

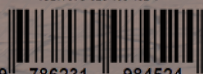


PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

Penulis:

Sanusi, Ansarullah Lawi, Sutresna Juhara, Evi Yuliatwati,
Aulia Agung Dermawan, Larisang,
Christofora Desi Kusmindari, Sony Kuswandi,
M. Ansyar Bora, Dimas Akmarul Putera,
Nurul Ilmi, Khamaludin

ISBN 978-623-198-452-4



9 786231 984524

PENGANTAR TEKNIK INDUSTRI

**Sanusi
Ansarullah Lawi
Sutresna Juhara
Evi Yulawati
Aulia Agung Dermawan
Larisang
Christofora Desi Kusmindari
Sony Kuswandi
M. Ansyar Bora
Dimas Akmarul Putera
Nurul Ilmi
Khamaludin**



PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Pengantar Teknik Industri

Penulis :

Sanusi
Ansarullah Lawi
Sutresna Juhara
Evi Yuliawati
Aulia Agung Dermawan
Larisang
Christofora Desi Kusmindari
Sony Kuswandi
M. Ansyar Bora
Dimas Akmarul Putera
Nurul Ilmi
Khamaludin

ISBN : 978-623-198-452-4

Editor : Yuliatr Novita, M.Hum.

Dede Ahsani, S.T.

Penyunting: Mila Sari, M.Si.

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

Penerbit : PT GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001
Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tengah
Padang Sumatera Barat

Website : www.globaleksekutifteknologi.co.id

Email : globaleksekutifteknologi@gmail.com

Cetakan pertama, Juni 2023

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

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Buku Pengantar Teknik Industri dapat diselesaikan dengan baik atas kerjasama tim penulis. Buku ini berisikan tentang perkembangan teknik industri, teknik dan manajemen industri, sistem dan teknik industri, pemilihan lokasi industri, biaya produksi dan penyusutan nilai ekonomis suatu asset, pemilihan alternatif investasi (penentuan keputusan proyek), tata letak pabrik dan analisa aliran material, peta kerja, pengukuran kerja, program linear dan persoalan transportasi, program linear dan persoalan transportasi, analisis jaringan, pengendalian kualitas.

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

Padang, Juni 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
BAB 1 PERKEMBANGAN TEKNIK INDUSTRI	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Evolusi Teknik Industri.....	3
1.2.1 Perkembangan Teknik Industri dari 1856 sampai tahun 1990-an.....	4
1.2.2 Perkembangan Teknik Industri dari tahun 2000 an sampai 2023.....	4
1.2.3 Tatangan dan peluang Teknik Industri di masa akan datang.....	8
DAFTAR PUSTAKA.....	10
BAB 2 TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI.....	11
2.1 Pendahuluan	11
2.2 Konsep Teknik dan Manajemen Industri	12
2.3 Perkembangan Teknologi dan Perubahan di Tempat Kerja.....	13
2.4 Peran Ahli Teknik dan Manajemen Industri dalam Dunia Bisnis.....	14
2.5 Tantangan yang Dihadapi oleh Manajer Teknik	16
2.5.1 Up-to-date dengan Perkembangan Teknologi Terbaru.....	16
2.5.2 Mengelola Perubahan di Tempat Kerja	16
2.5.3 Mengelola Risiko Kemajuan Teknologi.....	17
2.6 Kurikulum Teknik dan Manajemen Industri dalam Menghadapi Tantangan di Era Digital	17
2.7 Kesimpulan.....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	21
BAB 3 SISTEM DAN TEKNIK INDUSTRI	25
3.1 Pendahuluan	25
3.2 Body of Knowledge	28
DAFTAR PUSTAKA.....	37
BAB 4 PEMILIHAN LOKASI INDUSTRI	39
4.1 Pendahuluan	39
4.2 Klasifikasi Industri di Indonesia	40
4.3 Faktor Pemilihan Lokasi Industri.....	44
4.4 Metode Pemilihan Lokasi Industri	46
4.5 Pemilihan Lokasi Industri dengan Metode Brown & Gibson	47
DAFTAR PUSTAKA.....	53
BAB 5 BIAYA PRODUKSI DAN PENYUSUTAN NILAI EKONOMIS SUATU ASSET	55
5.1 Pendahuluan	55
5.2 Konsep Biaya Produksi	56

5.3 Teori Produksi Jangka Pendek Dan Teori Produksi Jangka Panjang.....	57
5.3 Komponen Biaya.....	58
5.4 Identifikasi Aset Tetap	59
5.5 Pengertian Aset Tetap	60
5.6 Pengertian Penyusutan Aset Tetap.....	61
5.7 Laporan Keuangan	63
5.8 Perbaikan dan perbaikan	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
BAB 6 PEMILIHAN ALTERNATIF INVESTASI (PENENTUAN KEPUTUSAN PROYEK)	67
6.1 Pendahuluan	67
6.2 Pengambilan Keputusan Investasi	68
6.3 Metode Penilaian Usulan Investasi	70
DAFTAR PUSTAKA.....	78
BAB 7 TATA LETAK PABRIK DAN ANALISA ALIRAN MATERIAL	79
7.1 Tata Letak Pabrik.....	79
7.2 Analisa Aliran Material.....	80
7.2.1 Faktor yang Dipertimbangkan dalam Perencanaan Pola Aliran.....	82
7.2.2 Perencanaan dan Perancangan Pola Aliran	83
7.2.3 Langkah-langkah perancangan pola aliran	84
7.2.4 Pola Aliran Umum	84
7.2.5 Pengukuran Aliran Material	86
DAFTAR PUSTAKA.....	94
BAB 8 PETA KERJA	95
8.1 Definisi Peta Kerja	95
8.2 Lambang-lambang yang Digunakan	96
8.3 Jenis-jenis Peta Kerja	98
8.3.1 Peta-peta kerja untuk menganalisis kegiatan kerja keseluruhan	98
8.3.2 Peta-peta kerja untuk menganalisis kegiatan kerja setempat Permintaan	110
DAFTAR PUSTAKA.....	115
BAB 9 PENGUKURAN KERJA	117
9.1 Pendahuluan	117
9.2 Tujuan dan Manfaat Pengukuran Kerja	119
9.3 Teknik Pengukuran Kerja	121
DAFTAR PUSTAKA.....	131
BAB 10 PROGRAM LINEAR DAN PERSOALAN TRANSPORTASI.....	133
10.1 Pendahuluan	133
10.2 Linear Programming	134
10.3 Transportasi.....	139

10.3.1. Metode Northwest Corner	140
10.3.2. Metode Minimum Cost Method	140
10.3.3. Metode Vogel's Approximation Method (VAM).	141
10.3.4 Perbandingan Metode-metode Transportasi	142
DAFTAR PUSTAKA.....	143
BAB 11 ANALISIS JARINGAN	145
11.1 Definisi Jaringan	145
11.2 Terminologi Jaringan.....	147
11.3 Permasalahan pada Analisis Jaringan	149
11.3.1 Permasalahan <i>Minimal Spanning Tree</i>	149
11.3.2 Permasalahan Rute Terpendek (<i>Shortest Route</i>).....	151
11.3.3 Permasalahan Aliran Maksimal (<i>Maximal Flow</i>)	153
DAFTAR PUSTAKA.....	159
BAB 12 PENGENDALIAN KUALITAS	161
12.1 Pendahuluan	161
12.2 Dimensi Kualitas.....	162
12.3 Biaya Kualitas	163
12.4 Pengendalian Kualitas	165
12.5 Tujuh Alat Pengendali Kualitas.....	168
DAFTAR PUSTAKA.....	169
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkembangan Revolusi Industri.....	3
Gambar 2.1 Hubungan Teknik Industri dan Manajemen Industri.....	13
Gambar 2.2 Kebutuhan kompetensi yang harus dimiliki oleh ahli Teknik dan Manajemen Industri di era digital	19
Gambar 3.1 evolusi kompleksitas sistem.....	29
Gambar 3.2 Body of Knowledge Teknik & Sistem Industri.....	31
Gambar 7.1. Pola Aliran Material.....	81
Gambar 7.2. Activity Relationship Chart	93
Gambar 8.1 Contoh Peta Proses Operasi.....	100
Gambar 8.2. Contoh Peta Aliran Proses	103
Gambar 8.3. Contoh Peta Proses Perakitan.....	106
Gambar 8.4. Contoh Peta Proses Regu Kerja	108
Gambar 8.5 Contoh Diagram Aliran	110
Gambar 8.6. Contoh Peta Pekerja dan Mesin.....	112
Gambar 8.7. Contoh Peta Tangan Kiri dan dan Tangan Kanan.....	114
Gambar 10.1. Penyelesaian Persoalan LP dengan metode Grafik.....	138
Gambar 11. 1 Contoh jaringan	147
Gambar 11.2 Rute Taman Seervada	139
Gambar 11.3a Penyelesaian Metode Shortest Route	151
Gambar 11.3b Penyelesaian Metode Shortest Route.....	152
Gambar 11.4 Jaringan Rute Awal (iterasi 0)	153
Gambar 11.5 Jaringan Iterasi 1	155
Gambar 11.6 Jaringan Iterasi 2	156
Gambar 11.7 Jaringan Iterasi 3	156
Gambar 11.8 Jaringan Iterasi 4	157
Gambar 11.9 Jaringan Iterasi 5 dan Iterasi 6	158

BAB 1

PERKEMBANGAN TEKNIK INDUSTRI

Oleh Sanusi

1.1 Pendahuluan

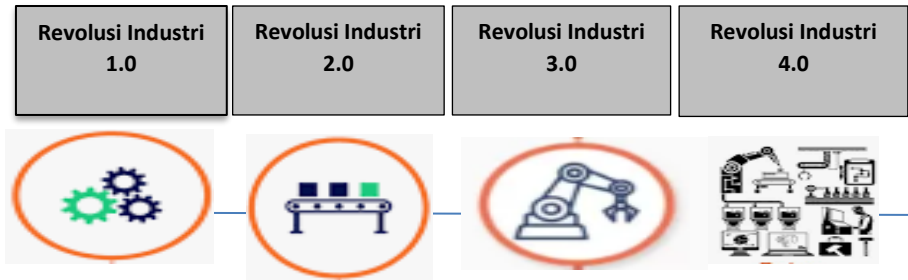
Sejarah perkembangan Teknik Industri dari awal hingga sekarang setidaknya telah melalui empat generasi yang membuat keilmuan teknik industri semakin maju dan dikenal oleh banyak kalangan. Pesatnya perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan di bidang Industri saat ini tidak lepas dari penemuan yang dilakukan oleh ilmuwan-ilmuan terdahulu yang dimulai sejak Frederick Taylor pada tahun 1856 yang membuat pekerjaan lebih efektif dan efisien. Hal ini tentu saja membuat perubahan besar dalam peradaban manusia. Banyak hal yang dulunya jika dikerjakan secara manual, lambat, banyak pemborosan, agak merepotkan, kini dengan mudah dilakukan melalui bantuan komputer dan system yang terintegrasi. Bahkan, beragam pula pekerjaan yang bisa dikerjakan secara otomatis dan bersamaan dalam menyelesaikan pekerjaan di waktu bersamaan. Sehingga, dengan adanya Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi menyebabkan terjadinya banyak akademisi, praktisi dan pemerintah melakukan studi dan penelitian agar bisa menghadapi dampak positif dan negatif dari perkembangan tersebut (Kastori *et al.*, 2022). Perubahan tersebut terjadi dikarenakan persaingan secara nasional, International dan permintaan dari *stakeholders*.

Terhadap skenario ini, Keilmuan dibidang teknik industri harus dikembangkan dengan cara lebih kreatif untuk menghadapi tantangan baru yang berubah dengan cepat. Selain

menggunakan teknologi canggih, diskusi tentang evolusi dan perkembangan kompetensi baru di bidang Teknik Industri terbuka secara luas.

Saat sekarang ini kita berada dan sedang menghadapi Revolusi Industri 4.0 serta sudah menjadi diskusi disemua kalangan. Revolusi ini membahas penggunaan teknologi canggih, seperti *Internet of Things (IoT)*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Big Data and Analytics*, *Autonomous Robots*, *Simulation*, *Cloud Computing*, *Augmented and Virtual Realities*, Manufaktur Aditif, Pembelajaran Mesin, Keamanan Siber, dan Integrasi Sistem Horizontal dan Vertikal. Teknologi ini mendukung aktivitas manusia dengan memfasilitasi pemantauan, analisis, dan pengambilan keputusan secara real-time, menghasilkan proses yang lebih baik, peningkatan daya saing, dan kemudahan dalam memenuhi ketidakstabilan pasar dan perubahan permintaan untuk produk yang disesuaikan.

Sebelum pembahasan lebih berfokus pada perkembangan pada revolusi Industri 4.0, maka perlu diperjelas perbedaan Revolusi industri 1.0, 2.0 dan 3.0 sebagaimana pada gambar berikut ini.



Gambar 1.1 Perkembangan Revolusi Industri

Revolusi industri pertama terjadi pada akhir abad ke-18. Itu benar-benar mengubah cara kerja manufaktur karena semakin banyak mesin mulai menggantikan manusia. Revolusi mengubah cara manusia berpikir, hidup dan bekerja, dan menjadi tren yang terus berkembang hingga saat ini.

Untuk Revolusi industri kedua terjadi pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20. Ini meningkatkan teknologi yang ada dan membantu menghubungkannya ke dalam satu ekosistem. Untuk revolusi industri ketiga terjadi ketika komputer dan otomasi mengambil alih sebagian besar proses produksi. Hal itu membawa perubahan yang meningkatkan presisi dan kualitas produk.

