatkan aliran fluida dan perpindahan panas. Hal ini juga ditemukan dalam produksi bahan makanan modern yang berkelanjutan. Industri farmasi menghadirkan permasalahan teknik kimia, yang solusinya sangat penting bagi ketersediaan obat-obatan modern. Industri nuklir juga menuntut hal yang sama terhadap keterlibatan teknologi kimia dalam prosesnya. Pada pembuatan dan pemrosesan ulang bahan bakar, ilmu teknik kimia berperan dalam proses pengolahan logam, mulai dari pembuatan baja hingga pemisahan logam.

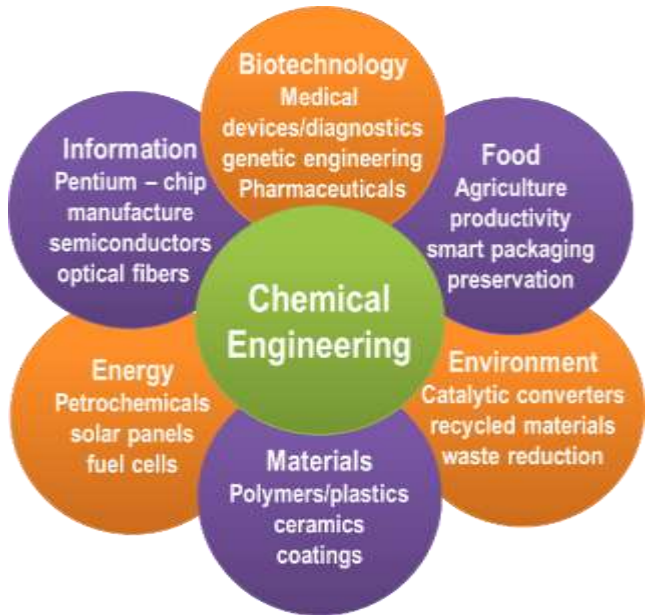
7.2 Pengantar Teknik Kimia

Teknik Kimia adalah proses mengubah bahan baku atau bahan kimia menjadi bentuk yang lebih berguna atau berharga. Teknik kimia pada dasarnya adalah kimia terapan. Teknik kimia melibatkan produksi dan pembuatan produk melalui proses kimia. Ini termasuk merancang peralatan, sistem, dan proses untuk memurnikan bahan baku dan untuk pencampuran, peracikan, dan pengolahan bahan kimia.

Pada Industri skala besar dapat dikelompokkan dalam satuan operasi dasar, maka proses yang terlibat dalam industri tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok tertentu, atau unit proses misalnya polimerisasi, esterifikasi, dan nitrasi, yang memiliki karakteristik umum. Klasifikasi ke dalam unit proses ini membawa rasionalisasi pada studi rekayasa proses. Bidang teknik kimia juga terkait dengan desain dan pengembangan proses. Pengoperasian dan pengendalian pabrik semakin menjadi tanggung jawab tenaga yang menekuni bidang teknik kimia dibandingkan ahli

kimia. Teknik kimia memberikan latar belakang yang ideal untuk evaluasi ekonomi proyek-proyek baru dan, di sektor konstruksi pabrik, untuk pemasaran.

Bidang teknik kimia juga sangat berkaitan dengan prinsip-prinsip dan proses yang terlibat dalam konversi bahan baku menjadi produk penting. Produk-produk dari industri kimia dan proses berkisar dari antibiotik hingga zirkonium, dari minyak bumi hingga obat-obatan, dari bahan kimia pertanian hingga plastik dan karet sintetis. Keterkaitan bidang teknik kimia dengan bidang lain dapat dilihat pada gambar 7.1 di bawah ini.



Gambar 7.1. Keterkaitan bidang teknik kimia dengan bidang ilmu lain.

(<https://www.acs.org/careers/chemical-sciences/>, 2023)

Pengenalan produk-produk baru yang cepat memberikan kontribusi bagi bidang teknik kimia perhatian karakteristiknya dengan manajemen dan pengembangan inovasi. Bidang teknik kimia selalu memainkan peran penting di bidang energi dan keberlanjutan, begitupun dengan bidang bioteknologi. Meskipun jelas berakar pada kimia, teknik kimia adalah disiplin yang berbeda

yang memberikan kontribusi signifikan bagi masyarakat. Kekhawatiran tentang pemanfaatan bahan baku yang efisien, strategi pemrosesan yang hemat biaya dan aman, dan dampak lingkungan telah membentuk evolusi lapangan. Bidang teknik kimia secara unik terampil dalam memahami:

1. Transformasi molekuler; bekerja pada berbagai skala, dari molekuler hingga global;
2. Menganalisis secara kuantitatif; dan melihat, mensintesis, dan menganalisis sistem yang besar dan kompleks.

Persiapan di lapangan membutuhkan pemahaman tentang prinsip-prinsip fisik, kimia, biologi, dan teknik. Bidang teknik kimia memberikan pengetahuan dasar yang luas untuk industri kimia dan proses. Ini bertujuan untuk mengembangkan merencanakan, merancang, dan mengoperasikan proses baru, yang dapat berkontribusi pada pengembangan produk kimia baru, dan yang memiliki potensi manajerial di perusahaan industri yang sangat teknis.

Teknik kimia melibatkan produksi dalam pembuatan produk melalui proses kimia. Perancangan peralatan, sistem, dan proses untuk memurnikan bahan baku dan untuk pencampuran, peracikan, dan pengolahan bahan kimia menjadi bagian dari unit proses.

Bidang teknik kimia mampu menerjemahkan proses yang dikembangkan di laboratorium menjadi penerapan praktis untuk produksi secara komersial dari proses yang dihasilkan, dan kemudian berusaha untuk selalu adanya peningkatan dan pengembangan proses tersebut. Bidang ilmu yang mendasari ilmu teknik kimia adalah matematika, fisika, dan kimia. Biologi juga memainkan peran yang semakin penting. Teknik Kimia berkaitan dengan bioteknologi, teknik biomedis, nanoteknologi dan sel bahan bakar. Hal ini berkaitan dengan desain, konstruksi dan pengoperasian mesin dan pabrik yang melakukan reaksi kimia untuk memecahkan masalah praktis atau membuat produk yang bermanfaat.

Meskipun pengetahuan dasar teknik kimia adalah fisika, biologi, termodinamika, dan kimia itu sendiri, bidang ilmu teknik kimia sebenarnya tidak mencoba mengembangkan zat, reaksi, atau struktur baru. Sebaliknya, teknik kimia berfokus pada pengenalan

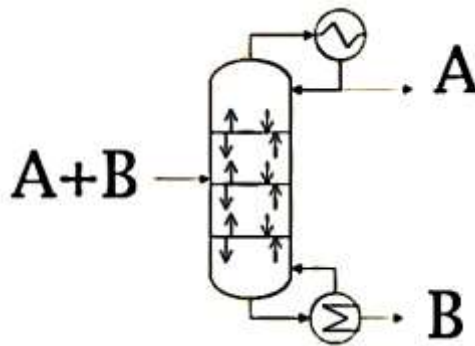
teknologi tepat guna pada bahan mentah yang ada. Yang terpenting adalah mengubah bahan mentah menjadi produk yang bernilai (Garfin, 2000).

7.3 Ruang Lingkup Teknik Kimia

Teknik kimia adalah bidang ilmu yang sangat luas dan jika pembahasan secara terperinci dilakukan maka akan menemukan berbagai konsep. Ada beberapa istilah yang dianggap mendasar dan setidaknya harus diketahui. Hal pertama yang akan ditemui jika mulai mempelajari teknik kimia adalah perbedaan satuan operasi dan satuan proses. Pada bidang teknik kimia ada beberapa jenis Konsep utama teknik kimia yakni; Unit Operasi, Unit Proses, Proses kimia, dan Integrasi proses.

7.3.1 Unit Operasi

Unit operasi adalah langkah dasar dalam suatu proses yang melibatkan perubahan fisik atau transformasi kimia selama proses seperti pemisahan polimerisasi, kristalisasi evaporasi, filtrasi, isomerisasi, dan reaksi lainnya.



Gambar 7.2. Diagram operasi
(<https://chemicaltweak.com/>, 2023)

Berikut ini beberapa contoh unit proses (Shreve, 1984):

1. Distilasi metilen diklorida dengan air

Pemisahan metilen diklorida dan air menggunakan teknologi pemisahan cair-cair dapat digambarkan sebagai satuan operasi karena yang terjadi hanya pemisahan karena

perbedaan kepadatan. Ini merupakan perubahan fisika dan tidak terjadi reaksi kimia.

2. Distilasi aseton dengan air

Pada proses ini, aseton dipisahkan karena adanya perbedaan titik didih atau volatilitas dari masing-masing komponen. Proses yang terjadi karena adanya perubahan fisika dan tidak terjadi reaksi kimia.

Secara umum unit operasi dapat diklasifikasikan dalam 4 (empat) bagian, yaitu:

1. Penanganan material, meliputi; transportasi/proses aliran fluida, dan lain-lain
2. Operasi unit mekanis, meliputi; pengecilan ukuran, perbesaran, pencampuran, pengadukan, dan lain-lain
3. Operasi perpindahan massa, meliputi; penguapan (evaporasi), distilasi, absorpsi, ekstraksi, leaching
4. Operasi perpindahan panas, meliputi; konduksi, konveksi, dan radiasi.

Menurut (Haan, A., Eral. H. & Schuur, B, 2020), unit operasi sangat penting dalam industri kimia untuk pemisahan berbagai produk yang terbentuk selama reaksi.

1. Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan komponen atau zat dari campuran cair dengan langkah penguapan dan kondensasi berturut-turut dan teknologi pemisahan yang paling banyak digunakan. Distilasi digunakan dalam penyulingan minyak bumi dan pembuatan petrokimia. Distilasi adalah jantung penyulingan minyak bumi dan semua proses memerlukan distilasi pada berbagai tahap operasi.

2. Teknologi Membran

Teknologi membran adalah istilah umum untuk sejumlah proses pemisahan yang berbeda dan sangat khas. Proses-proses ini dari jenis yang sama, karena di masing-masing membran digunakan. Membran sering digunakan untuk pengolahan air proses. Teknologi membran telah lebih ditingkatkan aplikasinya dalam desalinasi, pengolahan air limbah dan pemisahan gas dan

pemurnian produk. Proses pemisahan membran dioperasikan tanpa pemanasan dan oleh karena menggunakan lebih sedikit energi daripada proses pemisahan termal konvensional seperti distilasi, sublimasi atau kristalisasi. Proses pemisahan untuk mendapatkan produk yang murni dari kedua fraksi dapat digunakan.

3. Penyerapan

Absorpsi adalah proses fisik atau kimia di mana molekul atau ion aliran gas memasuki fase massal gas atau cairan penyerap lainnya. Absorpsi adalah teknik pemisahan yang paling umum digunakan untuk tujuan pembersihan gas untuk menghilangkan polutan seperti H_2S , CO_2 , SO_2 dan NH_3 . Pembersihan gas terlarut diperoleh dengan mentransfer komponen bahan ke pelarut cair dengan kontak yang baik dari aliran gas dan aliran cair yang spesifik atau selektivitas untuk gas yang akan dipisahkan. Absorpsi adalah fenomena perpindahan massa di mana zat terlarut gas dikontakkan dengan pelarut cair *nonvolatile* yang menyerap komponen dari gas.

4. Adsorpsi

Adsorpsi adalah adhesi molekul gas, cairan, atau padatan terlarut ke adsorben berbasis permukaan. Proses ini menciptakan film adsorbat (molekul atau atom yang terakumulasi) pada permukaan adsorben. Adsorpsi hadir dalam banyak sistem alami, fisik, biologis, dan kimia, dan banyak digunakan dalam aplikasi industri seperti katalis heterogen, arang aktif, dan persyaratan proses lainnya (pendingin adsorpsi), resin sintetis, dan pemurnian air. Proses adsorpsi seringkali merupakan pilihan yang jauh lebih murah dan lebih mudah daripada distilasi, penyerapan atau ekstraksi. Proses yang paling sesuai dalam memulihkan dan mengendalikan emisi senyawa organik yang mudah menguap adalah adsorpsi. Beberapa adsorben komersial adalah silika gel, karbon aktif, saringan molekuler karbon, arang, zeolit saringan molekuler, polimer dan resin, tanah liat, biosorben. Beberapa sifat utama adsorben adalah kapasitas, selektivitas, regenerabilitas, kinetika, dan kompatibilitas (Kumoro dan Hadiyanto, 2000).

5. Kristalisasi

Kristalisasi adalah metode pemisahan kimia secara padat-cair, dimana perpindahan massa zat terlarut yang terjadi dari larutan cair ke fase kristal padat murni. Proses kristalisasi dapat dibedakan dengan dua metode. Yang pertama adalah nukleasi; munculnya fase kristal baik dari cairan super dingin atau pelarut jenuh. Langkah kedua dikenal sebagai pertumbuhan kristal, yang merupakan peningkatan ukuran partikel dan mengarah ke keadaan kristal. Aplikasi paling penting dalam industri perminyakan untuk pemisahan lilin. Proses ini melibatkan nukleasi, pertumbuhan, dan aglomerasi dan pembentuk gel. Beberapa aplikasi kristalisasi adalah dalam pemisahan lilin, pemisahan p-xilena dari aliran xilena. Proses khas pemisahan p-xilena melibatkan pendinginan bahan baku xilena campuran menjadi sedikit lebih tinggi daripada eutektik diikuti oleh pemisahan kristal dengan sentrifugasi atau filtrasi (Garfin, 2000)

6. Ekstraksi Pelarut

Ekstraksi pelarut adalah metode untuk memisahkan senyawa berdasarkan kelarutan relatifnya dalam dua cairan tak bercampur yang berbeda, biasanya air dan pelarut organik. Ini terdiri dari mentransfer satu (atau lebih) zat terlarut yang terkandung dalam larutan umpan ke cairan lain yang tidak bercampur (pelarut). Pelarut yang diperkaya zat terlarut disebut ekstrak. Solusi pakan yang habis dalam zat terlarut disebut rafinat. Ekstraksi cair-cair telah umum digunakan dalam industri minyak bumi dan petrokimia untuk pemisahan hidrokarbon mendidih dekat. Beberapa aplikasi utama adalah: penghapusan senyawa sulfur dari hidrokarbon cair, pemulihan aromatik dari hidrokarbon cair, pemisahan butadiena dari hidrokarbon C₄, ekstraksi asam asetat, penghapusan senyawa fenolik dari air limbah, pemulihan tembaga dari minuman keras lindi, dan ekstraksi gliserida dari minyak sayur. Beberapa sifat penting dari pelarut yang baik adalah:

Daya/kapasitas pelarut tinggi, selektivitas tinggi untuk komponen yang diinginkan, perbedaan yang cukup dalam titik didih pelarut dan umpan untuk pemisahan yang efektif, panas laten penguapan yang rendah panas spesifik untuk mengurangi

kebutuhan utilitas, termal tinggi stabilitas kimia, titik leleh rendah, relatif murah, tidak beracun dan tidak korosif (Garfin, 2000).

7.3.2 Unit Proses

Unit Proses adalah langkah dalam pembuatan di mana reaksi kimia berlangsung. Proses satuan adalah proses di mana terjadi perubahan kimia seperti nitrasi, halogenasi, sulfonasi dan lain-lain.