Revolusi industri keempat yang berfokus pada IoT, AI, dan analitik data untuk meningkatkan desain, produksi, dan kualitas produk serta produktivitas. Dari uraian diatas muncul beberapa pertanyaan 5W (*What, Where, Why, Who, When* dan 1 H (*How*). Penjelasan lebih rinci akan dijelaskan lebih lanjut.

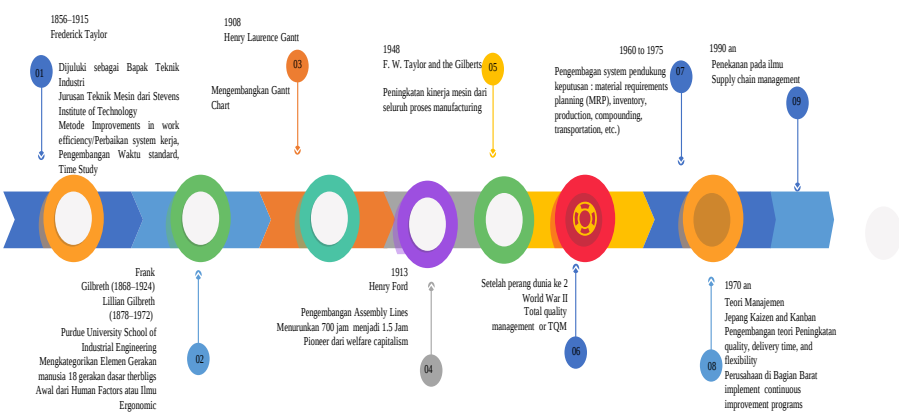
1.2 Evolusi Teknik Industri

Teknik industri adalah profesi teknik yang berkaitan dengan optimalisasi proses, sistem, atau organisasi yang kompleks dengan mengembangkan, meningkatkan, dan

menerapkan sistem orang, uang, pengetahuan, informasi, dan peralatan yang terintegrasi. Teknik industri adalah pusat operasi manufaktur.

1.2.1 Perkembangan Teknik Industri dari 1856 sampai tahun 1990-an

Teknik Industri sudah dikenal oleh banyak orang, khususnya yang mempelajari keilmuan teknik industry. Untuk memudahkan mengetahui awal mulanya muncul bidang teknik Industri, berikut adalah gambar yang memberikan informasi tentang perkembangan teknik industri.



Gambar 1.2 Perkembangan Teknik Industri Sebelum tahun 2000

1.2.2 Perkembangan Teknik Industri dari tahun 2000 an sampai 2023

Perkembangan Teknik Industri dari tahun 2000-an sampai tahun 2023 jika dicari menggunakan *google* terdapat 2.680.000 hasil temuan. Sementara jika dicari hanya sampai tahun 2022 ditemukan hasil sebanyak 1.120.000 Bisa dikatakan bahwa terjadi peningkatan sebanyak 1.560.000 atau sekitar 58,2 % hasil pencarian. Hal ini menunjukkan bahwa pembahasan mengenai perkembangan Teknik Industri terus mengalami

peningkatan. Perkembangan ilmu pengetahuan sangatlah cepat tentu saja akan membuat banyak perubahan yang terjadi baik dari manusia, material, system, mesin, dan sumber daya lainnya.

Partisipasi manusia pada abad 20 ini mulai berkurang karena telah dimulainya era digital. Banyak teknologi mesin analog yang sudah beralih menjadi teknologi - teknologi canggih secara digital. Sebagai contoh perusahaan manufaktur bisa memonitor pekerjaan di plant dari jarak jauh tanpa berada di lokasi, Pertemuan-pertemuan dengan *suppliers* dan *customers* bisa dilakukan secara daring dan banyak lagi contoh lainnya. Hal ini menyebabkan terjadinya beberapa perubahan cara berpikir, cara bekerja dan serta bisa membuat system menjadi lebih efisien dan efektif.

Perubahan itu terjadi hampir disemua sektor, Setelah adanya revolusi 3.0 ini, masa industri perlahan bertransisi menjadi masa informasi. Untuk sektor manufaktur, revolusi ketiga ini merupakan revolusi paling penting dikarenakan manufaktur sangat sulit dilakukan oleh manusia dan membutuhkan keilmuan tingkat tinggi.

Dari revolusi Industri 1.0, 2.0 dan 3.0 terjadi perubahan-perubahan yang sangat signifikan dan tentu saja revolusi 3.0 ke revolusi 4.0 menghasilkan banyak perubahan. Revolusi 4 terfokuskan pada perkembangan dunia digital seperti IOT (Internet of Things), pertukaran data seperti *cyber-physical*, *cloud computing*, dan *cognitive computing*, tenaga manufaktur, dan banyak lagi.

Industri 4.0 digunakan untuk menggambarkan pendekatan modern manufaktur yang digunakan yaitu otomatisasi, *Internet of Things*, dan robotika. Ini adalah praktik yang berbeda dari teknik industri yang sebelumnya dimana proses pengerjaan produk masih menggunakan cara konvensional sebagai contoh dalam hal menggambar produk dimana dulunya menggunakan pensil dan meja gambar, akan tetapi sekarang sudah menggunakan komputer dan

hasilnya tentu lebih baik, akurat dan lebih mudah untuk digunakan oleh banyak kalangan. Sekarang, kita berada di ujung revolusi teknologi yang akan mengubah cara hidup kita secara drastis, bekerja, dan berkomunikasi (Kuper, 2020)

Oleh karena itu, Dengan alat digital yang tepat dan solusi AI canggih, para insinyur dapat membuat produk berkualitas lebih tinggi dengan lebih cepat, membuat perubahan sesuai permintaan konsumen, dan menaklukkan pasar dengan lebih efisien (Eldin, 1995).

Beberapa Teknologi yang sering disebut pada Revolusi Industri 4.0. Sebagai fitur utama, IR 4.0 ditandai dengan kombinasi teknologi yang mengaburkan disiplin fisik, digital, dan biologi (Andreja Rojko, 2017).

1. Internet of Things (IoT)

IoT adalah teknologi yang menggunakan sensor untuk menghubungkan semua elemen individual dalam sistem manufaktur dengan satu komputer yang menyediakan pemantauan real-time dan mengumpulkan data.

Internet of Things dapat membantu meningkatkan semua aspek rantai pasokan, dengan menggunakan sensor kecil. Dengan begitu, perusahaan manufaktur, dan para insinyurnya memiliki kendali lebih besar atas proses desain dan manufaktur produk. Semua keputusan yang mereka buat didasarkan pada informasi berkualitas tinggi yang dihasilkan oleh sensor. Penerapan IoT di manufacturing sudah dilakukan (Santhosh, Srinivsan and Ragupathy, 2020)

2. Big Data

Big data adalah sumber informasi yang sangat besar yang dapat digunakan untuk meningkatkan manufaktur dan seluruh operasi bisnis. AI tingkat lanjut dan alat analitik data memungkinkan organisasi untuk menemukan,

menganalisis, dan menyimpan data di semua tahap produksi. Data tersebut dapat meningkatkan desain produk, meningkatkan efisiensi karyawan, dan menemukan solusi yang lebih baik untuk semua jenis masalah.

Industri 4.0 dan kesuksesan teknik saat ini sangat bergantung pada big data, karena sebagian besar praktik 100% digerakkan oleh data. Data adalah satu-satunya hal nyata yang dapat membantu perusahaan mengoptimalkan kinerja di setiap tahapan produksi. Namun, data besar juga dapat digunakan untuk menganalisis tren konsumen, menghasilkan wawasan yang dapat membantu para insinyur menciptakan produk yang sempurna (Xingsen Li, 2022).

3. Simulasi Rekayasa

VR dan AR sekarang digunakan untuk menciptakan kembali situasi realistis yang memungkinkan para insinyur menguji ide dan solusi dalam lingkungan virtual. Mereka juga dapat menggunakan gambar 3D dan hologram untuk menunjukkan dengan tepat potensi kelemahan produk, meningkatkan desain, mengurangi kesalahan, dan mengurangi keseluruhan waktu pemasaran.

4. Manufaktur Aditif

Teknologi pencetakan 3D dan 4D dengan cepat menemukan penerapannya di berbagai industri. Mereka dapat membantu para insinyur merancang dan membuat produk yang tidak dapat dibuat menggunakan teknik tradisional. Selain itu, AM mempromosikan penggunaan material baru yang mempermudah tahap produksi akhir.

1.2.3 Tatangan dan peluang Teknik Industri di masa akan datang

Pembahasan mengenai prospek pekerjaan teknik industri, pekerjaan untuk insinyur industri diproyeksikan tumbuh sebesar 10% antara 2019 dan 2029. Ini jauh lebih cepat dibandingkan rata-rata proyeksi pertumbuhan lapangan kerja di semua pekerjaan teknik dan semua pekerjaan pada umumnya, yang hanya sebesar 4%. Pada Mei 2020, gaji tahunan rata-rata untuk insinyur industri adalah \$88.950. (Biro Statistik Tenaga Kerja, 2021)

Berdasarkan *Google search* dengan kode pencarian "*Opportunity in industrial engineering*" didapatkan sebanyak 444.000.000 hasil. Sedangkan dengan keyword *opportunity in industrial engineering review* didapatkan sebanyak 257.000.000. Hal ini memperlihatkan bahwa topik perkembangan teknik industri banyak didiskusikan.

Menurut Roberta Assis Costa dan rekan penulisnya, ada "perluasan dalam penggunaan teknologi dalam berbagai topik teknik industri, yang ditampilkan oleh *augmented reality*, *Internet of Things*, sistem fisik maya, dan komputasi awan. Jadi, penerapan teknologi ini memungkinkan pengoptimalan proses, keamanan yang lebih besar bagi karyawan, dan pengurangan biaya yang lebih besar. Oleh karena itu, revolusi industri baru menciptakan kebutuhan untuk menyesuaikan para profesional dan akademisi dari lingkungan Teknik Industri dengan tuntutan pasar yang baru"

Pada bagian di bawah ini, keterampilan teknis dan umum yang perlu dikembangkan oleh insinyur industri untuk memenuhi tuntutan revolusi industri keempat akan dibahas.

Keterampilan Penting untuk Insinyur Industri

- Analisis Sistem.
- Produksi dan Pengolahan.
- Komputer dan Elektronik
- Otomasi.

Untuk mendapatkan *update* dari informasi mengenai keilmuan teknik industri yang paling dibutuhkan menggunakan *keyword* ditemukan sebanyak 9.210.000 hasil. keterampilan yang diperlukan teknik industri di dunia kerja adalah :

- 1) Problem Solving Pada dasarnya, peran utama seorang insinyur industri (*industrial engineer*) adalah untuk membuat sistem dan proses lebih efisien.
- 2) Perencanaan Proyek Setiap proyek, misalnya di sebuah perusahaan, membutuhkan teknologi yang optimal dan jumlah tim yang tepat.
- 3) Kemampuan Matematika. Teknik industri memang membutuhkan pemahaman yang kuat tentang aljabar linier, probabilitas, dan riset operasi. Selain itu, di dalam perkuliahan juga mempelajari prinsip-prinsip kalkulus, trigonometri, dan topik lanjutan lainnya dalam matematika analisis, desain, dan pemecahan masalah dalam pekerjaan.
- 4) *Detail Oriented Skill* yang berorientasi pada detail (*detail oriented*) ini bisa mencakup banyak hal
- 5) *Skill* Komunikasi Salah satu daya tarik Teknik Industri adalah keilmuannya yang cenderung ‘serba ada’ dan bisa diterapkan di hampir semua bidang. Itulah mengapa, ada insinyur industri yang bekerja di rumah sakit, pabrik, dirgantara, dan bahkan taman hiburan.
- 6) *Data Science* Bisa dikatakan bahwa skill yang satu ini masih relatif baru dan tentunya banyak dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreja Rojko (2017) 'Industry 4.0 Concept: Background and Overview'.
- Biro Statistik Tenaga Kerja (2021) *Biro Statistik Tenaga Kerja AS*.
- Eldin, H. K. (1995) 'The future of Industrial Engineering an interdisciplinary integrated approach', *Current Advances in Mechanical Design and Production VI*, pp. 491–494. doi: 10.1016/b978-008042140-7/50044-5.
- Kastori, R. *et al.* (2022) *Dampak Berkembangnya Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Akibat Globalisasi, KOMPAS*.
- Kuper, H. (2020) 'Industry 4.0: changes in work organization and qualification requirements—challenges for academic and vocational education', *Entrepreneurship Education*, 3(2), pp. 119–131. doi: 10.1007/s41959-020-00029-1.
- Santhosh, N., Srinivsan, M. and Ragupathy, K. (2020) 'Internet of Things (IoT) in smart manufacturing', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 764(1). doi: 10.1088/1757-899X/764/1/012025.
- Xingsen Li (2022) 'Challenges of Industrial Engineering in Big Data Environment and Its new Directions on Extension Intelligence'. Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922020567>.

BAB 2

TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI

Oleh Ansarullah Lawi

2.1 Pendahuluan

Teknik dan Manajemen Industri adalah bidang yang sangat penting di Era Digital saat ini (W. Sutopo, 2019). Dengan kemajuan teknologi yang pesat dan perubahan yang terjadi di tempat kerja, ada kebutuhan yang meningkat untuk individu yang terlatih dalam bidang ini. Teknik Industri melibatkan integrasi mesin, manusia, bahan produksi, uang, dan metode ilmiah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam operasi manufaktur atau industri lainnya (Salvendy, 2001). Manajemen Industri, di sisi lain, melibatkan penerapan praktik manajemen untuk bidang teknik untuk perencanaan yang efektif dan operasi yang efisien (Kuruhade et al., 2020).