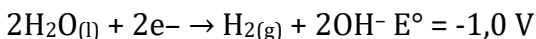
Unit proses pada umumnya adalah suatu perubahan yang terjadi, bisa dalam bentuk reaksi kimia pada komponen yang mengalami reaksi kimia dan menghasilkan reaksi kimia lain atau produk hasil yang terdiri dari dua atau lebih hasil reaksi. Contoh unit proses seperti Sulfonasi, nitrasi, oksidasi, halogenasi, dan masih banyak lagi.

Proses elektrolisis larutan natrium klorida merupakan salah satu unit proses. Natrium Klorida adalah garam ionik yang mudah terdisosiasi dalam air sebagai kation natrium dan anion klorida. Secara umum, elektrolisis NaCl, bila dilarutkan dalam air, menjadi jauh lebih mudah dibandingkan elektrolisis NaCl dalam keadaan cair.

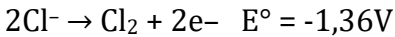
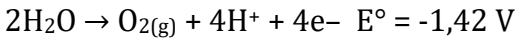
Selain itu, dalam kasus larutan berair, air juga terdisosiasi menjadi ion H^+ , dan ion OH^- , dan keduanya memiliki peran dalam reaksi elektrolisis. Oleh karena itu, produk akhir elektrolisis NaCl menghasilkan gas H_2 di katoda dan gas Cl_2 di anoda. Selain itu, ion Na^+ dan ion OH^- dalam larutan yang tersisa bereaksi bersama membentuk NaOH. Proses ini dikenal juga dengan proses Klor Alkali karena produk yang dihasilkan adalah (klor) dan NaOH (alkali). Reaksi umum dari proses elektrolisis ini adalah (Rubinson, 2007):



Di Katoda:



Di Anoda:



Oleh karena itu, produk utama terbentuk dari elektrolisis NaCl adalah:

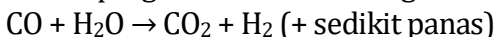
1. Di katoda, produknya berupa logam natrium atau gas hidrogen.
2. Di anoda, produknya adalah gas klor atau gas oksigen.
3. Produk samping NaOH juga terbentuk tergantung pada konsentrasi NaCl dalam air.

Unit proses lain seperti pada proses produksi hidrogen dengan metode *steam-methane reforming*. Pada umumnya hidrogen yang diproduksi saat ini menggunakan dengan metode *steam reforming*, sebuah proses produksi yang menggunakan *steam* bersuhu tinggi (700 – 1000 °C) untuk memproduksi hidrogen dari bahan metana, dari gas alam. Metode *Steam-reforming*, bekerja dengan mereaksikan metana dengan *steam* pada tekanan tertentu dengan adanya bantuan katalis untuk menghasilkan hidrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida dalam jumlah kecil. *Steam-reforming* bersifat endotermik yakni, membutuhkan panas ke proses agar reaksi dapat berlangsung. Karbon monoksida dan uap direaksikan menggunakan katalis untuk menghasilkan karbon dioksida dan lebih banyak hidrogen. Pada akhir proses, karbon dioksida dan zat pengotor lainnya dihilangkan dari aliran gas, sehingga menghasilkan hidrogen murni. *Steam-reforming* juga dapat digunakan untuk menghasilkan hidrogen dari bahan bakar lain, seperti etanol, propana, atau bahkan bensin (Schweitzer, 1988).

Reaksi reformasi uap-metana:



Reaksi pergeseran kesetimbangan air-gas:



Unit proses melibatkan konversi kimia, prinsip yang mengarah ke sintesis berbagai produk yang berguna dan memberikan informasi dasar mengenai;

1. Suhu dan tekanan reaksi,
2. Tingkat konversi kimia,
3. Hasil produk reaksi,
4. Sifat reaksi apakah endotermik atau eksotermik,
5. Jenis katalis.

Beberapa unit proses dalam industri kimia dapat dilihat pada Tabel 7.1 dibawah ini:

Tabel 7.1. Unit Proses dalam Industri Kimia

No	Uraian	Unit Proses
1	Alkylation and hydrodelkylation	Decomposition
2	Acylation	Fermentation
3	Ammonoxidation	Halogenation
4	Amination by ammoanalysis	Hydrolysis
5	Calcination	Hydration
6	Causticisation	Isomerisation
7	Condensation	Nitration
8	Biomethanation	Methanation
9	Dispropotination	Oxidation and partial axidation
10	Cracking: Thermal, steam cracking, catalytic cracking	Pyrolysis
11	Dehydrogenation	Reduction
12	Ditozitation and coupling	Reforming: Steam reforming Catalytic reforming
13	Desulphurisation and hydro desulphurisation	Sulphonation
14	Electrolysis	Sulphation

1. Halogenasi

Halogenasi adalah penggantian satu atau lebih atom hidrogen dalam senyawa organik atau anorganik oleh halogen

(fluor, klor, brom atau yodium) untuk membuat berbagai turunan halogen. Meskipun turunan klorin ditemukan lebih banyak, namun beberapa turunan bromin dan fluor juga penting. Berbagai agen klorinasi adalah; Cl_2 , HCl , fosgen (COCl_2), hipoklorit (NaOCl). Untuk brominasi; brom Br_2 , asam bromik HBr , bromida Br^- , bromat (NaBrO_3), hipobromit alkali BrO^- . Dalam iodinasi; yodium I_2 , asam hidriodik HI dan hipiodit alkali NaIO . Dalam fluorinasi: fluor F_2 , asam fluorida HF , dan perak tetrafluoroborat AgBF_4 .

2. Sulfonasi dan Sulfasi

Sulfonasi melibatkan penggantian atom H dari senyawa organik dengan gugus asam sulfonat $-\text{SO}_3\text{H}$ atau garam yang sesuai seperti sulfonil halida. Sulfasi melibatkan penggantian atom H dari senyawa organik dengan sulfat- OSO_2OH atau SO_4^- . Berbagai agen sulfonasi adalah SO_3 dan senyawanya, SO_2 , agen sulfoalkilasi. Sulfonasi dan sulfasi adalah proses kimia industri utama yang digunakan untuk membuat beragam produk, termasuk pewarna dan penguat warna, pigmen, obat-obatan, pestisida dan zat antara organik. Aplikasi khas sulfonasi dan sulfasi adalah produksi lingo sulfonat, linear alkil benzena sulfonat, Toluena sulfonat, sulfonat fenolik, asam klorosulfonat, sulfamat untuk produksi herbisida.

3. Oksidasi

Oksidasi digunakan secara luas dalam industri kimia organik dan anorganik untuk pembuatan sejumlah besar bahan kimia. Oksidasi menggunakan O_2 adalah kombinasi dari berbagai reaksi seperti oksidasi melalui dehidrogenasi menggunakan O_2 , dehidrogenasi dan penambahan O_2 dan penghancuran karbon, oksidasi parsial, peroksidasi, oksidasi dengan adanya zat pengoksidasi kuat seperti kalium permanganat KMnO_4 , natrium klorat NaClO_3 , kalium dikromat $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, hidrogen peroksida H_2O_2 , timbal dioksida PbO_2 , MnO_2 , asam nitrat, oleum, dan O_3 . Oksidasi mungkin dilakukan baik dalam fase cair atau fase uap. Beberapa produk penting dari oksidasi organik adalah aldehida, keton, benzil alkohol, etilen oksida, vanilin, benzaldehida, asam asetat, cumene, gas sintesis

dari hidrokarbon, propilena oksida, asam benzoat, asam maleat, dan lain-lain.

Hidrogenasi adalah reaksi kimia antara gas hidrogen (H_2) dan senyawa atau unsur lain, biasanya dengan adanya katalis seperti nikel, paladium atau platinum. Beberapa reaksi dengan gas H_2 adalah: hidrodeshidrogenasi, *hydrocracking*, hidroformilasi (merupakan proses industri untuk produksi aldehida dari alkena), hidroammonolisis (adalah proses di mana campuran NH_3-H_2 dibuat dengan adanya katalis hidrogenasi), sintesis amonia NH_3 , hidrogenasi minyak nabati.

4. Hidrasi

Hidrasi adalah proses menggabungkan suatu zat kimia dengan molekul air. Hidrat, istilah yang digunakan untuk menunjukkan bahwa suatu zat mengandung air, banyak mineral dan zat kristal adalah hidrat. Dalam kimia organik, air ditambahkan ke substrat tak jenuh, yang biasanya berupa alkena atau alkuna. Jenis reaksi ini digunakan secara industri untuk menghasilkan etanol, isopropanol, dan 2-butanol.

5. Hidrolisis

Hidrolisis adalah pemecahan kimia suatu senyawa karena reaksi dengan air. Reaksi terutama terjadi antara ion dan molekul air dan sering mengubah pH larutan. Hidrolisis digunakan baik dalam industri kimia anorganik maupun organik. Aplikasi umum dalam industri minyak dan lemak selama pembuatan sabun di mana hidrolisis lemak dilakukan untuk mendapatkan asam lemak dan gliserol diikuti dengan penambahan $NaOH$ untuk membentuk sabun. Berbagai jenis reaksi hidrolisis dapat berupa hidrolisis murni, hidrolisis dengan asam berair atau alkali, encer atau pekat.

6. Elektrolisis

Elektrolisis adalah dekomposisi kimia yang dihasilkan dengan melewati arus listrik melalui cairan atau larutan yang mengandung ion. Elektrolisis adalah teknik yang menggunakan arus listrik searah (DC) untuk mendorong reaksi kimia non-spontan. Elektrolisis secara komersial penting

sebagai tahap dalam pemisahan unsur-unsur dari sumber alami seperti bijih menggunakan sel elektrolitik.

7. Esterifikasi

Esterifikasi adalah konversi asam karboksilat menjadi ester dengan kombinasi dengan alkohol dan penghapusan molekul H_2O . Ini adalah proses penting dalam pembuatan polietilen tereftalat, metil meta akrilat, ester selulosa dalam pembuatan rayon viskosa, nitrogliserin.

8. Alkilasi

Alkilasi adalah transfer gugus alkil dari satu molekul ke senyawa lain dengan substitusi atau reduksi. Produk dari alkilasi menemukan aplikasi dalam deterjen, pelumas, bensin oktan tinggi, bahan kimia fotografi, plasticizer, karet sintetis, bahan kimia dan lain-lain. Beberapa agen alkilasi adalah olefin, alkohol, alkil halida. Meskipun asam sulfat dan asam fosfat umumnya digunakan sebagai katalis dalam proses alkilasi.

9. Polimerisasi

Polimerisasi adalah proses yang terjadi karena adanya reaksi bersama antara molekul monomer untuk membentuk rantai polimer atau jaringan tiga dimensi. Polimerisasi merupakan salah satu proses unit yang sangat penting yang menemukan aplikasi dalam pembuatan polimer, serat sintetis, karet sintetis, poliuretan, cat dan industri minyak bumi untuk bensin oktan tinggi. Polimerisasi dapat dilakukan baik dengan monomer tunggal atau dengan co-monomer. Reaksi polimerisasi dapat berupa reaksi adisi atau kondensasi. Berbagai metode Polimerisasi dapat berupa massal, emulsi, larutan, suspensi. Produk penting khas dari polimerisasi adalah, polietilen, PVC, polistirena, nilon, poliester, serat akrilik, polibutadiena, polistirena, senyawa vinil, urea, melamin dan resin epoksi, dan lain-lain.

10. Pirolisis

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termokimia pada hidrokarbon pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen atau

halogen apa pun. Proses ini mengakibatkan perubahan simultan komposisi kimia dan fisika bahan secara tetap dan tidak dapat diubah. Aplikasi melibatkan pirolisis plastik pada suhu 400 – 450 °C, tanpa adanya oksigen untuk terurai menjadi molekul minyak dan gas yang lebih kecil. Pirolisis batubara adalah langkah pertama gasifikasi. Pirolisis biomassa meliputi biochar, bio-oil dan gas produksi CH_4 , H_2 , CO , dan CO_2 .

11. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses konversi zat organik menjadi karbon atau residu yang mengandung karbon dengan metode pirolisis atau distilasi destruktif.

12. Karbonasi

Karbonasi dibuat dengan menambahkan CO_2 terlarut dan asam karbonat ke dalam cairan. Karbonasi ditambahkan ke minuman ringan untuk memberikan rasa khas pada minuman ringan.

13. Metanasi

Metanasi adalah reaksi dimana karbon oksida CO_x dan hidrogen H_2 diubah menjadi metana CH_4 dan air. Reaksi ini dikatalisis oleh katalis nikel.

7.3.3 Proses Kimia

Teknik kimia membahas tentang reaksi kimia dan unsur-unsur, faktor yang berpengaruh, dan optimalisasi reaksi, mekanisme reaksi kimia dan produk dari proses produksi. Penggabungan unit operasi dan proses disebut proses manufaktur atau proses kimia.

Proses manufaktur terdiri dari kombinasi berbagai unit operasi dan unit proses yang dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti desain peralatan dan pemilihan peralatan, penggunaan utilitas yang sesuai, dan banyak lagi sehingga menghasilkan produk.

Proses kimia adalah metode atau cara mengubah satu atau lebih bahan kimia atau senyawa kimia. Proses kimia adalah metode yang dimaksudkan untuk digunakan untuk mengubah komposisi

bahan kimia pada skala industri, biasanya menggunakan teknologi yang serupa atau terkait dengan yang digunakan di pabrik kimia atau industri kimia.

Proses kimia dilakukan dalam skala industri baik kecil maupun menengah dengan melibatkan reaksi kimia dan peristiwa fisika-kimia. proses kimia merupakan kesatuan proses yang mengolah sumber daya alam dan mengubahnya menjadi berbagai bahan, baik dalam bentuk bahan yang langsung digunakan ataupun diolah Kembali menjadi barang lain untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Peristiwa kimia fisik yang terjadi dalam proses kimia antara lain:

1. Penggabungan bahan-bahan dengan rumus dan struktur molekul yang berlainan.
2. Adanya perubahan fase, seperti : fase cair, uap, atau kristal.
3. Proses pemisahan dan pemurnian campuran bahan menjadi produk yang terpisah berdasarkan sifat dan karakteristik dari bahan tersebut, seperti; ekstraksi, distilasi, dan lain-lain

Proses kimia biasanya memiliki tiga langkah yang saling terkait:

1. Transfer reaktan ke zona reaksi.
2. Reaksi kimia yang melibatkan berbagai unit proses.
3. Pemisahan produk dari zona reaksi menggunakan berbagai unit operasi.

Proses mungkin melibatkan sistem homogen atau sistem heterogen. Dalam sistem homogen, reaktan berada dalam fase yang sama cair, gas atau padatan sedangkan sistem heterogen mencakup dua fase atau lebih; gas-cair, gas-padat, cair-padat.

Berbagai jenis reaksi yang terlibat mungkin reversibel atau irreversibel, endotermik atau eksotermik, katalitik atau non-katalitik. Berbagai variabel yang mempengaruhi reaksi kimia adalah suhu, tekanan, komposisi reaktan, aktivitas katalis, dan laju panas dan perpindahan massa. Reaksi dapat dilakukan dalam batch, semi batch atau reaktor kontinu. Reaktor dapat berupa *batch*, *plug flow* (PFR), CSTR. Mungkin isothermal atau adiabatik. Reaktor katalitik dapat dalam bentuk *bed*, *moving bed* atau *fluidized bed*.

Faktor terpenting untuk proses kimia adalah data dasar, hasil, konversi, dan kinetika. Data dasar adalah sifat fisik dan kimia reaktan dan produk. Hasil adalah fraksi bahan baku yang bereaksi sebagai produk utama. Konversi adalah fraksi material yang diubah ke produk lain yang diinginkan. Hasil akhir umumnya di atas 90 persen, sedangkan konversi dibatasi oleh kesetimbangan, mengubah kondisi operasi, kesetimbangan dapat digeser dan konversi ditingkatkan (Shreve, 1984).

Kinetika juga memegang peranan penting dalam proses. Kinetika adalah studi tentang laju reaksi. Hal ini sangat penting digunakan dalam desain pabrik, karena laju reaksi menentukan ukuran peralatan. Katalis adalah bahan yang meningkatkan kecepatan reaksi.

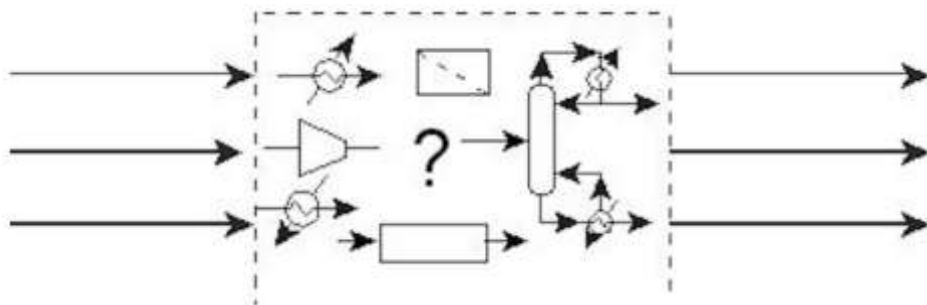
Seiring dengan pengetahuan tentang berbagai proses unit dan unit operasi, informasi dan persyaratan berikut sangat penting untuk pengembangan proses komersial.

1. Keseimbangan Material dan Energi, serta Aliran Proses dan Perpipa-an dan Instrumen Diagram
2. Bahan Baku dan Konsumsi Energi per Ton Produk.
3. Jenis proses Batch atau kontinuos.
4. Pemilihan Proses Kimia; desain dan operasi, data pabrik percontohan, peralatan yang dibutuhkan, bahan konstruksi.
5. Kontrol dan Instrumentasi Proses Kimia.
6. Ekonomi Proses Kimia: Biaya Material dan Energi, Tenaga Kerja, Biaya Keseluruhan Produksi.
7. Evaluasi pasar: kemurnian dan keseragaman produk untuk diproses lebih lanjut.
8. Lokasi Pabrik.
9. Perlindungan Lingkungan, Kesehatan, Keselamatan dan Bahan Berbahaya.
10. Konstruksi, Bangunan dan Komisioning.
11. Manajemen untuk produktivitas dan kreativitas, pelatihan pribadi tanaman.
12. Penelitian dan Pengembangan (R&D).

Dapat disimpulkan bahwa proses kimia adalah kombinasi dari unit proses dan unit operasi.

7.3.4 Integrasi Proses

Menurut (Smith, 2005) Integrasi Proses adalah suatu pendekatan untuk desain proses yang mempertimbangkan interaksi antara operasi unit yang berbeda dan mengoptimalkannya secara terpisah. Integrasi proses memiliki tujuan desain dan optimalisasi sistem manufaktur kimia terintegrasi. Integrasi proses dimulai dengan pemilihan serangkaian langkah pemrosesan dan ada interkoneksi untuk membentuk sistem manufaktur untuk mengubah bahan baku menjadi produk yang diinginkan (Gambar 7.3).



Gambar 7.3. Keterlibatan Integrasi Proses dalam Sintesis Produk
(<https://www.chemicalprocessing.com/>)

Namun, Integrasi Proses tidak berhenti dengan sintesis diagram alir proses untuk proses awal. Proses awal biasanya akan beroperasi sebagai bagian dari proses manufaktur terintegrasi yang terdiri dari sejumlah proses yang dilayani oleh sistem utilitas. Sistem ini menghubungkan proses ke sistem utilitas lain untuk menciptakan interaksi antara proses yang berbeda melalui sistem utilitas. Interaksi ini dapat dimanfaatkan untuk memaksimalkan kinerja secara keseluruhan. Lebih jauh lagi, proses awal dapat memanfaatkan bahan sedemikian rupa sehingga efisiensi bahan baku dimaksimalkan.

Salah satu metode sederhana untuk meningkatkan kuantitas produk misalnya dengan menambahkan atau mengembangkan katalis lain dengan selektivitas dan/atau konversi yang lebih tinggi. Hal yang harus dilakukan agar jumlah energi dapat dimaksimalkan yakni misalnya dengan menambahkan alat penukar kalor (*heat*

exchanger) dengan *heat transfer coefficient* yang tinggi sehingga energi yang terbuang menjadi minimum. Dapat juga dilakukan dengan *cleaning* secara berkala untuk menghilangkan faktor pengotor seperti, kerak, karat, atau pun *fouling*.

Pemrosesan kimia harus menjadi bagian dari kegiatan industri yang berkelanjutan. Hal ini berarti bahwa bahan baku yang digunakan harus efisien, bernilai ekonomis tinggi dan praktis, baik untuk mencegah terbentuknya limbah yang dapat membahayakan lingkungan dan untuk melestarikan sumber bahan baku sebanyak mungkin. Energi yang digunakan juga harus digunakan secara efisien, tidak hanya untuk mengurangi biaya, tetapi untuk mencegah terbentuknya senyawa lain yang mengakibatkan terbentuknya penumpukan karbon dioksida di atmosfer dari pembakaran bahan bakar fosil. Air harus dikonsumsi dalam jumlah berkelanjutan yang tidak menyebabkan penurunan kualitas sumber air atau kuantitas cadangan jangka panjang. Emisi air tidak boleh berbahaya bagi lingkungan dan terbentuknya limbah padat juga harus dihindari. Akhirnya, semua aspek kegiatan industri harus menampilkan praktek kesehatan dan keselamatan yang baik.

7.4 Teori Dasar dan Pendukung Teknik Kimia

Teori Dasar bidang teknik kimia mencakup pengetahuan tentang neraca massa, neraca energi, peristiwa perpindahan massa, energi, momentum, reaksi kimia, termokimia, dan termodinamika. Hal yang paling mendasar juga mencakup bidang:

1. Neraca Massa dan Neraca Energi

Perhitungan terhadap massa dan energi dari aliran bahan yang masuk dan keluar dalam aliran proses harus dilakukan pada setiap sistem proses seperti reaktor. Perhitungan yang dilakukan mencakup neraca massa dan panas. Pada neraca massa jumlah bahan yang masuk harus sama dengan yang keluar dengan mempertimbangkan massa yang bereaksi akibat adanya proses tersebut.

Neraca massa untuk sistem tanpa reaksi kimia akan berbeda dengan neraca massa untuk sistem dengan reaksi kimia seperti pada reaktor, karena proses dengan reaksi kimia

terjadi karena pembentukan produk sehingga massa produk yang terbentuk akan berpengaruh dalam perhitungan neraca massa. Neraca energi sangat bergantung pada neraca massa, karena sebuah sistem proses tidak hanya dipengaruhi oleh bahan yang terlibat dalam proses, melainkan juga oleh jumlah energi yang dibutuhkan untuk melangsungkan proses kimia tersebut. Sama halnya dengan neraca massa, prinsip kerja neraca panas atau energi adalah jumlah energi yang masuk proses harus sama dengan jumlah energi yang keluar proses.

2. *Teknik Reaksi Kimia (Chemical Reaction Engineering, CRE)*, yakni:

Teknik reaksi kimia juga dikenal sebagai kinetika reaksi, adalah studi tentang laju proses kimia. Bidang ini sangat berhubungan sebuah reaksi kimia dan proses yang terjadi dalam berbagai jenis reaktor, baik yang dioperasikan secara *batch* maupun *continue*. Memahami terkait teknik reaksi kimia sangat bermanfaat dalam merancang reaktor yang sesuai untuk proses sehingga kinerja reaktor dapat dioptimalkan. Data dan parameter kondisi proses ditetapkan, sesuai kondisi operasi yang optimal.

3. *Reaktor Ideal*;

Reaktor adalah peralatan atau struktur di mana proses kimia, biologi dan fisik berlangsung dengan sengaja, sengaja dan terkendali. Ada beberapa faktor penting yang menentukan pilihan reaktor untuk proses tertentu. Secara umum, pilihan tergantung pada biaya produktivitas yang telah ditentukan dalam spesifikasi produk. Hal ini termasuk biaya yang terkait dengan substrat, pemrosesan hilir, tenaga kerja, penyusutan, biaya *overhead* dan pengembangan proses.

4. Keseimbangan reaksi:

Dalam reaksi kimia, keseimbangan kimia adalah keadaan di mana kedua reaktan dan produk hadir pada konsentrasi yang tidak memiliki kecenderungan lebih lanjut untuk berubah seiring waktu (Soustelle, 2015).

5. Peristiwa Perpindahan

Banyak aplikasi industri memerlukan pemodelan dan studi fenomena transportasi. Dinamika fluida, perpindahan panas, dan perpindahan massa semuanya dipengaruhi oleh perpindahan momentum, perpindahan energi, dan transpor spesies kimia, yang semuanya diatur oleh transfer momentum, transfer energi, dan transportasi spesies kimia.

6. Desain Pabrik:

Pada bidang desain pabrik sangat dibutuhkan data-data operasi yang akurat, agar dapat mempertimbangkan optimalisasi proses dan juga kinerja industri. Bidang Teknik Kimia sangat fokus pada *planning*, spesifikasi, dan analisa pabrik atau peningkatan untuk mendapatkan pabrik baru. Faktor yang memiliki peran penting dalam perancangan pabrik seperti pendanaan, peraturan pemerintah, dan standar keselamatan, karena hal ini akan berpengaruh pada pemilihan metode proses produksi, bahan baku, dan peralatan yang digunakan.

7. Desain Proses:

Desain proses kimia meliputi desain satuan operasi dan satuan proses. Unit operasi yang terdiri dari sistem peralatan yang digunakan untuk memberikan reaksi secara fisik pada bahan yang akan diolah, dan satuan proses merupakan peralatan yang melibatkan reaksi kimia. Sistem operasi dipilih adalah yang sesuai dengan bahan mentah yang akan diproses, proses pemurnian dan pemisahan produk, serta proses mendaur ulang hasil samping tanpa mengubah sifat kimia bahan mentah (Tissue, 2013).

7.5 Penerapan Teknik Kimia dalam berbagai bidang

Teknik kimia paling sering ditemukan di pabrik skala besar, di mana tujuannya adalah untuk memaksimalkan produktivitas dan kualitas produk sambil meminimalkan biaya. Industri kedirgantaraan, otomotif, biomedis, elektronik, lingkungan, medis,

dan militer menggunakan teknik kimia untuk mengembangkan dan meningkatkan produk teknis, seperti:

1. Serat, kain, dan perekat ultrastrong untuk kendaraan
2. Bahan biokompatibel untuk implan dan prostetik
3. Film untuk perangkat optoelektronik

Disiplin ilmu teknik kimia mempengaruhi berbagai bidang teknologi. Secara umum, ilmu teknik kimia dapat diaplikasikan dalam merancang proses untuk memproduksi, mengubah, dan mengangkat bahan - dimulai dengan eksperimen di laboratorium diikuti oleh penerapan teknologi dalam produksi skala besar.

Bidang ilmu teknik kimia sangat diminati karena banyaknya industri yang bergantung pada sintesis dan pemrosesan bahan kimia dan bahan. Selain dapat juga diaplikasikan pada bidang bioteknologi, farmasi, fabrikasi perangkat elektronik, dan teknik lingkungan. Bidang ini erat kaitannya dan melibatkan transformasi kimia atau fisik materi.

DAFTAR PUSTAKA

- Garfin, D. E. 2000. *Separation Science and Technology, Volume 2*. Academic Press.
- Haan, A., Eral. H. & Schuur, B. 2020. *Industrial Separation Processes: Fundamentals*. Berlin. Boston: De Gruyter.
- Humphrey, J.L, A.F. Segibert, and R.A. Koort. 1991. *Separation Technologies: Advances and Priorities*. Washington, D.C: U.S. Department of Energy.
- Kumoro dan Hadiyanto. 2000. *Absorpsi Gas Karbondioksida dengan Larutan Soda Api dalam Unggun Tetap*. Forum Teknik.
- Mahmoud, E, H., 2006. *Process Integration in Process System Engineering*. Series Volume 7: Elsevier.
- Nevers, N. D., 2012. *Physical and Chemical Equilibrium for Chemical Engineers*. 2nd Ed ed. Hoboken, N.J: Wiley.
- Rubinson, K. A. a. J. F. R., 2007. *Chemical Equilibria*. Limited ed. s.l.:Pearson Education.
- Soustelle, M., 2015. *Chemical Equilibria*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Tissue, B. M., 2013. *Basics of Analytical Chemistry and Chemical Equilibria*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc
- Schweitzer, P. 1988. *Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers, 2d ed*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Shreve, R. N., and G. T. Hatch. 1984. *Chemical Process Industries, 5th ed*. New York: McGraw-Hill.
- Smith, R., 2005. *Chemical Process Design and Integration*. New York: McGraw-Hill.
- <https://www.acs.org/careers/chemical-sciences/areas/chemical-engineering.html>

BAB 8

KONSEP TEKNIK INDUSTRI

Oleh Monita Rahayu

8.1 Pendahuluan

Sejak dahulu, permasalahan sering terjadi pada kehidupan manusia baik yang disebabkan oleh tidak dapat terpenuhinya kebutuhan hidup maupun hal lain yang berkaitan dengan cara seseorang untuk dapat bertahan dalam hidupnya. Pada awalnya manusia menggunakan batu sebagai peralatan kerja. Seiring dengan perkembangan teknologi alat-alat tersebut mengalami perbaikan yang terus menerus untuk peningkatan kualitas hidupnya. Dengan cara *trial & error* manusia melakukan seleksi alat yang sesuai dengan mereka untuk keperluan kerja. Pada saat ini, perbaikan yang dilakukan tidak hanya untuk meningkatkan produksi tetapi juga dapat mencari solusi dari masalah yang terjadi.

Disiplin teknik industri berawal pada masa revolusi industri 1760-1850. Saat revolusi industri terjadi perubahan proses manufaktur terjadi secara signifikan. Akibat dari revolusi ini banyak orang yang berusaha mencari prinsip-prinsip organisasi dan manajemen produksi yang tepat dan akan digunakan pada sebuah manufaktur. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan dari setiap individu tentunya mendorong setiap manufaktur untuk dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam bisnisnya sehingga hal ini yang menjadi pendorong berdirinya disiplin teknik industri.

8.2 Sejarah Teknik Industri

Terdapat beberapa tokoh dalam sejarah teknik industri (Amri, 2014), antara lain:

Adam Smith dalam bukunya berjudul *The Wealth of Nation* pada tahun 1776 membuat gagasan perancangan proses produksi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan tenaga kerja.

Charles Babbage adalah seorang pionir yang mengembangkan konsep teknik industri mengenai pembagian

kerja untuk meningkatkan produktivitas diungkapkan dalam karya berjudul *On Economy of Machinery and Manufacturers* Tahun 1932

Pada tahun 1886, Henry Towne membuat tulisan yang berjudul *The Engineers as Economist* yang dipublikasikan pada *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*. Beliau memfokuskan pentingnya insinyur mempertimbangkan profitabilitas dari keputusan yang diambil.

Frederick Winslow Taylor (Bapak Teknik Industri) Tahun 1874, memperkenalkan gagasan *Scientific Management* yang mewajibkan *engineers* bertanggung jawab atas perancangan, pengukuran, perencanaan, penjadwalan, maupun pengendalian kerja. Pada tahun 1881, Taylor melakukan studi tentang pemotongan baja selama 25 tahun dan dipublikasikan di *Transactional of The American Society of Mecanical Engineers* pada tahun 1907 yang merupakan karya terpanjang. Konsep Taylor terkait dengan peningkatan efisiensi dan produktivitas kerja dengan fokus pada perbaikan metode kerja, pengurangan waktu kerja dan dan mengembangkan standar kerja.