Pada Bab ini, kita akan membahas bagaimana kemajuan teknologi dan perubahan di tempat kerja mempengaruhi bidang Teknik dan Manajemen Industri. Selain itu, akan dijelaskan juga bagaimana produksi menjadi digital, serta seperti apa peran manajer teknik dalam dunia bisnis dan bagaimana tantangan yang dihadapinya. Dengan memahami pentingnya Teknik dan Manajemen Industri di Era Digital saat ini, kita dapat lebih baik mempersiapkan diri untuk menghadapi tantangan yang ada di depan.

2.2 Konsep Teknik dan Manajemen Industri

Teknik Industri adalah bidang yang melibatkan integrasi mesin, manusia, bahan produksi, uang, dan metode ilmiah untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam operasi manufaktur atau industri lainnya. Ini melibatkan penggunaan prinsip-prinsip teknik untuk merancang, meningkatkan, dan menginstal sistem terintegrasi yang melibatkan orang, bahan, dan energi dalam industri (Mekala et al., 2021).

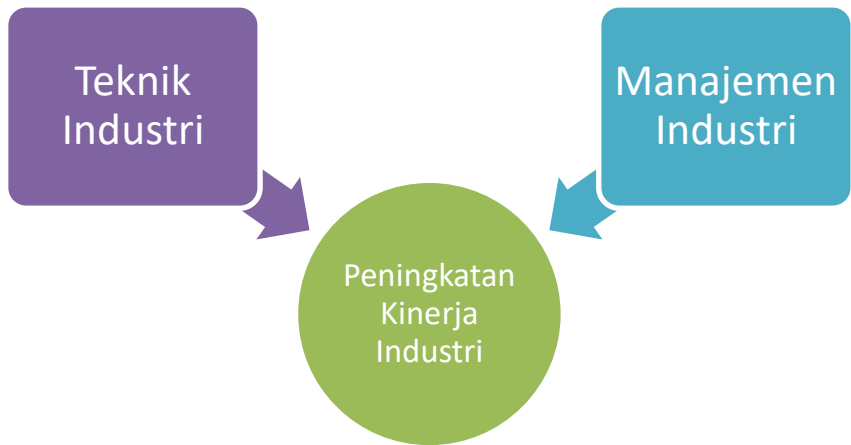
Manajemen Industri, di sisi lain, melibatkan penerapan praktik manajemen untuk bidang teknik untuk perencanaan yang efektif dan operasi yang efisien. Ini melibatkan penggunaan alat-alat manajemen seperti penetapan target, pengukuran kinerja, dan pengambilan keputusan untuk mengelola operasi industri (Murray & Raper, 1997).

Meskipun Teknik dan Manajemen Industri adalah bidang yang sedikit berbeda, tetapi keduanya saling terkait erat (Elrod et al., 2007). Teknik Industri memberikan dasar teknis untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam operasi industri, sedangkan Manajemen Industri memberikan kerangka manajemen untuk mengelola operasi tersebut secara efektif. Keduanya saling melengkapi untuk mencapai tujuan bersama yaitu meningkatkan kinerja industri.

Perbedaan utama antara Teknik dan Manajemen Industri terletak pada fokus masing-masing bidang. Teknik Industri lebih fokus pada aspek teknis dari operasi industri, seperti desain sistem, peningkatan proses, dan penggunaan teknologi canggih. Manajemen Industri, di sisi lain, lebih fokus pada aspek manajemen dari operasi industri, seperti perencanaan strategis, pengambilan keputusan, dan pengelolaan sumber daya manusia.

Secara keseluruhan, Teknik dan Manajemen Industri adalah bidang yang saling terkait erat yang bekerja sama untuk meningkatkan kinerja industri (**Gambar 2.1**). Dengan

memahami konsep-konsep dasar dari kedua bidang ini serta perbedaan dan hubungan antara keduanya, individu dapat mempersiapkan diri untuk karir yang sukses dalam bidang Teknik dan Manajemen Industri.



Gambar 2.1 Hubungan Teknik Industri dan Manajemen Industri

2.3 Perkembangan Teknologi dan Perubahan di Tempat Kerja

Kemajuan teknologi dan perubahan di tempat kerja telah mempengaruhi bidang Teknik dan Manajemen Industri secara signifikan (Cascio & Montealegre, 2016). Dengan kemajuan dalam teknologi informasi dan komunikasi, produksi menjadi semakin digital dan terhubung. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas melalui penggunaan teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), sistem fisik cyber, *big data*, *Machine Learning & Artificial Intelligence*, dan manufaktur pintar (Yang et al., 2019).

Perubahan di tempat kerja juga mempengaruhi bidang Teknik dan Manajemen Industri. Dengan pergeseran menuju pekerjaan berbasis pengetahuan, ada kebutuhan yang

meningkat untuk pengelolaan tim yang terdiri dari ahli teknik dari berbagai disiplin ilmu. Selain itu, tempat kerja seringkali virtual, tidak terdefinisi dengan baik atau berubah dengan cepat. Untuk mengelolanya secara efektif dalam lingkungan yang dinamis dan tidak terstruktur, maka diperlukan pemahaman tentang interaksi aspek teknis, organisasi, dan perilaku.

Secara keseluruhan, perkembangan teknologi dan perubahan di tempat kerja menunjukkan bahwa bidang Teknik dan Manajemen Industri terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi dan perubahan di tempat kerja. Dengan kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan ini, individu dapat mempersiapkan diri untuk karir yang sukses dalam bidang Teknik dan Manajemen Industri.

2.4 Peran Ahli Teknik dan Manajemen Industri dalam Dunia Bisnis

Seperti yang telah diuraikan sebelumnya bahwa Teknik dan Manajemen Industri adalah bidang yang saling terkait erat yang bekerja sama untuk meningkatkan kinerja industri. Teknik Industri memberikan dasar teknis untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam operasi industri, sedangkan Manajemen Industri memberikan kerangka manajemen untuk mengelola operasi tersebut secara efektif. Keduanya saling melengkapi untuk mencapai tujuan bersama yaitu meningkatkan kinerja industri.

Manajer teknik adalah individu yang memiliki latar belakang atau ahli dalam bidang Teknik dan Manajemen Industri serta bertanggung jawab untuk mengelola operasi industri secara efektif (Thamhain, 1992). Dengan kemampuan untuk berkomunikasi dengan baik dengan ahli teknik dari berbagai disiplin ilmu dan membuat keputusan yang tepat untuk inovasi dan keberhasilan organisasi jangka panjang, manajer teknik

dapat membantu perusahaan tetap kompetitif di pasar yang semakin kompetitif.

Salah satu peran utama manajer teknik dalam dunia bisnis adalah memastikan bahwa operasi tetap efisien dan produktif. Ini melibatkan penggunaan alat-alat manajemen seperti penetapan target, pengukuran kinerja, dan pengambilan keputusan untuk mengelola operasi industri secara efektif. Hewage (2021) menyarankan bahwa manajer teknik juga harus mampu mengelola risiko, seperti masalah keamanan siber, sambil tetap menjaga efisiensi dan produktivitas operasi.

Selain itu, manajer teknik juga bertanggung jawab untuk memastikan bahwa perusahaan tetap inovatif dan kompetitif. Ini melibatkan pengembangan produk dan layanan baru yang memenuhi kebutuhan pelanggan serta peningkatan proses produksi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Manajer teknik harus mampu bekerja sama dengan tim penelitian dan pengembangan serta tim pemasaran untuk mengidentifikasi peluang baru dan mengembangkan solusi yang inovatif (Tehrani, N., & Ghofraniha, J., 2020).

Manajer teknik juga harus mampu memimpin tim yang terdiri dari ahli teknik dari berbagai disiplin ilmu (Vaegs et al., 2013). Ini melibatkan kemampuan untuk berkomunikasi dengan baik dengan anggota tim serta kemampuan untuk membuat keputusan yang tepat untuk mencapai tujuan bersama. Manajer teknik harus mampu mengelola konflik serta memotivasi anggota tim untuk bekerja sama menuju tujuan bersama.

Secara keseluruhan, peran manajer teknik dalam dunia bisnis sangat penting. Dengan kemampuan untuk mengelola operasi secara efektif, memimpin tim yang terdiri dari ahli teknik dari berbagai disiplin ilmu, serta membuat keputusan yang tepat untuk inovasi dan keberhasilan organisasi jangka panjang, manajer teknik dapat membantu perusahaan tetap kompetitif di pasar yang semakin kompetitif.

2.5 Tantangan yang Dihadapi oleh Manajer Teknik

Manajer teknik menghadapi banyak tantangan dalam menghadapi kemajuan teknologi dan perubahan di tempat kerja. Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat dan perubahan di tempat kerja yang semakin dinamis, manajer teknik harus mampu beradaptasi dengan cepat dan membuat keputusan yang tepat untuk memastikan bahwa perusahaan tetap kompetitif.

2.5.1 Up-to-date dengan Perkembangan Teknologi Terbaru

Chenea (1981) menyatakan bahwa salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh manajer teknik adalah memastikan bahwa perusahaan tetap *up-to-date* dengan perkembangan teknologi terbaru. Ini melibatkan investasi dalam penelitian dan pengembangan serta pelatihan karyawan untuk memastikan bahwa mereka memiliki keterampilan yang diperlukan untuk menggunakan teknologi baru. Manajer teknik juga harus mampu mengevaluasi teknologi baru untuk menentukan apakah itu akan memberikan nilai tambah bagi perusahaan.

2.5.2 Mengelola Perubahan di Tempat Kerja

Selain memastikan bahwa perusahaan tetap *up-to-date* dengan perkembangan teknologi terbaru, manajer teknik juga harus mampu mengelola perubahan di tempat kerja (Cascio & Montealegre, 2016). Dengan perubahan yang semakin cepat di tempat kerja, manajer teknik harus mampu memimpin tim melalui perubahan dan memastikan bahwa transisi berjalan lancar. Ini melibatkan kemampuan untuk berkomunikasi dengan baik dengan anggota tim serta kemampuan untuk membuat keputusan yang tepat untuk mencapai tujuan bersama.

2.5.3 Mengelola Risiko Kemajuan Teknologi

Manajer teknik juga harus mampu mengelola risiko yang terkait dengan kemajuan teknologi (Skelton & Thamhain, 2003). Ini melibatkan identifikasi risiko yang mungkin timbul serta pengembangan strategi untuk mengelola risiko tersebut. Manajer teknik harus mampu menyeimbangkan kebutuhan untuk tetap kompetitif dengan kebutuhan untuk menjaga keamanan dan stabilitas operasi.

Secara keseluruhan, tantangan yang dihadapi oleh manajer teknik dalam menghadapi kemajuan teknologi dan perubahan di tempat kerja sangat besar. Namun, dengan kemampuan untuk beradaptasi dengan cepat, membuat keputusan yang tepat, dan mengelola risiko secara efektif, manajer teknik dapat membantu perusahaan tetap kompetitif di pasar yang semakin kompetitif.

2.6 Kurikulum Teknik dan Manajemen Industri dalam Menghadapi Tantangan di Era Digital

Sebagai seorang ahli teknik dan manajemen industri, manajer teknik memiliki peran penting dalam mengelola organisasi bisnis agar dapat beradaptasi dengan perubahan yang terjadi di era digital. Transformasi digital abad 21 telah membawa banyak perubahan pada dunia bisnis. Perusahaan harus dapat beradaptasi dengan cepat agar dapat bersaing di pasar global yang semakin ketat. Oleh karena itu, kurikulum teknik dan manajemen industri harus disesuaikan dengan kebutuhan pasar digital saat ini (Woschank, M., & Pacher, C., 2020).