Frank Bunker Gilberth tahun 1868 memperkenalkan analisis gerakan yang disebut *Micromotion Studies* pada pertemuan *American Society of Mecanical Engineers (ASME)*. Elemen gerakan dasar berjumlah 17 gerakan dasar yang saat ini terkenal dengan gerakan THERBLIG (Fajrah *et al.*, 2023).

Henry Gantt mengembangkan prosedur penjadwalan rencana kerja. Selain itu, masih terdapat tokoh lain yang berkontribusi dalam bidang ini, seperti: L.P. Alford, Arthur C. Anderson, W. Edward Deming, Eugene L. Grant, Robert Hoxie, Joseph Juran, Marvin E. Mundel dan Walter Shewart.

8.3 Definisi Teknik Industri

Teknik industri (*industrial engineering*) merupakan gabungan dua (2) kata, yaitu *engineering* (rekayasa) dan *industrial*. Rekayasa adalah penerapan ilmu pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahan yang terjadi dan meningkatkan kualitas hidup, sementara *industrial* merujuk pada praktek dalam dunia manufaktur dengan melakukan produksi baik barang ataupun jasa.

Menurut *Institute of Industrial Engineering* (IIE), Teknik Industri adalah disiplin ilmu yang terkait dengan perancangan energi dan sistem yang terintegrasi dengan manusia.

Teknik industri adalah suatu teknik yang mencakup bidang desain, perbaikan dan dipergunakan dari sistem integral yang melibatkan manusia, peralatan, bahan, energi dan informasi.

Menurut *American Institute of Industrial Engineering* (AIIE), Teknik industri atau *industrial engineering* adalah kegiatan rancangan (desain), perbaikan dan pengaturan sistem integral yang terdiri dari manusia, bahan dan peralatan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan pengetahuan khusus dan bidang keahlian matematika, fisika, ilmu sosial bersama-sama dengan metode-metode analisis dan perancangan teknis, meramalkan dan mengevaluasi hasil yang dicapai dari sistem tersebut.

Aktivitas yang dikerjakan oleh Teknik Industri menurut *American Institute of Industrial Engineering* (AIIE) (Tim Dosen, 2009) adalah:

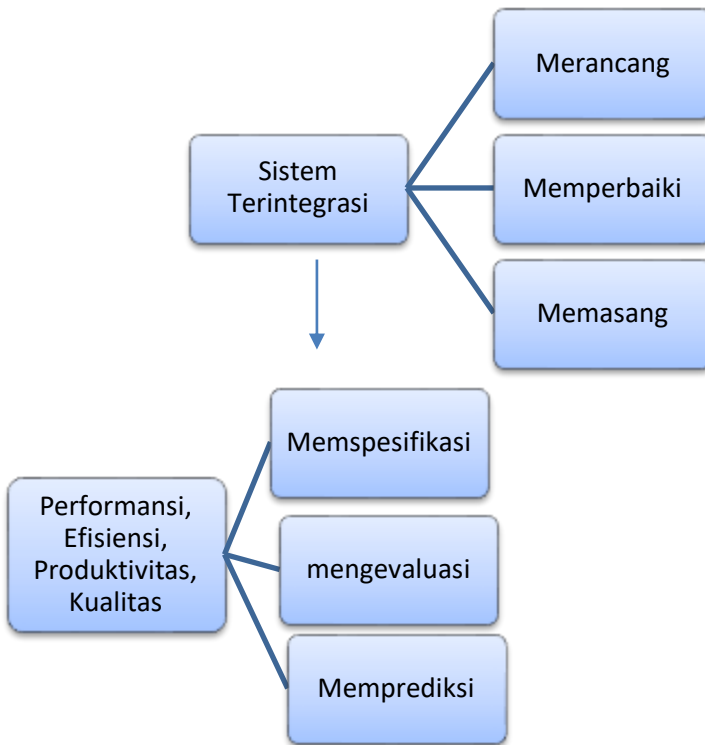
1. Perencanaan serta pemilihan metode kerja yang efektif dan efisien dalam proses produksi.
2. Pemilihan dan desain perkakas kerja beserta peralatan yang diperlukan dalam keberlangsungan proses produksi.
3. Perancangan fasilitas pabrik yang melibatkan perencanaan tata letak fasilitas produksi, peralatan pemindahan bahan dan penyediaan fasilitas untuk penyimpanan bahan baku atau produk jadi.
4. Perancangan dan peningkatan sistem perencanaan dalam pengawasan distribusi barang atau jasa, pengelolaan persediaan, pengendalian kualitas dan kehandalan.
5. Pengembangan sistem pengendalian biaya produksi, seperti pengendalian biaya, analisa biaya dan penetapan standar biaya produksi.
6. Penelitian, pengembangan serta inovasi produk.
7. Perancangan dan pengembangan sistem evaluasi kinerja berdasarkan standar kerja.
8. Pengembangan dan implementasi sistem pemberian upah serta insentif.
9. Perencanaan dan pengembangan struktur organisasi, serta prosedur pemrosesan data.

10. Analisis lokasi dengan memperhitungkan potensi pasar, ketersediaan bahan baku, pasokan tenaga kerja, dan sebagainya.
11. Kegiatan riset operasi yang dilakukan dengan analisa matematika, sistem simulasi, program linier dan teori pengambilan keputusan untuk mendukung proses pengambilan keputusan.

Teknik industri adalah implementasi praktis dari perpaduan bidang teknik dengan prinsip-prinsip manajemen ilmiah. Teknik industri secara sistematis merencanakan proses kerja dengan melakukan perancangan dan penerapan metode, praktek serta pengetahuan rekayasa dalam industri baik yang berfokus pada produk maupun jasa (Fajrah *et al.*, 2023). Teknik industri menitikberatkan pada pemahaman terhadap pekerja dan memahami kebutuhan pekerja untuk meningkatkan dan memperbaiki aktivitas produksi dan jasa (Baudin and Netland, 2023). Kegiatan Teknik Industri mencakup:

1. Perencanaan pekerjaan untuk mengidentifikasi metode yang paling efisien dalam melaksanakan tugas tersebut.
2. Menetapkan standar kinerja dan kriteria evaluasi untuk kualitas, kuantitas dan biaya.
3. Merancang dan instalasi fasilitas.

Pada dasarnya ilmu teknik industri adalah sistem yang terintegrasi. Sistem Terintegrasi dari teknik industri dapat dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 8.1. Kompetensi Sistem Terintegrasi

Sesuai dengan konteks industrialisasi, sistem terintegrasi ini akan meningkatkan produktivitas. Produktivitas dipengaruhi oleh:

1. Efisiensi
2. Efektivitas
3. Kualitas dari setiap langkah perusahaan

Selanjutnya produktivitas akan dipadukan dengan perbaikan yang berkelanjutan (inovasi) dan kualitas kehidupan kerja (kepuasan dan kebahagiaan kerja) yang dirasakan oleh pekerja, yang akan berdampak pada peningkatan keuntungan.

Objek dan keilmuan dari teknik industri dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 8.1. Objek dan Keilmuan Teknik Industri

Objek	Komponen	Keilmuan	Kinerja
Stasiun Kerja	Manusia, Mesin, Bahan	Ergonomi, Ekonomi Teknik, Psikologi Industri	Produktivitas, Efisiensi
Manufaktur	Manusia, Mesin, Bahan	Persediaan, PPC, Pengendalian Kualitas, Perancangan Tata Letak, QR dan Modelling	QCD (Quality Cost Delivery)
Perusahaan	Tenaga Kerja, Fasilitas, Bahan	Manajemen, Kepemimpinan, Ilmu Perilaku	ROI, IRR, ROE
Sistem Industri	Tenaga Kerja, Bahan, Infrastruktur	Kebijakan, Pendekatan, Sistem	Kualitas, Kesejahteraan

Sumber: (Tumanggor, 2020)

8.4 Hubungan Antar Berbagai Ilmu yang Melahirkan Teknik Industri

Teknik industri di dahului oleh lahirnya *Scientific Management*, yaitu manajemen didasarkan pada penelitian, percobaan dan perhitungan ilmiah. Teknik industri pada tahun 1980-an berevolusi menjadi teknik sistem dan industri karena pesatnya teknologi komputer. Pada dasarnya teknik industri mengambil pendekatan melalui dua (2) sisi, yakni pendekatan ilmu pengetahuan alam dan pendekatan sosial seperti filosofi manajemen, psikologi dan ilmu sosial lainnya. Untuk lebih jelas hubungan teknik industri dengan ilmu-ilmu lain dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 8.2. Hubungan Antara Teknik Industri Dengan Ilmu-Ilmu Lain

Sumber: (Nasrullah and Suryadi, 1997)

8.5 Pendekatan Teknik Industri

Tekniki industri menuntut pemahaman, keterampilan dan pendekatan berbagai disiplin ilmu. Berikut beberapa keterampilan yang diperlukan oleh para praktisi Teknik Industri (Fajrah *et al.*, 2023):

1. Pemahaman bahasa teknik seperti: menggambar teknik, spesifikasi dan lainnya. Untuk awal setiap produk melewati fase perancangan teknik dengan detail yang digambarkan. Dari hasil rancangan gambar produk yang dibuat akan didapatkan rancangan *Bill of material* (BOM) dengan informasi detail lainnya yang harus dibuat seperti aktivitas

rakitan, sub rakitan dan bagian-bagian komponen dari penyusunnya, menentukan mesin yang digunakan untuk memproduksi bagian-bagian komponen, merancang rantai pasok.

2. Pemahaman proses fisika, pengetahuan tentang hukum fisika dasar, proses fisik yang mempengaruhi operasi mesin, perawatan, kualitas dan efisiensi, serta kinerja manusia dan ergonomi yang terkait. Teknik industri harus dapat mengidentifikasi masalah pada jalur produksi dan menggunakan prinsip ergonomi untuk merancang solusi stasiun kerja yang bermasalah.
3. Pengetahuan tentang ekonomi dan manajemen keuangan. Teknik industri juga berkontribusi pada keuntungan suatu perusahaan. Pengambilan keputusan operasional yang berhubungan dengan keputusan investasi, pengaruh suku bunga dan perpajakan menjadi masalah yang harus diselesaikan oleh teknik industri. Pada bagian produksi Teknik industri harus mengambil keputusan apakah akan memproduksi sendiri suatu komponen pembentuk produk atau harus membeli dari pihak lain. Untuk komponen yang dibeli dari pihak lain, maka harus selektif dalam menentukan pemasok yang tentu saja memperhatikan aspek biaya dan kualitas.
4. Pemahaman matematika dan model statistika. Teknik industri perlu menentukan aturan sistem produksi seperti ukuran *batch* produksi pada suatu mesin dengan waktu *set up* yang lama dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi satu item. Untuk mengatasi masalah persediaan yang besar dan mahal, maka dapat dilakukan model matematis seperti permintaan acak atau menggunakan model statistik untuk menentukan ukuran setiap *batch*.
5. Pemahaman tentang pengelolaan sumber daya manusia. Sumber daya manusia sebagai pusat dari suatu industri dan seorang teknisi industri harus dapat merancang proses organisasi. Contoh: desai tugas, desain tempat kerja (ergonomis), penjadwalan *shift* kerja, penentuan insentif, dll.

6. Pemahaman terhadap sistem informasi menggunakan komputer. Perusahaan mengelola dan menghasilkan sejumlah besar informasi selama melaksanakan aktivitas bisnisnya pada tiap harinya. Aktualisasi data terkait inventaris, pesanan, kualitas, produksi, pengiriman, tenaga kerja, pemeliharaan, penjualan, pembayaran, dan sebagainya menjadi sangat krusial. Efisiensi operasional perusahaan tidak dapat tercapai tanpa adanya data yang tersimpan dan diakses secara optimal melalui sistem informasi terkomputerisasi.
7. Pengetahuan mengenai konsep pemodelan. Pemodelan sering dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan yang bersifat rutin dan berulang.

8.6 Organisasi Teknik Industri

Organisasi yang berkontribusi terhadap berdirinya disiplin ilmu Teknik industri (Amri, 2014) antara lain:

1. Tahun 1912 berdiri organisasi *The Efficiency Society* dan *The Society to Promote the Science of Management*.
2. Tahun 1915 didirikan *The Taylor Society* yang merupakan penggabungan kedua organisasi sebelumnya. Tujuan dari organisasi ini adalah mengembangkan prinsip-prinsip manajemen umum dikemukakan oleh Frederick Winslow Taylor.
3. Tahun 1917 berdiri *Society Of Industrial Engineers (SIE)*, organisasi ini didirikan untuk memberikan wadah bagi para spesialis produksi dan manajer sebagai perbandingan terhadap filosofi manajemen umum.
4. Tahun 1922 berdiri *The American Management Assosiation (AMA)*
5. Tahun 1932 berdiri *The Society of Manufacturing Engineer (SME)*. Tujuan dari organisasi ini adalah untuk meningkatkan pemahaman di bidang teknik manufaktur dan menggunakan sumber daya organisasi untuk riset, penulisan, publikasi serta penyebarluasan informasi.
6. Tahun 1936 terbentuk *The Society for Advancement Management (SAM)* yang merupakan gabungan dari

organisasi *The Taylor Society* dan *Society Of Industrial Engineers* (SIE).

7. Tahun 1948 berdiri *The American Society of Industrial Engineers* (AIIE).
8. Tahun 1908 Pennsylvania State University membuka Program Studi Teknik Industri untuk pertama kali.
9. Tahun 1958 Pendidikan Teknik Industri di Indonesia diperkenalkan oleh Bapak Matthias Aroef setelah beliau menyelesaikan studi di Cornell University.
10. Tahun 1960 ITB membuka sub jurusan teknik produksi di jurusan teknik mesin, sebagai embrio berdirinya teknik industri di Indonesia.
11. Tahun 1971 berdiri jurusan Teknik Industri yang terpisah dari teknik mesin yang menjadi awal pendidikan teknik industri di Indonesia.
12. Tahun 1967 berdiri Persatuan Ahli Teknik Industri (Persati)
13. Tahun 1981 terbentuk organisasi internasional *Institute of Industrial Engineers* (IIE) dan membuka program studi teknik industri. Pada awalnya organisasi ini berdiri dengan dukungan 70 negara AIIE.
14. Tahun 1987 berdiri Ikatan Sarjana Teknik Industri dan Manajemen Industri Indonesia (ISTMI)

DAFTAR PUSTAKA

- Amri. 2014. *Pengantar Teknik Industri*. 1st edn, *Pengantar Teknik Industri*. 1st edn. Aceh: Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Available at: [https://repository.unimal.ac.id/675/1/08-Ebooks-Bahan Ajar Pengantar Teknik Industri-Ir.AMRI-2014.pdf](https://repository.unimal.ac.id/675/1/08-Ebooks-Bahan-Ajar-Pengantar-Teknik-Industri-Ir.AMRI-2014.pdf).
- Baudin, M. and Netland, T. 2023. *Introduction to Manufacturing: An Industrial Engineering and Management Perspective*. New York: Routledge Taylor & Francis Group.
- Fajrah, N. *et al*. 2023. *Pengantar Teknik Industri*. 1st edn. Edited by A. Lawi. Bandung: Widina Media Utama. Available at: [https://repository.penerbitwidina.com/media/publications /563599-pengantar-teknik-industri-0873b26f.pdf](https://repository.penerbitwidina.com/media/publications/563599-pengantar-teknik-industri-0873b26f.pdf).
- Nasrullah, R. and Suryadi. 1997. *Pengantar Teknik Industri*. 1st edn. Edited by Quadrata. Bandung: Gunadarma.
- Tim Dosen. 2009. *Buku Ajar Pengantar Teknik dan sistem Industri, Fakultas Teknik Universitas Wijaya Putra*. Available at: <http://digilib.uwp.ac.id/digilib/files/disk1/1/--timpengaja-18-1-penganta-i.pdf> (Accessed: 8 November 2023).
- Tumanggor, A.H.U. 2020. *Buku Ajar Pengantar teknik Industri* . 1st edn. Edited by R.N. Briliant. Purwokerto: Pena Persada.

BAB 9

PROFESI DAN KARIR DI BIDANG ENGINEERING

Oleh Sahat Dapottua Sitompul

9.1 Perkembangan Awal Disiplin Teknik

Engineering dan *science* selain melengkapi dan berkembang dengan paralel walaupun tidak selalu sejalan. *Science* fokus untuk pengembangan ilmu pengetahuan dasar, sementara *engineering* fokus pada ilmu pemecahan berbagai permasalahan atau problema yang ada, serta usaha untuk membentuk “hidup yang lebih baik”. Faktanya, ilmu pengetahuan dapat diungkapkan setelah dipraktekkan atau dapat. Dalam usaha *problem solving*, orang *engineering* memberikan *feedback* kepada ilmuwan seperti wilayah yang membutuhkan *new science*. Walaupun “*science*” dan “*engineering*” masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda dan dinyatakan sebagai disiplin yang berbeda dalam beberapa kasus seorang ilmuwan dan orang teknik dapat saja orang yang sama. Ini terjadi ketika dulu hanya terdapat sedikit sekali komunikasi tentang ilmu pengetahuan dasar. Orang yang menemukan ilmu tersebut akan langsung agar ilmu tersebut dapat digunakan.

Kronologi perkembangan ilmu ini tidak dapat dijelaskan dengan lengkap dalam buku ini. Pembaca yang tertarik dapat membaca buku “*The Ancient Engineers*” oleh de Camp dengan lengkap menjelaskan dan mengilustrasikan beberapa perkembangan ilmu pengetahuan di masa lalu. Kita sering kali berpikir bahwa kesuksesan-kesuksesan seperti Piramid, Tembok Besar Cina, bangunan-bangunan Romawi, dan lain sebagainya sebagai contoh kesuksesan ilmu teknik di masa lampau.

Masing-masing contoh diatas merupakan salah satu hasil yang menakjubkan dari penerapan ilmu pengetahuan. Namun

seringkali keberhasilan-keberhasilan lainnya kurang disadari. Bidang miring, busur, roda, paku, kincir angin, layar merupakan usaha orang teknik untuk menyediakan hidup yang lebih baik. Hampir semua pengembangan ilmu teknik merupakan perluasan menghadapi fenomena fisik, seperti pergeseran, pengangkatan, penyimpanan, pengangkutan, pembangunan dan pengikatan. Pengembangan ilmu selanjutnya mulai terfokus pada fenomena kimia dan molekul serta proses-proses kimia lainnya.

Kontribusi matematika yang sangat penting lainnya adalah kemampuan untuk merepresentasikan realita dalam bentuk abstrak. Model matematis dari sistem yang kompleks dapat dimanipulasi sehingga sehubungan antar variabel dalam sistem dapat dimengerti. Salah satu hubungan ini mengatakan bahwa sisi miring dari sebuah sudut siku-siku merupakan akar dari penjumlahan kuadrat dua sisi sudut siku-siku merupakan abstrak untuk merepresentasikan sistem fisik yang kompleks merupakan latar dasar dalam ilmu teknik. Dalam perjalanan terdapat juga perkembangan-perkembangan yang tidak berhasil.

Ketidakberhasilan perkembangan tersebut berhubungan dengan sifat dari ilmu pengetahuan itu sendiri? Pengertian sifat-sifat manusia berada di luar perkembangan dunia matematika, fisika dan ilmu kimia. Ini penting bagi Teknik Industri, karena sistem yang dirancang oleh Teknik Industri merupakan faktor manusia sebagai salah satu komponen dasar. Kurang berkembangnya ilmu sosial menjadi salah satu halangan bagi orang Teknik Industri dalam usahanya untuk membentuk sistem yang optimal.

9.2 Era Modern

Era modern Disiplin Keteknikan/Engineering dimulai pada tahun 1750, walaupun telah terdapat banyak perkembangan antara tahun 1400 sampai 1750. Kita memilih 1750 sebagai permulaan era modern karena:

1. Pada abad 18 di negara Perancis pertama kali Sekolah teknik berdiri.

2. Tahun 1950 pertama kali istilah Teknik Sipil pertama kali digunakan

Metode atau ilmu keteknikan telah digunakan untuk pembangunan jalan dan jembatan serta untuk pertahanan merupakan awal penerapan ilmu keteknikan. Karenanya pada saat itu metode atau ilmu keteknikan disebut sebagai *military engineering*. Sementara itu teknik sipil disebutkan karena ilmunya diaplikasikan pada proyek-proyek non militer. Perkembangan hubungan antara ilmu fisika dan matematika mendorong tumbuhnya penerapan prinsip-prinsip mekanik. Penemuan mesin uap yang sangat bermanfaat dalam kehidupan manusia merupakan salah satu perkembangan penerapan ilmu keteknikan.

Sekitar tahun 1700 setelah mesin ditemukan, diperlukan perlengkapan-perengkapan mekanis atau sparepart yang dapat dikembangkan. Usaha ini menyebabkan teknik mesin dianggap sebagai salah satu cabang ilmu yang berada pada awal abad 19. Listrik dan magnet yang ditemukan pada abad 19 merupakan salah satu perkembangan dari pekerjaan awal prinsip-prinsip keteknikan. Walaupun sudah banyak ilmuwan yang mengetahui listrik dan magnet, pengertian tentang fenomena ini belum dimengerti sampai dilakukannya pertengahan abad berikutnya, ilmuwan Jerman dan Perancis baru mulai mengerti dasar-dasar dari ilmu listrik.

Samuel Morse menemukan pesawat Telegram yang merupakan aplikasi ilmu-ilmu listrik sekitar tahun 1840. Penemuan bola lampu oleh Thomas A. Edison (1880). Sementara perkembangan lainnya adalah digunakannya listrik untuk tujuan penerangan. Selanjutnya transmisi dan penggunaan listrik terjadi perkembangan yang sangat cepat, untuk penghematan tenaga listrik orang-orang yang melakukan aktivitas kelistrikan disebut sebagai ahli teknik listrik.

Bersamaan dengan perkembangan teknologi dan listrik berkembang juga pengertian, substansi dan properti masing-masing teknologi tersebut. Pengetahuan kimia memperhatikan sifat-sifat suatu benda dan mempelajari bagaimana caranya membentuk perubahan sistem benda tersebut. Minyak bumi

dibutuhkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan mesing-mesin dikembangkan.

Perkembangan perlengkapan mekanik sangat cepat sehingga kebutuhan minyak pelumas sangat banyak. Pembangunan rumah dari bahan logam berkembang sehingga pabrik memproduksi logam didirikan untuk memenuhi dibutuhkan konsumen. Selanjutnya ahli teknik kimia melakukan pengembangan bahan-bahan sintetis yang digunakan untuk beberapa fungsi dimana tidak dapat dipenuhi oleh material aslinya.

Dengan berkembangnya industri-industri yang berhasil menemukan inovasi-inovasi baru, jumlah dan kompleksitas manufaktur berkembang dengan cepat. Untuk itu mulai dikembangkan rancangan proses produksi secara massal. Metode ini diterapkan atau dirancang karena:

1. Kesanggupan untuk saling menukar atau mengganti setiap material yang rusak dengan spare part yang tersedia.
2. Adanya skill atau keterampilan khusus setiap tenaga kerja

Dengan adanya *mass production* (produksi massal) berhasil dilakukan penekanan biaya produksi secara besar-besaran. Lapangan kerja berkembang dengan sangat cepat dalam kehidupan dan budaya negara-negara industri.

Sekitar setengah abad, Amerika dan negara-negara berkembang lainnya berubah secara besar-besaran, dari negara agraris menjadi negara industri, perubahan besar-besaran inilah yang menimbulkan berbagai masalah seperti masalah polusi dan kemacetan. Selama awal-awal perubahan, bisnis dan manajemen toko-toko kecil sederhana dapat berjalan dengan baik, tidak demikian halnya dengan organisasi manufaktur yang semakin besar dan kompleks. Kebutuhan untuk mengembangkan sistem manajemen yang lebih baik mendorong untuk munculnya kebutuhan akan apa yang kita sebut sebagai Teknik Industri. Perkembangan ini selanjutnya akan lebih detail dijelaskan pada bab-bab selanjutnya.

Kelima disiplin teknik yang paling utama, (sipil, kimia, listrik, dan mesin merupakan cabang dari listrik pada Perang Dunia I) perkembangan ini merupakan bagian dari revolusi industri yang

terjadi di dalam dunia dan merupakan awal dari revolusi teknologi yang sampai ini masih berlangsung. Setelah Perang Dunia II, berkembang disiplin-disiplin teknik lainnya seperti teknik elektro, teknik penerbangan, dan teknik komputer.

Pemikiran terhadap angkasa luar telah mendorong terciptanya teknik astronot. Belakang ini juga telah terbentuk teknik lingkungan biologi. Disiplin-disiplin baru ini merupakan salah satu spesialisasi kelima disiplin ilmu teknik yang utama.

9.3 Proses Ilmu Keteknikan (*Engineering*)

Karakteristik yang dapat membedakan *engineer* yang profesional lainnya, adalah aktivitas-aktivitas umum antara lain:

1. Engineer dapat memecahkan masalah, sama halnya dengan latar belakang ilmu matematika
2. Engineer menganalisis, demikian begitu juga dengan ilmuwan latar belakang disiplin ilmu statistik dan ilmu ekonomi
3. Ilmuwan Teknik merancang sistem, apakah disiplin ilmu yang lainnya juga ?

Tapi seseorang arsitek dapat juga menyatakan diri telah mendesain suatu sistem, yang disebut sebagai sistem bangunan. Untuk menyelesaikan desain sebuah bangunan dibutuhkan pengetahuan tentang material dan tenaga kerja. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa seorang arsitek yang sebenarnya yang dapat mendesain bangunan. Arsitek yang tidak memiliki latar belakang yang mendasar teknik-teknik harus bergantung pada orang-orang teknik lainnya untuk menyelesaikan pekerjaan mereka.

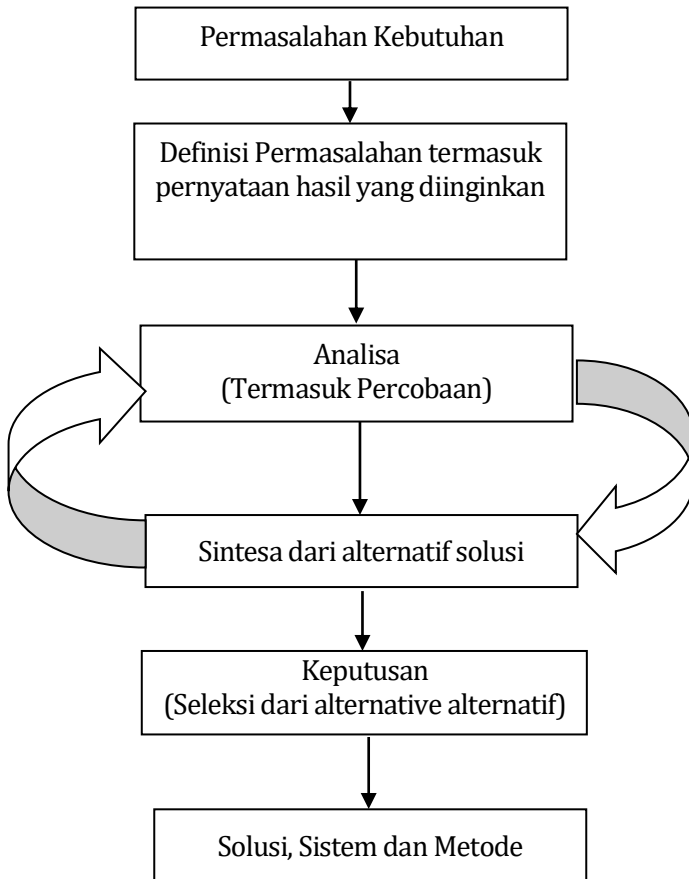
Berdasarkan kerangka kerja yang telah dikembangkan kita dapat mengatakan bahwa karakteristik yang dapat membedakan orang teknik ialah perhatiannya dalam merancang sebuah sistem.

Apa yang dimaksud dengan rancangan? Sebenarnya rancangan/desain adalah sekumpulan kreativitas yang diangkat dari berbagai ide atau gambaran dapat diangkat dari sebuah pengalaman Sintesa merupakan sebuah pengertian yang hampir sama dengan desain. Mungkin kita dapat mengembangkan pengertian desain dengan mendiskusikan kata sintesa dan analisa. Analisa mempertimbangkan bagaimana mengambil sebuah

keputusan sesuai dengan elemen-elemen dasarnya, sementara sintesa adalah perpaduan dari elemen-elemen menjadi kombinasi yang baru. Ketika seorang siswa teknik mempelajari ilmu statistika mereka belajar banyak soal analisa. Contohnya ketika mereka diberikan sebuah balok dengan segala perlengkapannya (ukuran, materi, titik berat, dan lain-lain) dan mereka diperintahkan untuk menganalisa balok tersebut sesuai dengan hubungannya dengan karakteristik pembenanya.

Mungkin saja analisisnya adalah bahwa balok tersebut akan mampu menahan beban maksimum seberat 100 ton. Itu hanya salah satu jawaban atas pertanyaan yang menyangkut analisa. Sekarang ini mari kita perhatikan jenis pertanyaan yang berbeda. Misal anda memperhatikan untuk mendesain sebuah balok yang mampu menahan beban sebesar 100 ton dengan demikian tidak hanya terdapat satu jawaban untuk persoalan desain tersebut diatas. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa analisa selalu memperhatikan sistem yang telah ada, sedangkan sintesa biasanya selalu berhubungan dengan pengembangan-pengembangan sistem baru. Proses engineering berhubungan dengan analisa maupun sintesa.

Gambar 9.1 merupakan ilustrasi dari proses engineering. Semua proses ini digunakan oleh semua orang teknik, seperti sipil, kimia, elektro industri, mesin dan lain-lain. Pembahasan yang berkaitan dengan teknik industri kaitannya dengan proses ini akan didiskusikan pada bab selanjutnya. Panah dua yang terdapat pada gambar 9.1 antara 2 blok menggambarkan bahwa analisa dan sintesa mempunyai hubungan yang interaktif dalam proses engineering.



Gambar 9.1. Proses dasar Keteknikan/Engineering

9.4 Tipe Aktivitas Teknik dan Sistem Industri

Tenaga ahli teknik merancang berbagai macam kegiatan pada Perusahaan atau pabrik. Banyak fungsi Teknik Industri terkonsentrasi pada tingkat operasi produksi, merancang sistem manajemen dan berbagai bentuk aktivitas-aktivitas pada tingkat perusahaan. Untuk lebih jelasnya selanjutnya akan diberikan beberapa aktivitas yang termasuk dalam 3 kategori tersebut, yaitu operasi produksi, sistem manajemen dan pelayanan pada tingkat perusahaan.