Menghadapi tantangan ini, pengembangan kurikulum Teknik dan Manajemen Industri dapat diuraikan sebagai berikut:

1. *Up-to-date* dengan Perkembangan Teknologi Terbaru
Kurikulum teknik dan manajemen industri harus selalu up-to-date dengan perkembangan teknologi terbaru seperti big

data analytics, artificial intelligence, dan internet of things. Beberapa contoh bahan kajian yang dibutuhkan untuk mendukung kompetensi ini antara lain:

- *Data Analytics & Visualization*
- *Machine Learning & Artificial Intelligence*
- *Internet of Things & Smart Systems*

2. Mengelola Perubahan di Tempat Kerja

Kurikulum juga harus menekankan pada pengembangan keterampilan untuk mengelola perubahan di tempat kerja seperti change management, leadership, dan communication skills. Beberapa mata kuliah yang relevan untuk mendukung pengelolaan ini antara lain:

- *Change Management & Organizational Behavior*
- *Leadership & Team Management*
- *Business Communication & Negotiation Skills*

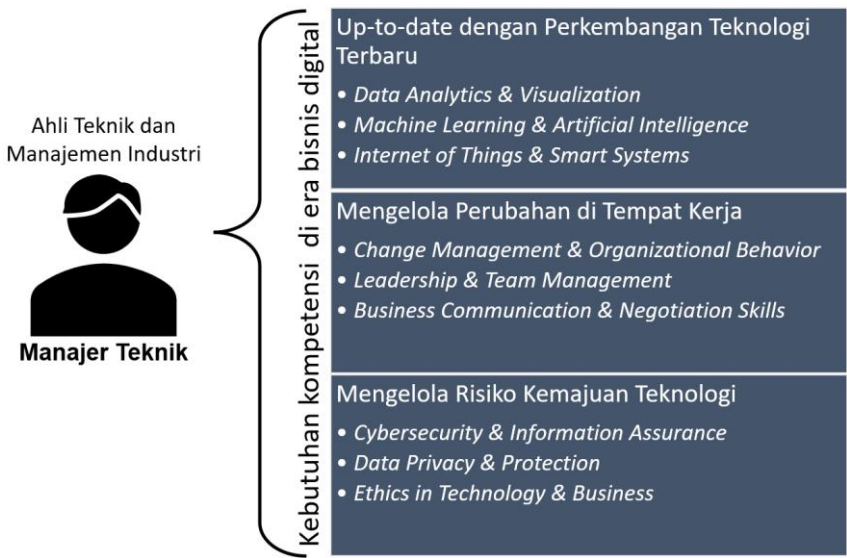
3. Mengelola Risiko Kemajuan Teknologi

Kurikulum juga harus menekankan pada pengembangan keterampilan untuk mengelola risiko kemajuan teknologi seperti cybersecurity, data privacy, dan ethical considerations. Beberapa mata kuliah yang relevan dalam mendukung kompetensi ini antara lain:

- *Cybersecurity & Information Assurance*
- *Data Privacy & Protection*
- *Ethics in Technology & Business*

Selain itu, kurikulum juga harus disesuaikan dengan kebutuhan pasar digital saat ini seperti adanya persaingan yang semakin ketat dan perubahan teknologi yang cepat. Kurikulum harus terus diperbarui dan disesuaikan dengan perkembangan zaman agar dapat menyesuaikan dengan pasar digital. Dalam menghadapi tantangan transformasi digital abad 21, manajer teknik juga harus memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan yang terjadi. Manajer teknik harus dapat memahami tren pasar digital serta memperbarui pengetahuan

dan keterampilannya secara terus-menerus agar dapat menghadapi tantangan transformasi digital dengan baik.



Gambar 2.2 Kebutuhan kompetensi yang harus dimiliki oleh ahli Teknik dan Manajemen Industri di era digital.

Dan yang tak kalah pentingnya, kurikulum juga harus menekankan pada pengembangan *soft skills* seperti kemampuan berpikir kritis, kolaborasi tim, dan adaptabilitas. Hal ini penting karena transformasi digital membutuhkan tenaga kerja yang mampu berpikir kritis dalam mengambil keputusan serta mampu bekerja sama dalam tim untuk mencapai tujuan bersama.

2.7 Kesimpulan

Bidang Teknik Industri memberikan dasar teknis untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam operasi industri, sedangkan Manajemen Industri memberikan kerangka

manajemen untuk mengelola operasi tersebut secara efektif. Keduanya saling melengkapi untuk mencapai tujuan bersama yaitu meningkatkan kinerja industri.

Dalam era digital saat ini, Teknik dan Manajemen Industri menjadi semakin penting karena perusahaan harus mampu mengintegrasikan teknologi digital ke dalam operasi mereka untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Oleh karena itu, individu yang terlatih dalam bidang ini akan memiliki peluang menjadi seorang manajer teknik yang handal di masa depan. Untuk mendukung hal tersebut, kurikulum Teknik dan Manajemen Industri harus selalu *up-to-date* dengan perkembangan teknologi terbaru, agar lulusan yang akan menjadi manajer teknik ini, dapat memenuhi kebutuhan industri saat ini dan masa depan serta memiliki keterampilan lengkap untuk bersaing di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

- Cascio, W. F., & Montealegre, R. 2016. *How Technology Is Changing Work and Organizations*. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 3(1), 349–375. <https://doi.org/10.1146/annurev-orgpsych-041015-062352>
- Chenea, P. F. 1981. *Engineering management challenges*. *Engineering Management International*. [https://doi.org/10.1016/0167-5419\(81\)90003-x](https://doi.org/10.1016/0167-5419(81)90003-x)
- Elrod, C. C., Rasnic, A., & Daughton, W. 2007. *Engineering Management And Industrial Engineering: Similarities And Differences*. In 2007 Annual Conference & Exposition. <https://doi.org/10.18260/1-2--2127>
- Hewage, C. T. E. R. 2021. *Opportunities, Challenges and Strategies for Integrating Cyber Security and Safety in Engineering Practice*. *Engineering Technology*. <https://doi.org/10.19080/etoaj.2021.03.555622>
- Kurhade, A., Ninawe, P., Bhange, A., & Kulkarni, V. 2020. *Productivity Optimization in a Fabrication Based Manufacturing unit using Industrial Management Principles*. International Journal of Management and Humanities. <https://doi.org/10.35940/ijmh.i0914.054920>
- Mekala, N., Sanju, S. D., Thamaraiselvan, V., & Kavya, M. 2021. *Implementation of Industrial Engineering concepts in Apparel Industry to improving Productivity and it's cost reduction*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1059(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1059/1/012027>

- Murray, S., & Raper, S. A. 1997. *Engineering Management And Industrial Engineering: Six One Way, A Half Dozen The Other*. In 1997 Annual Conference Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2--6543>
- Salvendy, G. (2001). *Handbook of industrial engineering : technology and operations management*. In Wiley eBooks. Wiley. <http://ci.nii.ac.jp/ncid/BA53319285>
- Skelton, T., & Thamhain, H. J. 2003. The human side of managing risks in high-tech product developments. In IEMC '03 Proceedings. Managing Technologically Driven Organizations: The Human Side of Innovation and Change. <https://doi.org/10.1109/iemc.2003.1252344>
- Tehrani, N., & Ghofraniha, J. 2020. *Innovation Challenges for Engineering Managers*. International Journal of Multidisciplinary Research and Publications (IJMRAP), Vol 2 (7), pp. 9-10, 2020.
- Thamhain, H. J. 1992. *Engineering Management: Managing Effectively in Technology-Based Organizations*.
- Vaegs, T., Zimmer, I., Schröder, S., Leisten, I., Vossen, R., & Jeschke, S. 2013. Fostering interdisciplinary integration in engineering management. In Industrial Engineering and Engineering Management. <https://doi.org/10.1109/ieem.2013.6962367>
- W. Sutopo. 2019. *The Roles of Industrial Engineering Education for Promoting Innovations and Technology Commercialization in the Digital Era*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 495. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/495/1/012001>

- Woschank, M., & Pacher, C. 2020. *Fostering Transformative Learning Processes in Industrial Engineering Education*. Proceedings of the 5th NA International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan, USA, August 10 - 14, 2020
- Yang, H., Kumara, S. R. T., Bukkapatnam, S. T. S., & Tsung, F. 2019. *The internet of things for smart manufacturing: A review*. IISE Transactions, 51(11), 1190–1216. <https://doi.org/10.1080/24725854.2018.1555383>

BAB 3

SISTEM DAN TEKNIK INDUSTRI

Oleh Sutresna Juhara

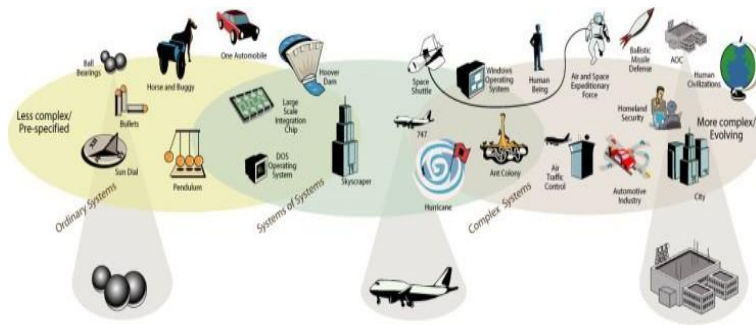
3.1 Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam bidang kerekayasaan telah banyak memberikan dampak terhadap perkembangan teknologi industri dan aplikasi keilmuan Teknik Industri berdasarkan perkembangan Industri itu sendiri (baca: revolusi industri). Revolusi Industri pertama, yang dicirikan dengan penemuan mesin uap dan berkembangnya industri pembuatan produk yang terus berkembang dari industri pembuatan produk individu (satuan) menjadi suatu kegiatan produksi masal telah mewarnai dan munculnya konsep efisiensi, efektifitas dan produktifitas.

Saat ini, lingkungan industri semakin kompleks dengan batasan geografis yang semakin tipis, kini kita kenal konsep Global Production Chain. Perkembangan Industri dan produknya semakin kompleks, sebagai contoh sebuah mobil yang pada awalnya hanya memerlukan tenaga mekanik kini membutuhkan teknologi elektronik, dari berbahan bakar minyak kini berkembang menggunakan energi listrik, energi matahari, teknologi digital, internet of things dan terus akan berkembang. Demikian juga mesin produksi, dari sistem manual berkembang dioperasikan secara otomatis, menggunakan layar sentuh dan sebagainya. Ini artinya pendekatan sistem untuk memecahkan suatu permasalahan adalah sudah merupakan suatu keniscayaan yang tidak dapat dihindari.

Dalam dunia akademis, sebagai contoh perkembangan keilmuan Teknik Industri di Indonesia (yang kelahirannya dipelopori ITB) lahir dan tumbuh berkembang dari keahlian profesi Teknik Mesin (Teknik Produksi), yang saat itu belum dikenal komputer ataupun robot-robot industri, kini telah berkembang pesat mengikuti perkembangan teknologi dan perkembangan industri. Hal ini terlihat dari perubahan-perubahan kurikulum Pendidikan keahlian Teknik Industri seperti yang selalu di bahas dan di-update oleh Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Teknik Industri Indonesia (BKSTI). Di skala Internasional, Institute of Industrial Engineering (IIE) yang merupakan organisasi dunia bagi para profesional Teknik Industri yang bermarkas di Amerika Serikat. IIE memandang bahwa Sistem Engineering merupakan evolusi secara alamiah dari bidang keahlian Teknik Industri. Teknik Industri (Industrial Engineering) berfokus pada realisasi suatu produk melalui proses perancangan, perbaikan dan pemasangan suatu produk / proses /peralatan produksi secara efektif dan efisien yang akan diserahkan kepada konsumen. Kemudian berkembang dan fokus terhadap perancangan, perbaikan dan pemasangan dari suatu sistem yang lebih kompleks dibandingkan produk pada umumnya. Dengan demikian suatu produk dapat dipandang sebagai suatu sistem manakala mencapai kompleksitas tertentu (*"integrated systems"*). Disinilah peran *'System thinking'* sebagai suatu konsep dalam menganalisa suatu sistem melalui mekanisme pemodelan sistem dalam menyederhanakan suatu permasalahan yang kompleks menjadi sederhana sehingga akan membantu mempermudah penyelesaian melalui integrasi sistem yang terdiri dari sumberdaya manusia, peralatan, informasi dan energi yang dibutuhkan dalam proses merealisasikan produk dan sistem. Berdasarkan perkembangan industri dan implementasi keilmuan Teknik Industri, maka evolusi Teknik Industri menjadi Teknik dan Sistem Industri sudah merupakan suatu kewajaran yang harus dialami.

Gambar dibawah menunjukkan evolusi kompleksitas sebuah sistem yang harus dihadapi perekraya industri. [Kuras and White, INCOSE, 2005]



Gambar 3.1 Evolusi kompleksitas sistem
(sumber : Kuras and White, INCOSE, 2005)

Dalam implementasi sistem engineering (SE), dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

1. *Product Systems Engineering*: membahas interkoneksi yang penting dalam siklus hidup produk yang semakin pendek dan kompleksitas dari produk
2. *Service Systems Engineering*: membahas penggunaan SE untuk merancang produk yang berupa jasa
3. *Enterprise Systems Engineering*: membahas aplikasi SE dalam rangka meningkatkan performa dari sebuah bisnis atau yayaan.

Berikut dalam tabel kelompok implementasi sistem engineering tersebut:

Tabel 3.1. Kelompok Generik Sistem Engineering

Name	<i>Discovery</i>	<i>Program Systems Engineering</i>	<i>Approach</i>
Also known as	Specialist systems engineering Concept exploration “SYSTEMS engineering” “The engineering discipline applied to the science of complexity” (Senglaub 1996) A discipline	Coordinator or generalist systems engineering Technical side of program management “systems ENGINEERING” “Reduction to practice” (Dahlberg 1999) Concurrent engineering	The systems engineering process Just good common sense Problem solving using the scientific method What every engineer should do
Main goal	Verifying that the problem can be solved and finding a feasible solution to the problem. Very high complexity in problem space .	Maintaining focus on customer need, trading off solutions, providing a cost-effective solution on time and under budget. Complexity in solution space and possibly organizational.	Not jumping to a solution, functions before objects, maintaining focus on what customer really wants, ensuring integration. Complexity in the variation of applications , and possibly product lines.
Timing	Can be the initial phase of creating a large system	Can follow <i>Discovery</i> in building a large system	Cradle to grave
Consists of	Systems analysis and modeling; mission analysis, threat analysis. Unprecedented problems.	Unprecedented ways of putting together largely precededented components to meet a new variation of a known need.	A method or process for performing any kind of engineering
Examples	Postwar large projects like Atlas, SAGE, even Boston Central Artery/Tunnel, air traffic control, space missions, war fighting capability	Realization of satellites, airplanes, avionics systems, control systems, large information systems, especially those including hardware	Elevators, consumer goods, software, subsystems and components of larger systems, and many applications outside engineering
References	(Hughes 1998, McClinton 1994, Shishko 1999)	(Jeffroy et al. 1999, Kasser 1994 and 1996, Sheard 1992)	(Harwell 1996, Bahill 1996)

(Sumber : Sarah A Sheard)

3.2 Body of Knowledge

Secara definisi seperti yang dikembangkan oleh Institute of Industrial Engineering (IIE) yang sekarang menjadi Institue of Industrial & System Engineering (IISE), bahwa *Industrial Engineering (IE) is concerned with the design, improvement and installation of integrated system of people, materials, information, equipment, and energy. It draws upon specialized knowledge & skill in the mathematical, physical & social sciences together with the principles & methods of engineering analysis and design, to*

specify, predict and evaluate the results typically obtain from such systems.