A. Operasi Produksi

1. Menganalisa produk/jasa yang ditawarkan
2. mengembangkan produk/jasa yang telah ada
3. Mendesign proses dan metode produksi yang paling efisien dan efektif
4. Memilih tools, menentukan derajat otomasi, penggunaan automatic dan sesuainya
5. Mengembangkan lini perakitan
6. Merancang line material yang paling baik serta sistem material handling sesuai lokasi.
7. Menentukan tools lay out yang lebih sesuai dengan lokasi.
8. Merancang gudang bahan baku termasuk fasilitas pendukung, barang dalam proses dan produk jadi
9. Menentukan satuan prosedur operasi (SOP) dan preventive maintenance
10. Menyediakan SOP inspeksi yang sesuai dan fasilitas pengujian
11. Menyediakan tools yang sesuai dengan operasi produksi
12. Mendesign safety untuk pelayanan darurat (*urgent*)
13. Melakukan work study, time study, melakukan pembaharuan sesuai dengan kebutuhan prioritas.
14. Membuat metode recovery study.
15. Melakukan analisa rekayasa nilai, mengurangi biaya dan limbah pada tingkat yang paling memungkinkan
16. Meramalkan tingkat penjualan atau forecasting permintaan
17. Menganalisa kapasitas produksi dan kapasitas terpasang.
18. Mendesign rencana produksi
19. Menganalisa persediaan (*safety stock*)
20. Membuat perencanaan kebutuhan Material (*Material Requirement Planning*)
21. Menjadwalkan operasi produksi
22. Merancang sistem *quality control* dan prosedural pemeriksaan rutin.
23. Pengembangan produksi, persediaan barang dan bahan baku serta penggunaan SDM
24. Merancang SOP pengawasan pekerja di lantai produksi

B. Manajemen Sistem

1. Mendesign sistem informasi manajemen.
2. Mendesain format laporan untuk level manajemen pimpinan
3. Membuat analisa data sesuai dengan yang dibutuhkan
4. Menyediakan feedback kepada tingkat manajemen pimpinan
5. Mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan
6. Menganalisa jaringan komunikasi data dan jaringan komputer atau network.

C. Pelayanan pada Tingkat Perusahaan

1. Menyusun misi dan visi organisasi
2. Membantu lini manajer perusahaan menyusun perencanaan strategis
3. Membantu manajer perusahaan menyusun strategi perusahaan pada tingkat global
4. Mendesign model perusahaan
5. Merancang sistem aktivitas terintegrasi
6. Membuat analisa kapasitas produksi
7. Berpartisipasi untuk analisa keputusan
8. Menyediakan pelayanan pengelolaan proyek
9. Mengimplementasikan konsep manajemen kualitas total dalam organisasi
10. Menerapkan sikap kepemimpinan dalam manajemen sumber daya
11. Membuat studi sesuai dengan analisa dan desain organisasi
12. Membuat analisa atas pengelompokan berbagai fungsi yang merekomendasikan improvisasi tersebut ke manajemen tingkat atas
13. Mengembangkan dan memelihara kebijaksanaan manual
14. Mengembangkan dan memelihara prosedur yang telah ada sesuai dengan semua sistem dan praktek pada semua tingkat manajemen
15. Merancang perhitungan performansi untuk bidang-bidang kunci pada masing-masing unit organisasi
16. Identifikasi faktor pendukung kesuksesan usaha dan menghitung keuntungan masing-masing unit usaha.

17. Menyusun metode dan sistem data operasi setiap unit kerja dan implementasi dari hasil yang didapatkan
18. Membuat spesifikasi prosedur insfeksi
19. Membuat format laporan untuk semua level manajer
20. Merancang model dan sistem konstruksi
21. Melaksanakan simulasi yang sesuai
22. Membuat operasi riset yang sesuai
23. Membuat statistic perusahaan keseluruhan
24. Memperhatikan dinamika alami sistem yang sedang dipelajari dan masukan keistimewaan sistem tersebut dalam solusi yang ditawarkan
25. Mengaplikasikan konsep intelegensi buatan dan sistem pakar yang sesuai

9.5 Etika Profesionalisme

Orang teknik selalu berhadapan dengan keputusan yang sangat luas dalam masyarakat. Desain sebuah proses produksi sering kali berdampak pada lingkungan. Desain dan lokasi pabrik berpengaruh pada lingkungan dan masyarakat sekitarnya. Desain sebuah sistem manajemen berdampak sangat besar pada individu yang bekerja pada organisasi tersebut, kenyamanan, kepekaan mereka pada sesuatu keuangan dan lain-lain.

Timbulnya kemacetan dan keramaian, kebisingan, polusi pabrik bahkan kecelakaan di lingkungan masyarakat sering disebut oleh kesalahan orang teknik yang merancang atau mendesain suatu pembangunan. Sebenarnya orang-orang teknik telah bekerja dengan baik dan tepat dalam menyediakan benda-benda yang dibutuhkan oleh masyarakat. Polusi, kemacetan dan lalu lintas yang ramai pada dasarnya merupakan hasil sampingan dari proses tersebut.

Seorang ahli teknik atau engineer juga memiliki tanggung jawab untuk memastikan daya mampu atau daya beli masyarakat terhadap sebuah rancangan produk. Mereka harus terus memikirkan biaya dan faktor-faktor yang mempengaruhi kesejahteraan masyarakat seperti biaya faktor keselamatan. Sebuah mobil dapat dibuat seaman mungkin untuk pengendaranya, tapi itu akan membutuhkan biaya sebesar \$100.000 dan berat mendekati

14 ton. Walaupun seseorang mampu membeli mobil tersebut, tapi ada beberapa hal yang harus diperhatikan yang sama dengan konsumsi bahan bakar untuk mobil seberat 14 ton tersebut. Seorang engineer juga sering mengalami kontroversi antara kepentingan kliennya dengan masyarakat sekitar. Perusahaan harus dapat memproduksi produk dengan harga-harga yang kompetitif, walaupun desainnya murah mungkin saja produk yang dihasilkan tidak aman atau tidak andal.

Profesi engineering terkenal sangat setia pada etika keprofesionalannya. Orang-orang teknik sekarang sangat pintar dan mengerti kebutuhan masyarakat. Dalam hal ini "*National Society of Profesional Engineer*" telah berhasil membentuk norma-norma etika seorang profesional. Mereka tidak menjawab pertanyaan/kontroversi yang ada tapi mereka menyediakan dasar-dasar yang baik dalam mengatasi berbagai situasi yang mungkin terjadi.

9.6 Lisensi Profesional

Kalau kita setuju bahwa dokter dan pengacara harus melewati sekian banyak ujian sebelum diijikan mempraktekannya ilmunya, mari kita tanyakan hal yang sama pada profesi engineering. Haruskah seorang insinyur teknik sipil pada profesi engineering sebuah jembatan untuk membuktikan pengetahuan mereka? Haruskah seorang ahli teknik aerodynamics mendesain sebuah kapal terbang untuk membuktikan pengetahuan mereka?

Ketika sebuah perusahaan memandang dari sudut baik tidaknya desain sebuah produk, baik itu dari segi keselamatan maupun dampak pada lingkungannya, maka seorang engineer akan dituntut keprofesionalannya. Lisensi seorang engineer hampir mirip dengan profesi registrasi/pendaftaran profesi. Sekitar 50 negara di Columbia dan di 4 negara bagian Amerika Serikat sekarang telah mengikuti hukum registrasi engineering yang berbeda dengan registrasi keprofesionalan yang telah ada. Seorang engineer dapat terdaftar di suatu negara dengan melakukan prinsip-prinsip dasar engineering. Saat ini sedang dilakukan usaha untuk menyeragamkan proses pendaftaran tersebut, walaupun kondisi yang benar-benar sama tidak akan mungkin berhasil dibentuk, pola

atau proses yang biasanya digunakan adalah sebagai berikut : siswa teknik menjalani pelatihan atau *Engineering In Training* (EIT), belajar selama sekian tahun di perguruan tinggi, tamat dan mendapat pekerjaan ini mempraktekan profesinya sebagai seorang engineer selama sekian periode waktu. Selanjutnya melaksanakan ujian tersebut langkah terakhir dalam proses registrasi. Isu yang berkembang saat ini menyatakan perlu dilanjutkannya sertifikasi kemampuan seseorang engineer. Beberapa negara telah mulai menyadari perlunya pembaharuan lisensi keprofesional engineer dokter dan pengacara secara periodik, masih diperdebatkan apakah pembaharuan lisensi dilakukan dengan mengadakan pengujian ulang pada materi baru atau cukup dengan minimal telah melanjutkan pendidikan dan pengembangan profesionalisme.

Dalam bukunya Kemper menyebutkan berbagai alasan seorang engineer harus mendaftarkan atau registrasi diri setelah lulus sarjana yaitu :

1. Registrasi yang menjadi syarat wajib di berbagai negara
2. Kejadian yang tidak diharapkan bisa terjadi di kemudian hari sehingga mengharuskan registrasi
3. Seseorang *ahli teknik* yang tidak terdaftar atau terregistrasi tidak diperkenankan sebagai saksi ahli.
4. Semakin banyak yang mengharuskan ahli teknik untuk mendaftar ke lembaga profesi. dan memiliki sertifikasi dari lembaga profesi yang resmi.
5. Sertifikasi keahlian merupakan nilai tambah seorang engineer untuk mendapat promosi jabatan di perusahaan yang sedang berkembang.

9.7 Pendidikan Engineering dan AkRelitasi ABET

Jenjang pendidikan keteknikan terdiri dari 3 tingkatan yaitu :

1. Persiapan modul dan kurikulum di tingkat pendidikan atas ilmu matematika dan ilmu pengetahuan dasar
2. Kurikulum formal ilmu keteknikan
3. Proses pembelajaran lanjutan-secara continue seperti praktek kerja lapangan dan pengembangan profesionalis

Mahasiswa tingkat 2 pada tahun 1993 memulai tahapan persiapannya pada tahun 1988 dan baru akan mencapai puncak perkembangannya sebagai praktisi pada tahun 2000. Pendidikan engineering merupakan suatu proses yang sangat panjang. Pendidikan ilmu teknik telah mengalami tingkat revolusi. Selama PD II pendidikan ilmu teknik selalu memperhatikan seni dan praktek prinsip-prinsip engineer. Siswa teknik menghabiskan begitu banyak waktu untuk mengoperasikan mesin bubut, mesin drill, mesin moulding, mesin pengecoran logam. Mereka juga mempelajari cara menjalankan mobil dan menciptakan radio. Dalam hal ini pengalaman merupakan proses hasil belajar. Grinter Report” pada tahun 2003 melakukan perubahan yang signifikan dalam pendidikan *engineer*. Banyak unsur “seni” dan engineering dikeluarkan dari kurikulum dan diganti dengan ilmu-ilmu pengetahuan yang mendasari dan memberikan pengaruh yang besar pada engineering. Kemajuan dalam bidang angkasa luar, komunikasi dan sistem-sistem kompleks dapat dikatakan sebagai akibat dari ilmu-ilmu yang memasukkan dalam kurikulum engineering

Kasus-kasus besar telah dibuat untuk memperluas kurikulum engineering sebagai bahan studi lanjutan pada tingkat semester. Hampir semua profesi (hukum, ahli obat-obatan, pengajar) harus menyelesaikan beberapa pendidikan lanjutan setelah lulus. Menurut para ahli yang mengembangkan kurikulum engineering berpendapat minimal dibutuhkan 5 tahun pelatihan formal untuk memenuhi persyaratan sebagai praktisi engineering. Secara tradisional orang yang telah menyelesaikan pendidikan engineering telah mencapai tingkat “master of science”.

Penekanan pada science tersebut termasuk kegiatan pelatihan dan pembuatan thesis. Hampir semua engineer yang meraih gelar “master” ternyata akhirnya tidak melakukan penelitian maupun pengajaran. Sekarang ini muncul kebutuhan diperlukan sebagai engineer untuk berprofesi sebagai praktisi kali digunakan adalah “Profesional Engineering Program” yang terdiri dari praktek-praktek pada dunia nyata selama periode waktu sebagai syarat kelulusan.

"The Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) merupakan sebuah organisasi di Amerika Serikat yang bertugas untuk menguji dan mengakreditasi kurikulum engineering. Tujuan dari akreditasi ABET adalah untuk meyakinkan masyarakat pengguna lulusan engineering bahwa lulusan dari universitas tersebut telah mencapai syarat minimal, seorang siswa seringkali bertanya "Kenapa saya harus mempelajari Bahasa Inggris" persamaan diferensial atau termodinamika? Ada juga siswa teknik yang berpikir negatif tentang pelajaran-pelajaran yang berhubungan dengan kemanusiaan dan ilmu-ilmu sosial.

Alasan disiplin teknik mempelajari beberapa bidang ilmu sesuai muatan kurikulum adalah sebagai berikut:

1. Ditemukan adanya beberapa kesamaan derajat masing-masing cabang ilmu "engineering"
2. Perusahaan yang menyewa seseorang lulusan teknik membutuhkan jaminan beberapa syarat minimum telah terpenuhi. Ini terutama berlaku bagi perusahaan yang menyewa orang teknik dari berbagai negara.
3. Banyak bagian dari kurikulum ilmu teknik merupakan dasar umum digunakan pada saat mereka mengejar karier nantinya. Hanya sebagian kecil engineer yang tahu secara pasti apa yang dilakukannya dikemudian hari
4. Pelajaran tentang kemanusiaan dan ilmu sosial dimasukkan agar engineer tersebut memiliki perhatian pada nilai-nilai sosial dan memperhatikan orang-orang non teknik dalam lingkungan kita. Selain itu permasalahan di dunia ini bukan hanya persoalan teknik tapi selalu ada faktor sosial. Ekonomi atau bahkan mungkin terdapat faktor politik yang harus diperhatikan.

Persyaratan ABET untuk kurikulum pendidikan ilmu teknik satu tahun pelajaran adalah sebagai berikut:

1. Pelajaran matematika, ilmu pengetahuan dan keteknikan memerlukan sekitar dua atau satu setengah tahun. Proses pembelajaran tersebut harus diberikan paling tidak 12 bulan atau 1 tahun kombinasi antara matematika dan ilmu

- pengetahuan dasar, satu tahun untuk engineering dan 1,5 tahun untuk desain engineering
2. Ekuivalensi untuk pendidikan di bidang kemanusiaan dan ilmu untuk desain ilmu keteknikan

Untuk institusi yang bermaksud menyediakan lulusan yang nantinya digunakan sebagai sebuah profesi pada level tinggi, ABET biasanya menghasilkan untuk :

1. Lulus kriteria engineering ABET level dasar untuk program-program yang dievaluasi
2. Memiliki program tingkat dasar.

Tambahan satu tahun studi ini harus termasuk paling tidak 2/3 tahun studi matematika tingkat tinggi, ilmu pengetahuan dasar ilmu pengetahuan engineering dan desain engineering. Tahun tambahan studi ini juga harus terdiri dari materi dan dan pelatihan pada level yang lebih tinggi, tidak seperti yang biasanya terdapat pada level dasar.

Semua kriteria yang telah disebutkan diatas, menimbulkan kesan bahwa ABET berusaha untuk memaksa meningkatkan standar seorang engineer. Sesungguhnya ABET berusaha untuk mendorong lebih banyaknya pengalaman penyesuaian tradisi/kebiasaan agar sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Kriteria diatas menjadi lebih flexibe dengan makin banyaknya faktor-faktor yang diperhatikan.

9.8 Organisasi Disiplin Teknik

Banyak hal dapat kita pelajari tentang sebuah profesi dengan memisahkan profesi-profesi yang terdapat atau tergabung dalam sebuah orgnaisasi. "*The American Society of Mechanical Engineer*" pertama kali menyediakan sebuah forum untuk mendiskusikan pekerjaan-pekerjaan yang telah dilakukan, khususnya oleh Taylor dan rekannya. Selanjutnya pada tahun 1921 dibentuklah perkumpulan untuk mempromosikan Management Science. Pada tahun 1916 namanya kemudian diubah menjadi "*Taylor Society*".

"*The Society of Industrial Engineer*" : dibentuk pada tahun 1920. "*The American Management Assosiation*" dibentuk pada tahun

1922. Banyak ahli Teknik Industri yang aktif dalam organisasi ini. Pada tahun 1936 "*Taylor Society*" dan "*Society of Industrial Engineering*" dikombinasikan membentuk *The Society for Advancement of Management*". "*The American Institute of Industrial Engineering* (AIIE) didirikan pada tahun 1948. AIIE merupakan organisasi yang pertama kalinya bertujuan untuk meningkatkan profesional Teknik Industri. Organisasi AIIE sebelumnya adalah organisasi yang biasanya sangat tertarik dengan bidang manajemen atau cabang ilmu lainnya.

AIIE merupakan organisasi yang sangat berhasil. Beranggotakan siswa yang berasal dari 11 Universitas terkenal. AIIE juga mengeluarkan majalah "*The Journal Of Industrial Engineering*" yang pertama kali dipublikasikan pada bulan Juni 1949. pada tahun 1969 Journal tersebut dibagi menjadi 2 periode penerbitan. "*Industrial Engineering*" dipublikasikan setiap bulan dan terutama ditujukan untuk praktisi teknik industri. "*IEE Transaction*" dipublikasikan setiap minggu ditujukan terutama untuk penelitian dan pengembangan-pengembangan metode-metode baru.

Pada tahun 1981, sesuai dengan keputusan seluruh anggotanya organisasi ini berganti nama dari AIIE menjadi IIE. Dengan menghapuskan kalimat "American. Organisasi ini mendeklarasikan kelompoknya sebagai organisasi internasional. Organisasi ini dengan jumlah anggota terdiri dari 80 negara di seluruh dunia. Ada juga praktisi teknik industri yang menjadi anggota organisasi-organisasi lain yang masih berhubungan dengan teknik industri, seperti :

1. *Perhimpunan Operasi Riset Masyarakat Amerika.*
2. *Perhimpunan Institut Ilmu Manajemen*
3. *Asosiasi Mesin Komputas*
4. *Masyarakat Amerika untuk Pengendalian Mutu*
5. *Asosiasi Insinyur Keuangan Amerika*
6. *Society of American Value Engineers*
7. *Perkumpulan Masyarakat Insinyur Manufaktur*
8. *Perhimpunan Masyarakat Robot Amerika*

Pada tahun 1970 AIIE mengadakan musyawarah untuk mengubah nama institut tersebut menjadi "*Institute of Industrial & System Engineering*" walaupun akhirnya perubahan tersebut tidak

dilakukan (46% setuju, 54% tidak setuju) ini mengindikasikan bahwa sekian persen dari anggota IIE memandang aktivitas profesi Teknik Industri memperhatikan konsep desain sistem secara menyeluruh. IIE adalah organisasi untuk semua orang Teknik Industri termasuk untuk mahasiswa. Bagian yang paling penting dari keseluruhan organisasi ini adalah universitas. Siswa yang berpartisipasi dalam organisasi ini mendapatkan publikasi dari IIE dan mendapatkan peran yang sangat besar dalam keseluruhan organisasi. Kontes-kontes nasional untuk tingkat mahasiswa juga sering diadakan setiap tahunnya, seperti “ *Outstanding Technical paper Award*”. Pemenang dari beberapa kontes ini akan diperkenalkan dan diberi penghargaan dalam konferensi IIE. Dengan memulai partisipasi dalam lingkungan teknik ketika masih berprofesi sebagai seorang mahasiswa, orang tersebut akan lebih suka dan tertarik untuk melanjutkan keprofesionalanya setelah lulus.

9.9 Pengaruh dari Perkembangan-Perkembangan Lain

Evolusi dari profesi Teknik dan System Industri merupakan dampak dari perkembangan-perkembangan ilmu lainnya. Dalam bagian ini kita akan mendiskusikan beberapa bagian dari perkembangan-perkembangan yang mempengaruhi Teknik Industri.

9.9.1 Pengaruh dari Operation Research

Perkembangan Teknik Industri banyak sekali dipengaruhi oleh perkembangan pendekatan analisa yang disebut dengan *operation research*. Pendekatan ini sering juga digunakan di Inggris dan Amerika Serikat. Dengan menggunakan science, matematika, ilmu sosial, teori probabilitas dan statistika, *operation research* telah berhasil memecahkan berbagai permasalahan perang yang sulit.

Gabungan antara ide baru dan pendekatan baru dalam pemecahan masalah berdampak sangat besar bagi pendidikan dan praktek Teknik Industri. Departemen Teknik Industri di berbagai universitas mulai menawarkan mata kuliah *operation research* secara lengkap (biasanya sampai level sarjana).

Kenyataannya terdapat beberapa departemen Teknik Industri yang mengubah namanya menjadi "*Industrial Engineering and Operation Research*". Seperti pada umumnya, pendekatan *operation research* adalah sebagai berikut : *identifikasi permasalahan* para ahli dari berbagai disiplin ilmu membentuk satu team interdisiplin untuk mencari solusi dan permasalahan yang ada, metode dan prinsip ilmu yang berhubungan (biasanya termasuk model matematika). Digunakan untuk memecahkan permasalahan, interaksi antar komponen dalam sistem yang dipelajari tersebut diperhatikan, diambil solusi dan direpresentasikan pada pihak manajemen. Jika pekerjaan dapat diselesaikan maka team kerja tersebut akan dibubarkan. Dengan pendekatan ini, tidak memungkinkan bagi *operation research* untuk menjadi disiplin ilmu yang terpisah. Satu orang tidak mungkin memiliki berbagai jenis keahlian yang mungkin dibutuhkan untuk memecahkan suatu permasalahan.

Seperti yang telah diuraikan *operation research* terdiri dari metode kuantitatif yang dapat diaplikasikan untuk berbagai jenis masalah manajerial dan operasional. Akibatnya hanya sedikit orang yang menyebut dirinya sebagai seorang ahli *operation research*. Ahli Teknik Industri biasanya hanya mengatakan *operation research* sebagai perhatian utamanya.

9.9.2 Pengaruh dari komputer

Perkembangan lain yang memiliki pengaruh yang sangat besar pada profesi. Teknik Industri adalah komputer. Komputer memiliki kemampuan yang sangat cepat dan akurat dalam menangani data yang jumlahnya sangat banyak. Selain itu komputer memungkinkan Teknik Industri untuk mendesain sistem yang dapat mengatur dan mengontrol apa yang besar dan kompleks dengan cara yang lebih efektif. Komputer juga membuat Teknik Industri mampu membuat model simulasi fasilitas produksi dan evaluasi untuk mencari alternatif konfigurasi yang paling efektif, kebijaksanaan manajemen yang berbeda dan lain sebagainya. Simulasi komputer merupakan salah satu alat dari teknik industri yang paling sering digunakan. Perkembangan selanjutnya yang sampai saat ini berpengaruh walaupun masih belum pasti) bagi Teknik Industri adalah

Computer Aided Design (CAD) dan *Computer Aided Manufacturing* (CAM). Teknik Industri sekarang ini dapat mendesain fasilitas dan daerah kerja secara langsung dengan menggunakan komputer. Komputer juga dapat digunakan secara otomatis untuk membuat rancangan proses, daftar material, order penggunaan alat, jadwal kerja, rancangan kerja, perintah operasional. Selama proses produksi, komputer digunakan untuk mengotrol pola potong dari mesin, memberikan instruksi pada robot dan peralatan lainnya, mencatat kemajuan produksi, menjadwalkan ulang stasiun kerja, dan secara otomatis membuat laporan untuk semua level manajemen. Perkembangan dan penggunaan secara menyeluruh komputer memberikan dampak yang sangat besar dalam praktek Teknik Industri. Teknik Industri menggunakan PC untuk membuat berbagai analisa untuk memecahkan model matematika, untuk merencanakan dan mengatur proyek yang kompleks untuk membuat basis data dan untuk mengimplementasikan berbagai jenis alat pengambilan keputusan. Jaringan komputer juga sedang dikembangkan dalam perusahaan yang nantinya akan memungkinkan seluruh komputer (walaupun dari perusahaan yang berbeda) untuk berkomunikasi. Dalam kondisi ini, manager, supervisor dan operator mesin mendapatkan akses berbagai jenis informasi yang terdapat dalam sistem komputer yang berbeda-beda. Ruang lingkup dalam penggunaan komputer dalam Teknik Industri seperti yang telah disebutkan diatas digunakan dalam seluruh desain sistem yang secara efektif menghubungkan berbagai komponen dalam sistem. Pada dasarnya seluruh alat yang digunakan dalam Teknik Industri yang akan disajikan selanjutnya mendapatkan pengaruh dari perkembangan komputer dan komunikasi.

9.9.3 Munculnya Industri Jasa

Pada awal munculnya Teknik Industri, penerapan disiplin Teknik Industri hanya digunakan dalam organisasi manufaktur. Setelah Perang Dunia II mulai muncul paham bahwa prinsip dan Teknik Industri juga dapat digunakan dalam lingkungan non-manufaktur. Industri jasa yang pertama kali menggunakan

Teknik Industri dalam skala organisasi adalah industri kesehatan. Banyak rumah sakit dan klinik memperkerjakan orang Teknik Industri untuk memperbaiki operasinya, mengurangi sampah, mengontrol persediaan, menjadwalkan aktivitas dan untuk berbagai jenis fungsi lainnya. Area lain yang menggunakan Teknik Industri adalah organisasi-organisasi pemerintahan. Ini terjadi pada tingkat nasional, negara lain maupun untuk tingkat daerah. Ratusan orang Teknik Industri diperkerjakan oleh organisasi-organisasi pemerintahan untuk meningkatkan efisiensi mengurangi tenaga kerja, mendesain sistem kontrol manajemen yang terkomputerisasi, mengimplementasikan teknik manajemen proyek, mengawasi kualitas dan keandalan pembelian dari supplier dan fungsi-fungsi lainnya. Berbagai jenis industri jasa lainnya juga menggunakan orang Teknik Industri untuk memperbaiki proses operasinya. Permintaan akan orang Teknik Industri di semua industri meningkat sangat besar dibandingkan dengan suplai yang ada.

9.10 Tantangan di Masa Depan

Kita telah melihat penjelasan Profesi dan karir di bidang engineering dalam perkembangan teknologi yang telah membuat dunia menjadi semakin kompleks. Perkembangan Teknik Industri tersebut ironisnya ikut menimbulkan beberapa masalah berupa masalah lingkungan dan sosial. Misalnya dalam industri petroleum, engineer telah mendesain penyulingan dan sistem pendistribusian produk. Peningkatan efisiensi ini berdampak pada peningkatan pemakaian minyak bumi. Peningkatan pemakaian berdampak pada peningkatan profit yang nantinya juga akan menyebabkan peningkatan efisiensi. Proses ini berlanjut terus jika minyak yang diolah tersebut tidak terbatas jumlahnya. Peristiwa kekurangan minyak pada tahun 1970 telah membuat seluruh dunia khawatir akan keterbatasan persediaan minyak dan gas bumi. Contoh-contoh lainnya juga terjadi pada sumber daya alam lainnya. Dunia memiliki sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dalam jumlah yang terbatas. Salah satu tantangan yang orang teknik di masa yang

akan datang adalah mempelajari bagaimana upaya mengatasi kondisi/batasan tersebut.

Masalah utama yang harus dihadapi oleh ahli teknik adalah bagaimana mendesain sistem dan proses yang sesuai dengan kondisi lingkungan kita. Membuang sampah ke sungai atau membiarkan gas beracun lepas ke udara bebas sudah tidak lagi diizinkan saat ini. Tantangan lain yang juga harus dihadapi oleh orang teknik adalah bagaimana mendesain produk yang aman dan andal. Semakin banyak perusahaan yang melarang diproduksinya produk yang salah yang dapat melukai pembeli maupun publik. Beberapa negara sekarang bahkan mendirikan badan legislasi khusus yang mengatur desain semua produk yang akan digunakan oleh masyarakat. Dengan diaplikasikannya Teknik Industri, industri Amerika menjadi industri yang paling kuat selama dua dekade setelah perang dunia II. Dengan adanya penerapan pengembangan teknologi dan penelitian peningkatan metode kerja secara terus menerus, industri Amerika Serikat memiliki tingkat produktivitas yang paling tinggi di seluruh dunia. Produk Amerika menjadi produk yang memiliki kualitas dan keandalan yang paling tinggi di pasar dunia. Produktivitas merupakan perbandingan antara output dan input. Jika pabrik A memproduksi televisi 19 inch dengan menggunakan 13,6 jam kerja dan pabrik B memproduksi produk yang sama hanya dengan menggunakan 6,8 jam, maka pabrik B dikatakan memiliki tingkat produktivitas 2 kali lipat dibandingkan dengan pabrik A. Konsep ini akan dijelaskan lebih jauh pada bab 6. Industri Amerika harus memimpin dunia dalam produktivitas tenaga kerja, tapi negara lainnya juga dengan cepat menutupi perbedaan tersebut. Jepang, Perancis, Jerman Barat dan negara-negara Eropa lainnya meningkatkan produktivitasnya dengan cepat dibandingkan dengan peningkatan produktivitas di Amerika Serikat. Produk-produk yang diproduksi di negara tersebut memiliki harga yang lebih rendah dibandingkan dengan produk-produk di Amerika Serikat. Akibatnya, Amerika Serikat kehilangan sebagian besar pasarnya di berbagai jenis industri. Ini menimbulkan akibat yang negatif dalam neraca keseimbangan pendapatan dan inflasi serta pendapatan nasional. Masalah lain yang dihadapi oleh industri Amerika adalah penurunan kualitas produk dibandingkan dengan produk-produk dari negara lainnya. Ini disebabkan karena telah

tuanya peralatan serta proses yang digunakan dalam pabrik tersebut. Industri Amerika dengan berbagai alasan, sebelumnya sama sekali tidak menginvestasikan teknologi, peralatan dan konsep manufakturing baru. Sekitar tahun 1990. Industri Amerika mulai mengambil langkah-langkah untuk mencapai posisi yang kompetitif dalam pasar dunia. Beberapa perusahaan mulai berinvestasi dalam dunia otomotif, robot dan proses manufaktur dengan sistem kontrol komputer. Selain itu juga terjadi peningkatan perhatian dibidang kualitas. Pentingnya tenaga kerja yang berpendidikan juga sudah mulai disadari. Profesi engineering khususnya. Badan-badan legislatif berjuang menghadapi berbagai permasalahan kemanusiaan, yang mana nantinya solusinya adalah merupakan masukan dari seseorang profesional teknik yang kompeten. Tantangan terbesar yang harus dihadapi oleh seorang ahli teknik adalah terlibatnya isu-isu politik dan dibutuhkannya seorang asisten sebagai penasihat hukum dalam mendesain suatu sistem sosial. Walaupun telah banyak kemajuan yang didapatkan engineer di masa lalu, konfigurasi mereka pada lingkungan baru akan tampak di masa yang akan datang. Mereka akan dituntut untuk mendesain sistem yang mampu mengoptimalkan penggunaan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan manusia. Ini merupakan misi utama seorang ahli teknik yang selamanya manusia, itu merupakan misi utama seorang ahli teknik yang selamanya akan selalu tetap sama. Batasan tambahan lainnya adalah terbatasnya sumber daya, perhatian pada lingkungan, isu politik dan juga harus diperhatikannya proses engineering yang terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

DR.Ir.Vincent Gaspers, M.Sc., *Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri*. Penerbit "Tarsito" Bandung.