Definisi di atas menunjukkan, bahwa betapa luas dan bervariasinya profesi Teknik Industri, maka secara keilmuan wajar kalau terjadi semacam evolusi ruang lingkup Teknik Industri dari saat kelahirannya hingga era digital saat ini menjadi Teknik dan Sistem Industri, bahkan sangat memungkinkan untuk ke depan bisa terjadi perkembangan yang lebih masip sesuai bidang-bidang keahlian yang berkembang saat ini baik di lingkungan akademisi maupun praktisi industri. Itulah mengapa body of knowledge Teknik Industri dan Teknik & Sistem Industri memiliki banyak kesamaan. Batang tubuh keilmuan Teknik dan Sistem Industri sesuai Institute of Industrial & System Engineering meliputi 14 lingkup area keilmuan, seperti terlihat dalam gambar berikut:



Gambar 3.2. Body of Knowledge Teknik & Sistem Industri
(Sumber : Institute of Industrial & System Engineering-IISE)

Berikut secara rinci materi-materi kajian dari masing-masing batang tubuh tersebut:

1. Work Design & Measurement;

Suatu sistem yang mana manusia dan atau mesin melaksanakan suatu proses atau aktivitas menggunakan material, energi dan informasi secara terintegrasi dengan sumberdaya teknologi dalam rangka menghasilkan suatu produk yang efektif dan efisien.

Desain sistem kerja meliputi suatu proses desain sistem manusia-mesin termasuk metoda kerja, teknologi, peralatan dan lingkungan kerja untuk menjalankan aktivitas produktif suatu perusahaan, yang dalam proses ini adalah memastikan fungsi sumberdaya manusia dan mesin terintegrasi dengan baik. Dan pengukuran sistem kerja meliputi alat dan teknik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan output sistem.

- a) Design sistem process
- b) Performance metrics
- c) Recording & Analitical tools
- d) Time study
- e) Work sampling
- f) Operations analyis
- g) Work environment design

2. Operation Reseach & Analysis

Riset operasi mencakup berbagai model dan teknik pemecahan masalah dengan fokus kepada efisiensi sistem sebagai dukungan terhadap proses pengambilan keputusan. Ranah riset operasi pada dasarnya bersifat matematis dan komputasional yang melibatkan konstruksi pemodelan sitem dalam hal ini model matematis.

- a) Linier programming
- b) Transportation problem
- c) Linear Assigment problem
- d) Network flow & Optimization
- e) Deterministic Dynamic Programming

- f) Integer programming
- g) Non-linear programming
- h) Metaheuristics
- i) Decision Analysis & Game theory
- j) Queuing System

3. Engineering Economic Analysis

Ekonomi Teknik merupakan bidang keilmuan ekonomi yang difokuskan pada proyek keteknikan. Seorang profesional Teknik Industri perlu memahami ukuran-ukuran ekonomi dan teknis dari suatu study kelayakan proyek.

- a) Understanding Value & Utility
- b) Clasification of Cost
- c) Interest and interest formulas
- d) Cash flow analysis
- e) Financial Decision Making & Methods
- f) Replacement analysis
- g) Benefit-Cost Analysis
- h) Analysis of Construction & Production Operations

4. Facility Engineering & Energy Management

Dalam rekayasa fasilitas ini berkaitan dengan pengaturan sumberdaya fisik untuk mendukung optimalisasi kegiatan produksi dan distribusi barang dan jasa. Pengelolaan energi meliputi perencanaan dan pengoperasian energi yang diperlukan suatu fasilitas pabrik untuk mendukung kegiatan produksi dan distribusi barang dan jasa.

- a) Facilites location
- b) Facilites layout & sizing
- c) Material handling
- d) Storage, warehousing, and distribution
- e) Plant and facilities engineering.

5. Quality & Realiability Engineering

Rekayasa kualitas mencakup metoda, teknik dan alat yang digunakan dalam penjaminan dan peningkatan kualitas bidang industri manufaktur dan jasa. Dalam pembuatan

produk fokus untuk menjamin dan mengendalikan kesalahan atau kecacatan produk. Dalam industri jasa meliputi penjaminan dan pengendalian kualitas layanan kepada pelanggan. Rekayasa keandalan menfokuskan untuk mengetahui kemampuan suatu sistem atau komponen dalam kondisi dan periode tertentu.

- a) Quality Concept
- b) Control chart & Process Capability
- c) Acceptance sampling
- d) Rectifying Inspection / Auditing
- e) Design of Experiments
- f) Response Surface Methodology
- g) Lean Six Sigma
- h) Realibility Engineering
- i) Failure Analysis
- j) maintenance

6. Ergonomics & human Factors

Ergonomi dan human factor merupakan bidang ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan desain dan analisis peralatan yang sesuai dengan tubuh manusia dan kognitifnya, termasuk didalamnya kontribusi antropometri, statistik, psikologi, fisiologi, biomekanik, dan lainnya dengan penakan kepada ergonomi fisik, ergonomi kognitif dan ergonomi industri..

- a) Basic of ergonomic
- b) Organizational and social aspect of system design
- c) Anthropometric principles
- d) Work capacity & fatigue
- e) Design of thermal environment
- f) Design of repetitif tasks
- g) Desaign of Manual handling tasks
- h) Desaign of standing and sitting
- i) Vision, light and lighting
- j) Hearing, sound, noise and vibration
- k) Human-machine interaction
- l) Human error & safety.

7. Operations Engineering & Management

Rekayasa dan Manajemen Operasi merupakan bidang keilmuan manajemen yang menangani desain dan analisis proses produksi dan jasa suatu industri untuk memastikan suatu operasi bisnis berjalan dan berfungsi secara efektif, dan efisien menggunakan sumberdaya yang minimal untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.

- a) Operation Planning
- b) Project management
- c) Manufacturing Planning & controlling
- d) Production Scheduling
- e) Inventory Planning & Control
- f) Capacity Planning & control
- g) Material Requirement planning
- h) Maintenance Planning & Control
- i) Operation metrics

8. Supply Chain Management

Cakupan dari Manajemen rantai pasok meliputi pergerakan material, informasi dan finansial dalam suatu rangkaian kegiatan produksi, penyimpanan bahan baku, persediaan barang dalam proses, barang jadi dan jasa dari titik asal ke titik konsumen atau pengguna. Disini terlibat unsur pemasok, produsen, perantara, pergudangan, toko dan perusahaan jasa pengiriman.

- a) Supply Chain Management Fundamentals
- b) Building Competitive Operation, Planning & Logistic
- c) Reverse Logistic
- d) Managing Product Flow
- e) Managing Customers Relationship
- f) Managing Supplier Relationship.
- g) SCOR Analysis

9. Engineering management

Manajemen Rekayasa fokus terkait prinsip-prinsip dan aplikasi rekayasa untuk praktik bisnis, sedangkan rekayasa manajemen operasi lebih berurusan dengan sisi bisnis teknis organisasi.

- a) Customer focus
- b) Leadership, team work & organization
- c) Share knowledge System
- d) Business Processes
- e) Resources & Responsibility
- f) Strategic Management
- g) Human Resources / Capital Management
- h) Organization Performance Management

10. Safety & Health Management

Kesehatan dan Keselamatan Kerja mencakup assesmen penyebab kecelakaan kerja, analisis resiko kesehatan dan keselamatan kerja, peraturan-peraturan terkait K3, praktik manajemen untuk mengurangi paparan bahaya, mencegah kerugian dan metoda serta tindakan untuk mengenali dan mengendalikan bahaya fisik di tempat kerja.

- a) Health & Safety Laws & Regulations
- b) Hazards Recognition, Evaluation & Control
- c) Emergency Planning
- d) Incident & Accident investigation & Repoting
- e) Corporate safety Culture
- f) Risk Assessment & Hazard Analysis

11. Information Engineering

Teknik Informasi merupakan pendekatan dalam perencanaan sistem, analisis dan implementasi teknologi informasi untuk meningkatkan efektifitas, efisiensi dalam pengelolaan data/ informasi pendukung pengambilan keputusan.

- a) Systems concept
- b) Information requirement of organization

- c) Design information output
- d) Data Processing
- e) Data base Concepts
- f) Logical Data Organization
- g) Physical Data Organization
- h) Storage & Processing
- i) System Analysis
- j) System design
- k) Systems Implementation
- l) Data Analytics

12. Design & Manufacturing Engineering

Desain dan Teknik Manufaktur memfokuskan kajian kepada alat dan metoda membuat konsep rekayasa manufaktur, proses produksi dan pemenuhan fitur

- a) Engineering Design Concept
- b) Fundamental of materials
- c) Solidification-based Manufacturing Process
- d) Material Removal Process
- e) Forming-based Process
- f) Particulate Processing
- g) Joining Processes
- h) Additive Manufacturing
- i) Biomedical Manufacturing
- j) Micro and Nano-scale Manufacturing
- k) Manufacturing Planning
- l) Manufacturing Systems

13. Product Design & Development

Desain dan pengembangan produk menekankan kepada metoda-metoda kreatif dalam pemunculan ide-ide yang mengarah kepada penciptaan ide kreatif yang baru dan unik.

- a) Design Process concept
- b) Design process steps
- c) Design Project
- d) Cost Evaluation / Economic-Decision making
- e) Metrics for Design & Development

- f) Design for Manufacture ability
- g) Design for Sx Sigma

14. System Design & Engineering

Desain dan Rekayasa Sistem fokus kepada integrasi secara sistem atas aspek-aspek teknik yang terkait dengan rekayasa industri.

- a) Requirement Analysis and allocation
- b) System architecting
- c) SubSystem Design
- d) Systems construction
- e) Verifying & Validating Requirement
- f) Product and Service design
- g) Role of models in system design process
- h) Completing The System Engineering process.

DAFTAR PUSTAKA

- Buede, D.M, W.D. Miller. 2016. *The Engineering Design of Systems: Models and Methods*. Hoboken, NJ, USA: Wiley.
- DA PAM 70-3. 2008. *Army Acquisition Procedures*. Pamphlet, January 28, 2008, Washington, DC, USA: Department of the Army.
- IISE. 2021. *IISE Body of Knowledge*. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE). Accessed on May 13, 2022. Available: <https://www.iise.org/BodyofKnowledge>.
- Institute of Industrial and Systems Engineers website. *Origins of IISE*. Accessed on November 13, 2021. Available: <https://www.iise.org/details.aspx?id=295>.
- International Council on Systems Engineering (INCOSE) website. *What is systems engineering?* Accessed February 17, 2022. Available: <https://www.incose.org/about-systems-engineering/system-and-se-definition/systems-engineering-definition>.
- Salvendy, G. (ed.) 2001. *Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operations Management*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Badiru, Adedeji B. (ed.) 2001. *Handbook of Industrial And Systems Engineering*, 2nd ed. Boca Raton USA CRC Press.
- Van De Ken, M., J. Talik, and J. Hulse. 2012. "An Introduction to Applying Systems Engineering to In-Service Systems,"
- Proceedings of the 2012 INCOSE International Symposium. 22(1):879-894. Rome, Italy. <https://doi.org/10.1002/j.2334-5837.2012.tb01377.x>.

- Walden, D.D., G.J. Roedler, K.J. Forsberg, R.D. Hamelin, and T.M. Shortell (ed.). 2015. *INCOSE Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities*, 4th Edition. Hoboken, NJ, USA: Wiley.
- Wymore, A.W. 1993. *Model-Based Systems Engineering: An Introduction to The Mathematical Theory of Discrete Systems and to The Tricotyledon Theory of System Design*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Zandin, K.B. (ed.). 2001. *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, 5th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill.

BAB 4

PEMILIHAN LOKASI INDUSTRI

Oleh Evi Yulawati

4.1 Pendahuluan

Industri atau kawasan industri atau sering juga disebut sebagai kawasan perdagangan merupakan area pemusatan kegiatan produksi yang lengkap dengan fasilitas pendukungnya. Kawasan industri dirancang khusus untuk pengembangan industri yang umumnya dikelola oleh sebuah Perusahaan Kawasan Industri.

Kawasan industri umumnya berlokasi jauh dari permukiman sebuah kota. Namun, kawasan ini didukung oleh akses transportasi yang baik seperti jalan tol, pelabuhan atau kereta api. Tujuan pembentukan kawasan industri antara lain:

- ✓ Mempercepat pertumbuhan industri
- ✓ Memusatkan infrastruktur dan fasilitas yang dibutuhkan untuk kegiatan industri
- ✓ Memisahkan dengan kawasan permukiman atau perkotaan untuk meminimasi dampak sosial
- ✓ Memudahkan pengendalian dampak industri terutama terhadap faktor lingkungan

Di Indonesia, sebagian besar kawasan industri berada di pulau Jawa, seperti Pulogadung (Jakarta), Sentul (Bogor), Jababeka (Bekasi), Kota Bukit Indah (Purwakarta), Tugu Wijaya (Semarang) dan Rungkut (Surabaya). Sedangkan beberapa

kawasan di luar pulau Jawa seperti: Otoritas Batam dan Makassar.