Wayne C.Tumer Cs., Alih Bahasa Ir.Yanti Gunawan, M.Eng.Sc.cs.

Editor I.K.Gunarta, *Pengantar Teknik & Sistem Industri*, Penerbit Guna Widya, Surabaya, Indonesia

BIODATA PENULIS



Prof. Dr. Ir. Gito Sugiyanto, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.

Dosen Tetap dengan jabatan fungsional Guru Besar (*Professor*)
Bidang Ilmu Teknik Sipil Sistem Transportasi di Jurusan Teknik
Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

Prof. Dr. Ir. Gito Sugiyanto, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. lahir di Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 15 Februari 1980. Saat ini sebagai Dosen Tetap dengan jabatan fungsional Guru Besar (*Professor*) Bidang Ilmu Teknik Sipil Sistem Transportasi di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto. Gito Sugiyanto memperoleh gelar Doktor (Dr.) Ilmu Teknik Sipil bidang konsentrasi Rekayasa Transportasi dari Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta pada tahun 2011. Gelar Magister Teknik (M.T.) pada bidang Ilmu Teknik Sipil konsentrasi Transportasi diperoleh dari Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2007. Gelar Sarjana Teknik (S.T.) bidang Teknik Sipil diperoleh dari Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta pada tahun 2002. Gelar Insinyur (Ir.) diperoleh dari Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2020.

Prof. Dr. Ir. Gito Sugiyanto, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng., telah melakukan beberapa penelitian dengan sumber dana dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP)-Kemenkeu, Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dengan topik

transportasi udara dan transportasi darat. Hasil penelitian dipublikasikan pada berbagai jurnal internasional bereputasi, konferensi internasional, dan hak cipta. Jumlah artikel yang terindeks Scopus sebanyak 27 artikel dengan $H\text{-Index Scopus} = 11$ dan 19 (sembilan belas) buah karya hak cipta. Minat penelitian utamanya adalah bidang rekayasa lalu lintas, ekonomi transportasi, *pricing*, keselamatan lalu lintas, dan transportasi udara. Prof. Gito Sugiyanto adalah anggota dari Persatuan Insinyur Indonesia (PII), Masyarakat Transportasi Indonesia (MTI), Masyarakat Perkeretaapian Indonesia (MaskA) dan juga sebagai pengurus MTI Jawa Tengah dan Komite Ilmiah dalam Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTPT). E-mail: gito.sugiyanto@unsoed.ac.id.

BIODATA PENULIS



Fatmawaty Rachim, ST.,MT

Fatmawaty Rachim, ST.,MT lahir di Kota Ujung Pandang Sulawesi Selatan pada tanggal 19 November 1979. Ia melanjutkan studi pada tahun 1998 di Universitas Hasanuddin (Unhas Makassar) dan meraih gelar Sarjana Teknik (S.T) pada tahun 2002. Kemudian tahun 2007 diangkat sebagai dosen Universitas Pepabri Makassar dan ditempatkan di Program Studi Teknik Arsitektur Fakultas Teknik. Tahun 2009, melanjutkan studi di Universitas Hasanuddin (Unhas) dengan beasiswa BPPDN dan telah mendapat gelar Magister Teknik (M.T) pada Program Studi Teknik Sipil di tahun 2011. Tahun 2017, bergabung ke Universitas Fajar dan di tahun 2019-sekarang dipercaya sebagai Ka.Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar. Serta melakukan berbagai kegiatan baik sebagai Peneliti Mandiri/TIM bidang Rekayasa Infrastruktur dan Teknologi Lingkungan Pertambangan, Peserta/Pemateri Seminar Nasional maupun Internasional bidang Rekayasa Infrastruktur dan Teknologi Lingkungan Pertambangan maupun sebagai Moderator. Email: fatmawatyrachim2@gmail.com HP/wa: 08124179262.

BIODATA PENULIS



Amallia
Dosen Teknik Industri

Amallia. Lahir di Karawang, tanggal 11 Januari 1993 putra kedua dari Bapak Moch. Koswara dan Ibu Lukis Karyani. Sekolah di SDN Karawang Wetan IV tahun lulus 2004 Karawang melanjutkan ke SMPN 1 Karawang tahun lulus 2007 kemudian bersekolah di SMA Korpri Karawang tahun lulus 2010 dan melanjutkan pendidikan S1 Teknik Industri di Universitas Singaperbangsa Karawang jurusan Teknik tahun lulus 2015 dan pendidikan S2 Teknik Industri di Universitas Pasundan tahun lulus 2022. Kemudian pernah bekerja di PT. Dinar Makmur tahun 2012-2013 sebagai staff Document Control dan PT Tenang Jaya Karawang tahun 2014-2015 sebagai staff Keuangan, lanjut bekerja di Universitas Buana Perjuangan Karawang sebagai staff Laboratorium Teknik Industri hingga saat ini merangkap sebagai dosen Teknik Industri.

BIODATA PENULIS



Dicky J. Silitonga, S.T., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sumatera

Penulis lahir di Yogyakarta tanggal 31 Januari 1987. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 secara konsisten di bidang teknik mesin, penulis aktif mempublikasikan riset dalam bentuk artikel jurnal ilmiah maupun karya tulis lain baik dalam bidang kompetensi dasar teknik mesin maupun bidang ilmu multidisiplin.

BIODATA PENULIS



Ir. Johni S. Pasaribu, MT.

Dosen Program Studi Sistem Informasi
Fakultas IT Politeknik Piksi Ganesha

Penulis lahir di Medan tanggal 1 Juni 1966 dari pasangan HA Pasaribu (alm) dan Taruli Tambunan (alm). Penulis adalah anak keempat dari enam bersaudara. Pendidikan yang ditempuh yaitu SD Methodist Medan lulus tahun 1979, SMPN 88 Jakarta lulus tahun 1982 dan SMAN 3 Jakarta lulus tahun 1985. Kemudian melanjutkan studi di ITB jurusan Teknik Fisika spesialisasi Instrumentasi dan Kontrol. Penulis melakukan penelitian untuk tugas akhir di PT IPTN dengan judul Perancangan Sistem Kendali Fly By Wire Gerak Longitudinal Pada Engineering Flight Simulator Pesawat N250-100 dan menyelesaikan gelar sarjana teknik Insinyur (Ir) tahun 1992.

Kemudian penulis bekerja di PT. IPTN (sekarang PT Dirgantara Indonesia) di Departemen Iron Bird kemudian berpindah di Departemen Engineering Flight Simulator (EFS). Penulis terlibat dalam Operation and Maintenance untuk EFS sehingga simulator N250-100 ini dapat digunakan saat dilakukan pengujian-pengujian pesawat melalui simulator sebelum pengujian langsung pesawat di udara. Tahun 1998 penulis melanjutkan studi S2 di ITB pada jurusan Teknik Informatika untuk spesialisasi Software Engineering, dimana ilmu yang diperoleh dapat diaplikasikan dalam pekerjaan di lapangan. Tahun 2001 penulis menyelesaikan pendidikan S2 dengan gelar MT mengambil penelitian yang berjudul Pengembangan Perangkat Lunak Simulasi Sistem Perasa Kendali

Elevator Pesawat N250-100 dimana penelitian ini juga dilakukan di Engineering Flight Simulator (EFS) N250-100. Tahun 2004 penulis mulai aktif mengajar di Perguruan Tinggi di Bandung diantaranya pernah mengajar di Unikom, ITHB, STT Telkom (kini TelU). Kini penulis penuh mengajar dan menjadi dosen tetap di Politeknik Piksi Ganesha. Bidang keahlian mengajar dan penelitian penulis adalah Artificial Intelligence (AI), Decision Support System (DSS), Software Engineering dan Software Testing. Penulis juga aktif melakukan bimbingan mahasiswa S1 dan publikasi di jurnal-jurnal nasional maupun internasional.

BIODATA PENULIS



Sudarno P Tampubolon, S.T., M.Sc.

Dosen Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia

Sudarno P. Tampubolon, S.T.,M.Sc lahir di Lumbanjulu, Kabupaten Humbang-Hasundutan, Sumatera Utara, 11 April 1989 perkawinan Bapak M. Tampubolon, S.Pd dengan S. M. Togatorop, SPd. Merupakan anak ke-4 dari 4 bersaudara, memiliki istri Deviana Pratiwi Munthe, SST,. M. Kes, dan 1 orang putra Davian Ivander Tampubolon. Pendidikan. Menyelesaikan pendidikan formal: SD Negeri 173326 Sigompul (1995-2001); SMP Negeri 2 Lintongnihuta (2001-2004); SMA Negeri 1 Lintongnihuta (2004-2007); Program Sarjana Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia (2008-2012); Program Magister *Civil Engineering National Central University (NCU)*, Taiwan (2016-2018). Pekerjaan. Pada tahun 2013 bekerja sebagai Quantity Surveyor (QS) PT. Rider Levett Bucknall. Tahun 2014 sd sekarang sebagai Dosen Tetap Universitas Kristen Indonesia (UKI), Jakarta. Tahun 2020 s/d Sekarang sebagai Training of Trainer (TOT) Instruktur Pembekalan Sertifikasi SDM Lulusan S1 dan DIV Perguruan Tinggi Bidang Konstruksi Publikasi Karya Ilmiah empat tahun terakhir: (1) Numerical Simulations of the Bond Stress-Slip Effect of Reinforced Concrete on the Pushover Behavior of Wall, International Journal of Modern Research in Engineering and Technology (IJMRET) www.ijmret.org Volume 3 Issue 11 || November 2018; (2) Numerical Simulations of the Bond Stress-Slip Effect of Reinforced Concrete on the Pushover Behavior of Interior

Beam-Column Joint, 3rd NICTE IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 725 (2020) 012028 doi:10.1088/1757-899X/725/1/012028; (3) The Best Angle in Intersection Method, International Journal of Modern Research in Engineering and Technology (IJMRET) www.ijmret.org Volume 5 Issue 3 || May 2020.; (4) Analisa Perilaku Balok Beton Bertulang dengan Menggunakan Simulasi VecTor2, JURNAL REKAYASA KONSTRUKSI MEKANIKA SIPIL (JRKMS) Vol. 03 No. 02 September 2020 p-ISSN 2614-5707 e-ISSN 2715-1581, (5) Era Otomatisasi Pemetaan dengan GPS, UKI Press; (6) Analisis Kekuatan Geser Pada Hubungan Balok-Kolom Interior Beton Bertulang, JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation), <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jcebt>, JCEBT, 5(1) Maret, 2021 ISSN 2549-6379 (Print) ISSN 2549-6387 (Online), (7) Analisa Perbandingan Hasil Pengujian Laboratorium dan Simulasi Pada Balok Beton Bertulang. PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa, 10(1), 195-210, Tampubolon, S. P. (2021), <https://doi.org/10.22225/pd.10.1.2632.195-210>; (8) Analysis and calculation of wooden framework structure by using Structural Analysis Program (SAP)-2000 and method of joint. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012042). IOP Publishing. Tampubolon, S. P., & Mulyani, A. S. (2021, October).; (9) Evaluation of the performance of high-rise building structures with plan 'H'shaped for earthquake with height increase (Case study: Apartment Urban Sky-Bekasi). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012053). IOP Publishing. Nehe, E., Simanjuntak, P., & Tampubolon, S. P. (2021, October).; (10) The effect of bagasse fibers material with pumice as a partial substitution of coarse aggregate to increase compressive strength and tensile strength on lightweight concrete. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012046). IOP Publishing. Samosir, F., Hutabarat, L. E., Purnomo, C. C., & Tampubolon, S. P. (2021, October).; (11) Optimizing Empty Fruit Bunch (EFB) of palm and glass powder as a partial substitution material of fine aggregate to increase compressive and tensile strength of normal concrete. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012047). IOP Publishing. Siregar, R. A., Hutabarat, L. E., Tampubolont, S. P., & Purnomo, C. C.

(2021, October).; (12) Utilization of copper fiber waste to increase compressive strength and split tensile strength of rigid pavement. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 878, No. 1, p. 012052). IOP Publishing. Ndruru, H., Simanjuntak, R. M., & Tampubolon, S. P. (2021, October).; (13) Studi Perbandingan Analisa Ketelitian Tinggi Menggunakan Total Station dan Sipat Datar. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan*, 5(2), 259-268. Mulyani, A. S., & Tampubolon, S. P. (2021).; (14) Analisa Perilaku Pushover pada Pengujian Balok Beton Bertulang. *Bentang: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(1), 77-88. Tampubolon, S. P. (2022).; (14) Struktur Beton-1 “

BIODATA PENULIS



Ir. Herlina Rahim, ST., M.Si

Dosen Program Studi Teknik Kimia Mineral
Politeknik ATI Makassar

Penulis lahir di Rappang pada 26 Juni 1976. Penulis adalah Dosen di Program Studi Teknik Kimia Mineral Politeknik ATI Makassar yang merupakan salah satu institusi Pendidikan Vokasi di bawah Kementerian Perindustrian yang berlokasi di Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana Tahun 1999 di Universitas Muslim Indonesia program studi Teknik Kimia dan Pendidikan Magister tahun 2005 di Universitas Hasanuddin dalam bidang Kimia. Penulis aktif dalam kolaborasi penelitian bidang Proses Kimia dan Kimia Analisis, dengan fokus utama dalam bidang proses mineral. Penulis juga aktif dalam organisasi profesi Cabang Sulawesi Selatan yakni Himpunan Kimia Indonesia (HKI), Ikatan Asesor Profesional Indonesia (IASPRO) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII). Artikel ilmiah hasil penelitian penulis dapat diakses melalui ID SINTA 6797470, ID Google Scholar rsBo98AAAAJ&hl.

BIODATA PENULIS



Monita Rahayu, ST, MT

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Islam Syekh-Yusuf

Penulis lahir di Jakarta tanggal 21 Desember 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh-Yusuf. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri dan S2 pada Jurusan Teknik Industri.

BIODATA PENULIS



Sahat Dapottua Sitompul,ST.,MT

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Sisingamangaraja XII Tapanuli

Penulis lahir di Panti (Sumbar) tanggal 13 Desember 1975. Penulis lahir dari orangtua St.Saur Sitompul (+) dan Santi Panggabean sebagai anak ke enam dari tujuh bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SD Inpres 175752 Lumban Gaol lulus tahun 1990, melanjutkan ke SMPN Sigompulon dan lulus pada tahun 1992 serta STM Negeri Pansurnapitu lulus pada tahun 1994, kuliah S1 Teknik Industri di Universitas Sisingamangaraja XII Tapanuli lulus tahun 2000. Penulis adalah Dosen di tetap pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sisingamangaraja XII Tapanuli. Menyelesaikan pendidikan S2 pada program studi Teknik Industri Universitas Sumatera Utara pada tahun 2011. Menjabat Dekan Fakultas Teknik sejak tahun 2015 hingga sekarang. Aktivitas Penulis di luar kampus antara lain Ketua Komite SMAN1 Pahae Julu, Direktur Perusda Pertambangan kabupaten Tapanuli Utara, sebagai PR PT. Sumatera Pembangkit Mandiri (SPM), GA PT. Anhe hingga sekarang.