Selain kawasan industri di Indonesia terdapat juga yang dikenal dengan kawasan berikat. Kawasan berikat merupakan area yang memiliki keterbatasan terkait kepabeanan. Kawasan ini sepenuhnya diawasi oleh Bea Cukai. Kegiatan di kawasan ini seperti penyimpanan dan penimbunan barang dari luar negeri dan dari tempat lain yang kemudian diolah dengan tujuan untuk diekspor atau diimpor. Jadi pada intinya kawasan ini merupakan area industri yang bertujuan untuk ekspor dan impor. Kawasan berikat di Indonesia berlokasi di Cakung, Semarang, Tanjung Priok dan Batam.

Pemilihan lokasi industri, baik itu untuk lokasi industri baru maupun perluasan, bertujuan agar dapat mendapatkan lokasi industri yang memberikan efisiensi maksimum. Biaya yang dapat dikurangi jika memperoleh lokasi yang tepat seperti: biaya operasional, biaya distribusi serta biaya investasi. Pemilihan lokasi industri yang tepat dapat menjadi strategi bersaing bagi perusahaan (Azargoon and Schroder, 2016).

4.2 Klasifikasi Industri di Indonesia

Di Indonesia, industri dikelompokkan berdasarkan beberapa kategori. Klasifikasi bertujuan untuk mempercepat identifikasi suatu industri dibedakan dengan yang lain. Berikut adalah beberapa klasifikasi industri yang ada di Indonesia:

1. Berdasarkan bahan baku

Kegiatan produksi suatu industri berbeda antara satu dengan yang lain, sehingga bahan baku yang dibutuhkan juga berbeda. Klasifikasi industri dibedakan berdasarkan bahan baku adalah sebagai berikut: industri ekstraktif, industri non-ekstraktif dan industri fasilitatif/tertier. Industri ekstraktif

dan industri non-ekstraktif dibedakan berdasarkan perolehan asal bahan bakunya. Dimana, industri ekstraktif memperoleh bahan bakunya dari alam, sedangkan industri non-ekstraktif memperoleh bahan bakunya dari industri lain. Sedangkan industri fasilitatif/tertier adalah industri jasa yang memenuhi kebutuhan orang lain.

2. Berdasarkan tenaga kerja

Klasifikasi industri dibedakan berdasarkan jumlah tenaga kerja adalah: industri rumah tangga, industri kecil, industri sedang dan industri besar. Pada industri kecil jumlah tenaga kerja yang dimiliki sekitar empat orang, pada industri kecil antara 5-19 orang, industri sedang antara 20-99 orang dan pada industri besar menggunakan tenaga kerja lebih dari 100 orang.

3. Berdasarkan produk yang dihasilkan

Klasifikasi industri dibedakan berdasarkan produk yang dihasilkan adalah: industri primer, industri sekunder dan industri tertier. Industri primer merupakan industri yang menghasilkan produk akhir yang tidak memerlukan pengolahan lanjutan. Kemudian industri sekunder adalah industri yang menghasilkan produk yang memerlukan pengolahan lanjutan. Sedangkan industri tertier adalah industri jasa layanan.

4. Berdasarkan bahan mentah yang digunakan

Klasifikasi industri dibedakan berdasarkan bahan mentah adalah sebagai berikut: industri pertanian, industri pertambangan dan industri jasa. Industri pertanian merupakan industri yang bahan mentahnya diperoleh dari hasil pertanian, kemudian industri pertambangan adalah industri yang bahan mentahnya berasal dari hasil pengolahan tambang. Kemudian industri jasa adalah industri yang

mengelola jasa layanan yang mempermudah beban masyarakat, namun tetap menguntungkan secara finansial.

5. Berdasarkan lokasi unit usaha

Klasifikasi industri dibedakan berdasarkan lokasi unit usaha adalah sebagai berikut: *market oriented industry*, *employment oriented industry*, *supply oriented industry*, industri berdasarkan bahan baku dan *footloose industry*. Industri berorientasi pada pasar merupakan industri yang berlokasi mendekati persebaran wilayah konsumen, kemudian industri berorientasi tenaga kerja adalah industri yang berlokasi di daerah yang banyak memiliki angkatan kerja. Selanjutnya industri berorientasi pada pengolahan merupakan industri yang berlokasi di dekat trmpat pengolahan, kemudian industri berorientasi bahan baku adalah industri yang berlokasi dekat tersedianya bahan baku. Sedangkan industri yang tidak terikat dengan persyaratan lain merupakan industri yang berlokasi dimana saja yang tidak terikat dengan syarat diatas.

6. Berdasarkan proses produksi

Klasifikasi industri berdasarkan proses produksi yang dilakukan adalah sebagai berikut: industri hulu dan industri hilir. Industri hulu merupakan industri yang memasok bahan baku untuk industri yang lain. Sedangkan industri hilir adalah industri yang mengolah bahan baku menjadi barang jadi. yang langsung dapat dimanfaatkan oleh konsumen.

7. Berdasarkan barang yang dihasilkan

Klasifikasi industri berdasarkan barang yang dihasilkan adalah sebagai berikut: industri berat dan industri ringan. Industri berat adalah industri yang memproduksi mesin dan

alat produksi, sedangkan industri ringan merupakan industri yang memproduksi barang yang siap dikonsumsi.

8. Berdasarkan modal yang digunakan

Klasifikasi industri berdasarkan modal yang digunakan dibedakan menjadi: industri dengan penanaman modal dalam negeri (PMDN), industri dengan penanaman modal dalam asing (PMDA) dan industri dengan modal patungan (*joint venture*). PMDN adalah industri dengan dukungan modal dari pemerintah, PMA sebaliknya dimana modalnya dari asing, sedangkan *joint venture* merupakan industri dengan modal kerjasama antara PMDN dan PMA.

9. Berdasarkan subjek pengelola

Klasifikasi industri berdasarkan subjek pengelolanya dibedakan menjadi: industri rakyat dan industri negara. Industri rakyat dikelola oleh rakyat, sedangkan industri negara dikelola atau dimiliki oleh negara yaitu Badan Usaha Milik Negara (BUMN).

10. Berdasarkan cara pengorganisasian

Klasifikasi industri berdasarkan cara pengorganisasian dibedakan menjadi: industri kecil, industri menengah dan industri besar. Industri kecil merupakan industri dengan ciri-ciri organisasi yang relatif sederhana, seperti: modal kecil dan jumlah tenaga kerja sekitar 10. Kemudian industri menengah adalah industri dengan ciri-ciri seperti: modal cukup besar dan jumlah tenaga kerja 10-200 orang. Sedangkan industri besar adalah industri dengan ciri-ciri organisasi yang besar dan modern seperti: modal sangat besar dan jumlah tenaga kerja banyak dan memiliki keahlian khusus.

4.3 Faktor Pemilihan Lokasi Industri

Lokasi industri yang tepat dapat memberi implikasi pada peningkatan daya saing. Teori penentuan lokasi industri pertama dikembangkan oleh Weber (1909) dan diterbitkan kembali oleh Hakimi (1964). Pada teori tersebut disampaikan bahwa pemilihan lokasi industri ditempatkan pada wilayah dengan total biaya transportasi dan tenaga kerja minimum. Dalam perkembangannya muncul teori-teori yang menyempurnakan teori awal tersebut. Hoover (1948) mengemukakan teori bahwa lokasi pabrik dapat dekat pasar atau sumber bahan baku. Kemudian Robinson dalam Daldjoeni (1997) menyampaikan bahwa faktor geografis, faktor sosial budaya dan faktor teknologi turut menentukan lokasi sebuah industri.

Berbagai teori tersebut memberikan wacana bahwa menentukan lokasi industri perlu memperhatikan beberapa faktor, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Bahan Baku

Bahan baku adalah kebutuhan dasar dari suatu kegiatan industri. Kebutuhan bahan baku dalam jumlah besar dan terus menerus, mempengaruhi kelancaran proses produksi sebuah industri. Penempatan lokasi industri mendekati keberadaan bahan baku menjadi penting ketika keberadaan sumber bahan baku sifatnya terbatas baik secara jumlah maupun lokasi. Dengan memilih menempatkan lokasi industri pada wilayah dekat dengan lokasi bahan baku maka dapat mengurangi biaya operasional.

2. Modal

Ketersediaan modal diperlukan untuk keberlanjutan suatu industri. Modal untuk kegiatan produksi antara lain diperuntukkan bagi: pengadaan bahan baku, fasilitas produksi, tenaga kerja, serta pengadaan teknologi.

3. Tenaga Kerja

Kebutuhan terhadap tenaga kerja penting untuk kelancaran proses produksi. Faktor tenaga kerja selain dalam hal jumlah namun dibutuhkan juga terkait keahliannya. Penempatan suatu industri dapat dipengaruhi oleh kebutuhan tenaga kerjanya, ada industri yang membutuhkan tenaga kerja dalam jumlah banyak namun ada juga industri yang membutuhkan tenaga kerja yang berpendidikan dan memiliki keahlian.

4. Sumber Energi

Penempatan lokasi industri dekat dengan sumber energi terutama untuk kegiatan industri yang membutuhkan energi dalam jumlah besar. Energi tersebut umumnya digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin produksi dari suatu industri.

5. Transportasi

Faktor transportasi merupakan faktor pendukung dari suatu industri. Pemilihan lokasi industri pada wilayah yang memiliki sarana transportasi yang baik dapat mengurangi biaya terkait logistik. Transportasi disini meliputi pengiriman bahan baku serta pendistribusian barang ke konsumen.

6. Pasar

Pasar adalah wilayah pemasaran suatu industri. Penempatan industri dekat dengan pasar memberi kemudahan bagi industri dalam menangkap perubahan kebutuhan atau keinginan dari konsumen.

7. Teknologi yang digunakan

Penggunaan teknologi yang tepat akan mendukung pertumbuhan suatu industri. Sesuai konsep keberlanjutan, pemilihan lokasi industri pada masa yang akan datang

diarahkan pada penggunaan teknologi yang *green* yaitu yang minimal dampak lingkungannya.

8. Perangkat Hukum

Pemilihan lokasi industri perlu memperhatikan peraturan perundang-undangan yang berlaku di suatu wilayah. Perangkat hukum memberikan jaminan keamanan dan keberlanjutan suatu industri.

9. Kondisi Lingkungan

Faktor lingkungan dari suatu industri sangat berpengaruh pada kelancaran proses produksi. Faktor lingkungan yang berpengaruh tersebut seperti: struktur tanah, iklim, keamanan, dan lain-lain.

4.4 Metode Pemilihan Lokasi Industri

Beberapa metode dikembangkan untuk menentukan lokasi industri yang optimal. Ada metode yang hanya memperhatikan faktor kualitatif (Erkut and Moran, 1991) atau kuantitatif saja, namun ada juga metode yang mempertimbangkan kedua faktor tersebut (Chen et al., 2014).

Terdapat tujuh metode yang umum digunakan untuk memilih lokasi industri (Herjanto, 2007) yaitu: (1) Metode Beban Skor, (2) Metode Perbandingan Biaya, (3) Metode Break Even Point (BEP), (4) Metode Transportasi, (5) Metode Load Distance, (6) Metode Centre Of Gravity (COG) dan (7) Metode Brown & Gibson.

Penjelasan dan contoh hanya dilakukan pada metode Brown & Gibson yaitu metode yang mempertimbangkan faktor kualitatif dan kuantitatif secara bersamaan.

4.5 Pemilihan Lokasi Industri dengan Metode Brown & Gibson

Pemilihan lokasi pabrik akan dilakukan dengan menggunakan Metode Brown-Gibson (Brown & Gibson, 1972). Metode ini menggabungkan faktor kritis, faktor obyektif dan faktor subyektif sebagai pertimbangan dalam pemilihan lokasi industri

Berikut adalah tahapan penyelesaian dari metode Brown-Gibson:

1. Mengeliminasi alternatif lokasi yang dianggap tidak memenuhi syarat atau tidak layak. Pertimbangan eliminasi pada tahap ini disebut dengan faktor kritis seperti: harga lahan yang melebihi *budget*.

$$CF_i = CF_{i1}CF_{i2}...CF_{ip} = \prod_{j=1}^p CF_{ij}$$

2. Menentukan nilai faktor obyektif atau *Objective Factor* (OF) yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi industri, dengan rumus:

$$OF_i = \frac{1}{\left[C_i \sum \left(\frac{1}{C_i} \right) \right]}$$

dimana: C_i adalah *total annual cost* untuk alternatif i

3. Menentukan nilai faktor subyektif atau *Subjective Factor* (SF) yang berpengaruh secara signifikan terhadap pemilihan lokasi industri, dengan rumus:

$$SF_i = (W1 \times R1) + (W2 \times R2) + (W3 \times R3) + \dots$$

dimana:

W_i = *rating* faktor untuk masing-masing faktor subyektif

R_i = *rating* faktor setiap alternatif lokasi berdasarkan masing-masing faktor subyektif

Perbandingan faktor subyektif bertujuan untuk membandingkan tingkat kepentingan dari masing-masing faktor terhadap faktor yang lain. Berikut aturan dalam membandingkan faktor subyektif:

- ✓ Nilai 1 diberikan jika faktor X memiliki tingkat kepentingan lebih tinggi dibandingkan dengan faktor Y, sehingga nilai untuk faktor Y adalah 0.
 - ✓ Nilai 1 diberikan pada kedua faktor jika kedua faktor memiliki tingkat kepentingan yang sama.
4. Menentukan bobot dari faktor obyektif (k) serta nilai LPM_i
- ✓ Faktor obyektif dan faktor subyektif memberi pengaruh pada pemilihan lokasi industri. Bobot kedua faktor perlu ditentukan untuk melihat tingkat kepentingannya. Jika faktor obyektif dianggap lebih penting maka diberikan nilai misal $k=75\%$.
 - ✓ Jika faktor obyektif bernilai 75% maka bobot faktor subyektif adalah $(1-k)$ yaitu 25%.
5. Menentukan nilai gabungan pemilihan lokasi industri yaitu LPM (*Location Preference Measure*), dengan rumus:

$$LPM_i = CF_i [k (OF_i) + (1-k) (SF_i)]$$

CONTOH SOAL

Sebuah perusahaan sedang mempertimbangkan tiga lokasi yaitu AA, BB dan CC untuk perluasan pabrik. Faktor obyektif yang menjadi pertimbangan adalah:

- Biaya tenaga kerja
- Biaya logistik
- Biaya bahan baku
- Pendapatan

sedangkan faktor subjektifnya adalah:

- fasilitas pelayanan
- fasilitas perumahan
- sikap masyarakat.

Penyelesaian kasus diatas menggunakan implementasi metode Brown & Gibson.

Berikut adalah urutan langkahnya:

1. Eliminasi alternatif

Disumsikan harga tanah dan pajak dari ketiga 49lternative lokasi yaitu AA, BB dan CC normal, sehingga tidak ada 49lternative yang digugurkan.

2. Menentukan nilai faktor obyektif atau *Objective Factor* (OF) yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi industri.

Data tentang biaya tahunan untuk seluruh faktor obyektif adalah seperti yang tertera pada tabel dibawah. Faktor lain yang tidak dipertimbangkan disini dianggap sama untuk tiga alternatif lokasi.

Alternatif	Yearly Cost (Rp. 1,000,000,000,-)				Total (Ci)	1/Ci
	Tenaga Kerja	Logistik	Bahan Baku	Pendapatan		
Lokasi AA	3,62	2,75	0,50	5,00	11,87	0,084246
Lokasi BB	3,40	2,08	0,25	4,00	9,73	0,102775
Lokasi CC	3,75	2,90	0,40	4,00	11,05	0,090498
Total					0,277519	

Berdasarkan data diatas, berikut perhitungan untuk *performance of measurement* untuk setiap alternatif:

- *Objective Factor* (OF) Lokasi AA = 0,304
- *Objective Factor* (OF) Lokasi BB = 0,370
- *Objective Factor* (OF) Lokasi CC = 0,326

Sehingga **Total *Objective Factors* : $0,304+0,370+0,326 = 1$**

3. Menentukan nilai faktor subyektif atau *Subjective Factor* (SF) yang berpengaruh secara signifikan terhadap pemilihan lokasi industri.

Faktor tersedianya layanan, kondisi fasilitas perumahan dan sikap masyarakat menjadi faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi disini, sedangkan faktor yang lain dianggap sama untuk tiga alternatif lokasi yang dipertimbangkan.

Berikut pada tabel dibawah adalah hasil evaluasi dengan perbandingan berpasangan dari ketiga faktor subyektif: pelayanan, perumahan dan sikap masyarakat. Penilaian terhadap faktor subyektif memberikan hasil sebagai berikut:

- Faktor pelayanan lebih penting dari faktor sikap masyarakat
- Faktor sikap masyarakat lebih penting dari faktor perumahan
- Faktor pelayanan sama pentingnya dengan faktor sikap masyarakat

Informasi tersebut menjadi dasar untuk perhitungan dari *index* faktor subyektif

Alternatif	Pairwise Comparison			Total Score	Wi
	Pelayanan	Perumahan	Sikap Masyarakat		
Pelayanan	1	1	1	3	0,43
Perumahan	0	1	0	1	0,14
Sikap Masyarakat	1	1	1	3	0,43
Total				7	1,00

Selanjutnya dengan perbandingan berpasangan dilakukan evaluasi terhadap masing-masing alternatif lokasi. Berikut adalah ranking setiap alternatif lokasi berdasarkan faktor subyektif yang dipertimbangkan.

Faktor Pelayanan

Alternatif	Pairwise Comparison			Total Score	Ri
	AA	BB	CC		
Lokasi AA	1	1	0	2	0,29
Lokasi BB	1	1	1	3	0,43
Lokasi CC	0	1	1	2	0,29
Total				7	1,00

Faktor Perumahan

Alternatif	Pairwise Comparison			Total Score	Ri
	AA	BB	CC		
Lokasi AA	1	1	1	3	0,43
Lokasi BB	1	1	1	3	0,43
Lokasi CC	0	1	0	1	0,14
Total				7	1,00

Faktor Sikap Masyarakat

Alternatif	Pairwise Comparison			Total Score	Ri
	AA	BB	CC		
Lokasi AA	1	1	0	2	0,29
Lokasi BB	1	1	1	3	0,43
Lokasi CC	1	0	1	2	0,29
Total				7	1,00

4. Menentukan bobot dari faktor obyektif (k) serta nilai LPMi.

Penentuan bobot faktor obyektif dan subyektif dilakukan untuk penggabungan dua faktor tersebut dalam pengambilan keputusan terkait pemilihan alternatif lokasi. Mempertimbangkan faktor obyektif dan faktor subyektif yang telah dievaluasi, maka ditetapkan bobot faktor obyektif (k)=0,75 dan faktor subyektif (1-k)=0,25.

5. Menentukan nilai gabungan pemilihan lokasi industri yaitu LPM (*Location Preference Measure*)

$$\text{LPM (AA)} = (0,75 \times 0,304) + (0,25 \times 0,306) = 0,304$$

$$\text{LPM (BB)} = (0,75 \times 0,373) + (0,25 \times 0,429) = 0,385$$

$$\text{LPM (CC)} = (0,75 \times 0,326) + (0,25 \times 0,265) = 0,311$$

Kesimpulan:

Alternatif lokasi perluasan pabrik yang terbaik adalah **Lokasi BB**, karena memiliki nilai LPM tertinggi

DAFTAR PUSTAKA

- Azargoon, S., Schroder, C., 2016. The Role of Talent in Firm Location Decision: A Multiple-Case Study of Clean-Tech Firms in Uppsala, Student Thesis. Uppsala University, Uppsala.
- Brown, P. A., and Gibson D. F., (1972). A Quantified Model for Facility Site Selection Application to a Multiplant Location Problem, AIIE Transactions, Vol. 4
- Chen, L., Olhager, J., Tang, O., 2014. Manufacturing facility location and sustainability: a literature review and research agenda. Int. J. Prod. Econ. 149, 154–163.
- Daldjoeni.(1997) “Central Place Theory”,dalam Chistaller.
- Edgar M. Hoover, The Location of Economic Activity (New York: McGraw-Hill, 1948).
- Erkut, E., Moran, S.R., 1991. Locating obnoxious facilities in the public sector: an application of the analytic hierarchy process to municipal landfill siting decisions. Soc.-Econ. Plan. Sci. 25 (2), 89–102.
- Herjanto, Eddy. 2007. Manajemen Operasi Edisi Ketiga. Jakarta: Grasindo
- Hakimi, S.L., 1964. Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. Oper. Res. 12 (3), 450–459.
- Weber, A., 1909. Über den standort der industrien. JCB Mohr

BAB 5

BIAYA PRODUKSI DAN PENYUSUTAN NILAI EKONOMIS SUATU ASSET

Oleh Aulia Agung Dermawan

5.1 Pendahuluan

Biaya produksi merupakan faktor utama dari jumlah barang dan jasa yang dijual di pasar. Untuk memahami pasokan dan jumlah barang yang tersedia, seseorang harus terlebih dahulu memahami pengeluaran yang dikeluarkan, yang didasarkan pada prinsip produksi. Gagasan biaya produksi yang digunakan dalam analisis ekonomi berbeda dari definisi biaya yang diterima secara populer. Konsep biaya biasanya terkait dengan pengeluaran yang dikeluarkan oleh perusahaan (produsen), tetapi ide ini sering tidak jelas karena ada berbagai biaya yang harus dinyatakan sebagai biaya dan lain-lain yang harus dikeluarkan dalam komponen biaya. Dalam ekonomi, biaya cenderung stabil dan tetap. Dalam analisis ekonomi, ide dasar biaya didasarkan pada prinsip biaya alternatif. Dalam kondisi pekerjaan penuh, dan dengan asumsi bahwa input didistribusikan secara efektif di antara komoditas dan jasa yang dihasilkan, kenaikan satu output harus diikuti oleh penurunan yang lain, atau peningkatan satu output harus mengorbankan yang lain. Sebagai contoh, Jika menyangkut penggunaan tenaga kerja dalam produksi mesin cuci dan lemari es, peningkatan produksi kulkas akan mengakibatkan penurunan produksi mesin cuci karena tenaga kerja dari pabrik mesin cuci harus dipindahkan ke pabrik kulkas karena peningkatan produksi.

Akibatnya, berbagai alternatif manufaktur lainnya harus dikorbankan untuk memberikan output tertentu.

5.2 Konsep Biaya Produksi

Biaya dalam konteks manufaktur mengacu pada semua "beban" yang harus ditanggung produsen untuk menghasilkan suatu produk. Biaya produksi adalah biaya yang dibuat oleh perusahaan untuk mendapatkan komponen dan bahan baku yang akan digunakan untuk memproduksi produknya. Sumber daya mentah, tenaga kerja, modal, dan keahlian kewirausahaan semuanya diperlukan untuk menghasilkan komoditas atau jasa. Semua karakteristik produksi yang digunakan adalah pengorbanan dalam proses manufaktur yang juga berfungsi sebagai pengukuran untuk menentukan biaya barang. Biaya oportunistik adalah biaya yang dikeluarkan untuk mencapai tujuan tertentu. Biaya oportunistik adalah biaya komponen produksi bernilai tinggi yang menghasilkan output secara oportunistik dengan menggunakan alternatif.

Item berikut dapat dimasukkan dalam biaya produksi:

1. Bahan setengah jadi dianggap bahan baku atau bahan dasar.
2. Bahan pembantu atau pembantu.
3. Upah untuk buruh mulai dari kuli hingga direktur.
4. Penyusutan peralatan manufaktur.
5. Modal dan sewa.
6. Pengeluaran tambahan seperti transportasi, administrasi, pemeliharaan, listrik, keamanan, dan asuransi.
7. Biaya pemasaran, seperti biaya iklan.
8. Pajak Perspektif akuntan tentang pengeluaran menekankan biaya langsung, historis, dan lainnya. Akibatnya, definisi biaya.

5.3 Teori Produksi Jangka Pendek Dan Teori Produksi Jangka Panjang

Dalam jangka pendek, perusahaan adalah periode waktu di mana unsur-unsur produksi tertentu tidak dapat tumbuh dalam kuantitas. Teori biaya produksi jangka pendek, yaitu: - sehubungan dengan target biaya

- a. Biaya langsung Biaya langsung adalah biaya yang dapat dideteksi secara langsung dalam proses atau hasil tertentu. Biaya bahan baku langsung dan tenaga kerja yang dibutuhkan oleh perusahaan adalah salah satu contohnya. Demikian pula, pengawasan, listrik, dan pengeluaran tidak langsung lainnya dapat dengan mudah dikaitkan dengan departemen tertentu.
- b. Biaya tidak langsung Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak dapat segera dikenali dalam proses atau produk tertentu, seperti penerangan dan pendingin udara di pabrik.

- Dalam hubungannya dengan volume kegiatan

- 1) Biaya Tetap Total (Total Fixed Cost/FC) Biaya Tetap Total adalah biaya berkelanjutan yang harus dikeluarkan bahkan ketika perusahaan tidak menghasilkan. Biaya setiap unit waktu untuk perolehan input tetap disebut sebagai biaya tetap. Gaji karyawan, pengeluaran gedung, memperoleh mesin, sewa tanah, dan sebagainya. Biaya tetap dan biaya variabel dapat dihitung dengan cara yang sama.
- 2) Biaya Variabel Total (Total Variabel Cost/VC) Biaya Variabel Total adalah biaya produksi, dan ukurannya ditentukan oleh jumlah barang yang diproduksi. Semakin banyak biaya variabel, semakin tinggi output, dan sebaliknya.
- 3) Total Biaya (TC): Jumlah total biaya produksi perusahaan, yang mencakup biaya tetap dan variabel. Dengan kata lain, biaya total adalah jumlah biaya tetap dan variabel. Untuk menghitung biaya keseluruhan,

gunakan rumus berikut: $TC = FC + VC$ Total biaya termasuk biaya variabel karena biaya total memiliki karakteristik yang sama dengan biaya variabel, yaitu bahwa jumlah total biaya bervariasi dengan perubahan output yang dibuat.

- 4) AFC adalah singkatan Biaya Tetap Rata-rata. Biaya tetap rata-rata adalah hasil bagi dari total biaya tetap dibagi dengan jumlah barang yang diproduksi. $AFC = FC/Q$ adalah rumus matematika. FC adalah singkatan dari total fixed cost. Huruf Q adalah singkatan dari kuantitas.
- 5) Biaya Variabel Rata-rata (AVC) Biaya variabel rata-rata adalah biaya variabel unit manufaktur. Rumusnya: $AVC = VC / Q$ $VC = \text{Total biaya variabel}$ $Q = \text{Kuantitas}$.

5.3 Komponen Biaya

Biaya item aset tetap terdiri dari harga pembeliannya, termasuk bea masuk dan pajak atau retribusi lain yang tidak dapat dikembalikan dan secara langsung biaya yang dapat diatribusikan untuk membawa aset ke kondisi kerjanya sesuai dengan yang dimaksudkan pakai; Setiap diskon dan rabat perdagangan dipotong saat tiba di pembelian harga. Contoh biaya yang dapat diatribusikan secara langsung adalah:

persiapan lokasi;

(ii) biaya pengiriman dan penanganan awal;

(iii) biaya pemasangan, seperti fondasi khusus untuk pabrik; dan

(iv) biaya profesional, misalnya biaya arsitek dan insinyur.

Biaya aset tetap dapat mengalami perubahan setelah akuisisi atau konstruksi karena fluktuasi nilai tukar, penyesuaian harga, perubahan tugas atau faktor serupa.

Administrasi dan biaya overhead umum lainnya biasanya dikecualikan dari biaya aset tetap karena mereka tidak berhubungan dengan tetap tertentu Aset. Namun, dalam

beberapa keadaan, pengeluaran seperti itu secara khusus Diatribusikan pada konstruksi proyek atau akuisisi aset tetap atau membawanya ke kondisi kerjanya, dapat dimasukkan sebagai bagian dari biaya proyek konstruksi atau sebagai bagian dari biaya aset tetap.

Pengeluaran yang dikeluarkan untuk memulai dan commissioning proyek, termasuk pengeluaran yang dikeluarkan untuk uji coba dan produksi eksperimental, biasanya dikapitalisasi sebagai elemen tidak langsung dari biaya konstruksi. Namun pengeluaran yang dikeluarkan setelah pabrik memulai produksi komersial, yaitu, produksi yang dimaksudkan untuk dijual atau konsumsi tawanan, tidak dikapitalisasi dan diperlakukan sebagai pengeluaran pendapatan meskipun kontrak dapat menetapkan bahwa pabrik tidak akan akhirnya diambil alih sampai setelah memuaskan Penyelesaian

Jika interval antara tanggal proyek siap dimulai produksi komersial dan tanggal di mana produksi komersial sebenarnya mulai diperpanjang, semua biaya yang dikeluarkan selama periode ini adalah dibebankan ke laporan laba rugi. Namun, pengeluaran yang dikeluarkan selama periode ini juga kadang-kadang diperlakukan sebagai pendapatan tangguhan pengeluaran untuk diamortisasi selama periode tidak melebihi 3 sampai 5 tahun setelahnya Permulaan.

5.4 Identifikasi Aset Tetap

Penilaian diperlukan dalam menerapkan kriteria untuk keadaan tertentu atau jenis perusahaan tertentu. Mungkin sesuai untuk menggabungkan item yang tidak signifikan secara individual, dan untuk menerapkan kriteria untuk nilai agregat. Suatu perusahaan dapat memutuskan untuk mengeluarkan biaya suatu barang yang seharusnya bisa dimasukkan sebagai aset tetap, karena jumlahnya pengeluaran tidak material.

Peralatan siaga dan peralatan servis biasanya dikapitalisasi. Suku cadang mesin biasanya dibebankan pada laporan laba rugi sebagai dan saat dikonsumsi. Namun, jika suku cadang tersebut hanya dapat digunakan dalam koneksi Dengan item aset tetap dan penggunaannya diperkirakan tidak teratur, mungkin tepat untuk mengalokasikan total biaya secara sistematis selama periode tidak melebihi masa manfaat barang pokok.

Dalam keadaan tertentu, akuntansi untuk item aset tetap dapat ditingkatkan jika total pengeluaran di atasnya dialokasikan untuk bagian-bagian komponennya, asalkan mereka dalam praktiknya dapat dipisahkan, dan perkiraan dibuat dari yang berguna kehidupan komponen-komponen ini. Misalnya, daripada memperlakukan pesawat terbang dan Mesin sebagai satu unit, mungkin lebih baik memperlakukan mesin sebagai unit terpisah jika Sangat mungkin bahwa masa manfaatnya lebih pendek daripada pesawat secara keseluruhan.

5.5 Pengertian Aset Tetap

Dalam hal aset tetap yang diperoleh dengan persyaratan pembelian sewa, meskipun Kepemilikan hukum tidak berada di perusahaan, aset tersebut dicatat pada nilai tunai mereka, yang, jika tidak tersedia, dihitung dengan mengasumsikan tingkat bunga yang sesuai. Mereka ditampilkan di neraca dengan narasi yang tepat untuk menunjukkan bahwa perusahaan tidak memiliki penuh kepemilikannya. Di mana suatu perusahaan memiliki aset tetap bersama-sama dengan orang lain (sebaliknya daripada sebagai mitra dalam suatu perusahaan), sejauh mana bagiannya dalam aset tersebut, dan proporsi dalam biaya asli, akumulasi penyusutan dan ditulis nilai dinyatakan dalam neraca. Atau, biaya pro rata sebesar Aset yang dimiliki bersama tersebut dikelompokkan bersama dengan aset yang dimiliki sepenuhnya serupa. Rincian aset yang dimiliki bersama

tersebut ditunjukkan secara terpisah dalam tetap; Daftar aset
Jika beberapa aset dibeli dengan harga konsolidasi,
Pertimbangan dibagi ke berbagai aset secara wajar sebagaimana
ditentukan oleh penilai yang kompeten.

5.6 Pengertian Penyusutan Aset Tetap

Menurut definisi yang digunakan dalam PSAK No. 16 (2015) Penyusutan didefinisikan sebagai "alokasi jumlah aset yang dapat disusutkan selama perkiraan masa manfaatnya." Sementara itu, PSAK No. 16 (2015) mendefinisikan prosesnya sebagai berikut: "Berbagai metode penyusutan dapat digunakan untuk mengalokasikan jumlah aset yang dapat disusutkan secara sistematis sepanjang masa manfaatnya." Selain pengeluaran uang tunai selama periode penggunaan, masalah penyusutan sangat penting selama durasi penggunaan aset tetap. Konsep penyusutan berbeda dengan perspektif ekonomi perusahaan, yang menekankan bahwa penyusutan adalah cadangan untuk perolehan aktiva tetap baru setelah aktiva tetap lama tidak dapat dimanfaatkan lagi. Hal ini digunakan dalam akuntansi adalah mungkin untuk memegang cadangan untuk tujuan tertentu, termasuk untuk pembelian aset tetap ini.

Cadangan adalah uang yang disisihkan di pos yang berbeda untuk tujuan tertentu. Penyusutan didefinisikan sebagai penurunan nilai yang disebabkan oleh penggunaan, keusangan, degradasi fisik, ketidakakuratan, waktu, atau perubahan biaya menjadi beban aset tetap berwujud. Penyusutan berusaha untuk secara konsisten membubarkan biaya setelah mengurangi nilai residu (nilai residu = nilai residu) dari aset tetap sepanjang masa manfaat aset. Paragraf jurnal mendebet akun pengeluaran penyusutan dan mengkredit akun penyusutan kumulatif terhadap depresiasi. Akuntansi penyusutan membandingkan biaya yang timbul karena penggunaan aset dengan uang yang dibuat oleh perusahaan

selama periode berjalan. Akuntansi penyusutan secara konsisten membagi biaya periodik menjadi biaya dan pendapatan periodik karena aset tetap menghasilkan pendapatan baik secara langsung maupun tidak langsung. Kieso (2009: 60). Penyusutan didefinisikan sebagai proses akuntansi mengalokasikan biaya aset berwujud ke biaya secara sistematis dan wajar sepanjang masa manfaat aset yang diproyeksikan. Prinsip pencocokan membutuhkan alokasi harga akuisisi untuk mencocokkan pendapatan dengan biaya dengan benar. Depresiasi adalah proses penyebaran harga akuisisi, bukan penilaian aset. Perubahan harga pasar aset tetap tidak perlu dilaporkan dalam akun perusahaan karena aset

Itu disimpan oleh perusahaan hanya untuk penggunaan internal, bukan untuk penjualan. Akibatnya, nilai buku suatu aset (harga perolehan dikurangi depresiasi kumulatif) dapat berfluktuasi secara signifikan dari harga pasar aset tersebut. Selama masa pakai suatu aset, kemampuannya untuk menciptakan pendapatan dan layanan sering menurun, baik secara fisik maupun fungsional, sehingga aset tetap memburuk dengan jelas. Dapat dimengerti bahwa kendaraan yang telah menempuh jarak 100.000 kilometer akan dianggap kurang nilainya daripada truk yang hanya menempuh jarak 1.000 kilometer. Demikian pula, kendaraan yang sering bepergian di lokasi pantai di mana udara dan air termasuk garam akan haus lebih cepat daripada truk yang melaju ke pedalaman. Hilangnya fungsionalitas disebabkan oleh aset yang tidak mencukupi dan usang. Jika suatu aset tidak dapat memenuhi permintaan saat ini dan masa depan, itu dianggap tidak mencukupi. Relokasi bandara Jakarta dari Halim Perdanakusumah ke Cengkareng disebabkan oleh ketidakmampuan bandara Halim untuk menangani penumpang yang meluap dengan cepat. Jika beberapa aset atau fasilitas tidak lagi diperlukan di masa depan, aset dianggap usang. Misalnya, penumpang yang terbiasa dengan kereta diesel tidak mungkin naik kereta bertenaga

batubara. Akibatnya, perusahaan kereta api terpaksa menghentikan penggunaan kereta batubara. Kerusakan fisik tidak selalu diikuti oleh penurunan fungsional. Misalnya, dengan ditemukannya komputer AT yang lebih cepat, fungsi komputer XT, yang secara fisik masih cukup bagus, sangat berkurang. Mengakui penyusutan aset tetap tidak menghasilkan pengumpulan kas untuk mengganti aset lama dengan aset baru. Saldo akun penyusutan kumulatif, alih-alih menunjukkan uang tunai yang terkumpul, mewakili jumlah penyusutan yang telah dibebankan sebagai biaya. Manajer, misalnya, memiliki informasi yang unggul tentang prospek masa depan perusahaan karena mereka terkait erat dengan pilihan yang berkaitan dengan kegiatan investasi dan operasi perusahaan. Akibatnya, manajer dapat secara akurat memperkirakan profitabilitas masa depan menginformasikan investor atau pengguna lain dari laporan keuangan.

Tujuan dalam suatu perusahaan adalah mendapatkan suatu laba yang Pengembalian investasi maksimum di perusahaan. Aset tetap yang sering digunakan dalam operasional sehari-hari perusahaan, khususnya aset dengan masa manfaat lebih dari satu tahun, adalah salah satu jenis investasi dalam suatu perusahaan.

5.7 Laporan Keuangan

Laporan keuangan mencerminkan posisi keuangan dan kegiatan bisnis berkala suatu perusahaan. Laporan keuangan yang paling penting adalah:

- 1) Laporan Laba Rugi.
- 2) Pernyataan Ekuitas Pemilik.
- 3) Neraca.
- 4) Laporan Arus Kas.

Laporan-laporan ini disiapkan dalam urutan yang diberikan dan disajikan kepada publik sebagai satu set laporan keuangan. Ini berarti mereka tidak hanya diterbitkan bersama tetapi juga dirancang dan dimaksudkan untuk digunakan bersama. Karena setiap pernyataan hanya memberikan informasi Tentang aspek-aspek spesifik dari kegiatan dan posisi keuangan perusahaan, itu penting bahwa laporan digunakan bersama.

5.8 Perbaikan dan perbaikan

Seringkali, sulit untuk menentukan apakah pengeluaran selanjutnya terkait dengan aset tetap merupakan perbaikan yang harus ditambahkan ke nilai buku kotor atau perbaikan yang seharusnya dibebankan pada laba rugi pernyataan. Hanya pengeluaran yang meningkatkan manfaat masa depan dari Aset yang ada di luar standar kinerja yang dinilai sebelumnya adalah termasuk dalam nilai buku kotor, misalnya, peningkatan kapasitas.

Biaya penambahan atau perpanjangan ke aset yang ada yang merupakan Sifat modal dan yang menjadi bagian integral dari aset yang ada adalah biasanya ditambahkan ke nilai buku kotornya. Setiap penambahan atau ekstensi, yang memiliki identitas terpisah dan mampu digunakan setelah aset yang ada adalah dibuang, dicatat secara terpisah.

DAFTAR PUSTAKA

- Borek, A. and Woodall, P. (2014) *Total Information Risk Management, Total Information Risk Management*. Available at: <https://doi.org/10.1016/c2012-0-00446-2>.
- Editor, S.T. (1994) *Bilkent University Lecture Series*.
- Fandel, G. (1991) *Theory of Production and Cost, Theory of Production and Cost*. Available at: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-76812-5>.
- Gustavson, R.E. (2022) *Production Systems Engineering Cost and Performance Optimization*.
- Mackie, C. (2009) *Intangible Assets: Measuring and Enhancing Their Contribution to Corporate Value and Economic Growth, Intangible Assets: Measuring and Enhancing Their Contribution to Corporate Value and Economic Growth*. Available at: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12745.
- SHEPHARD, R.W. (1970) *THEORY OF COST AND PRODUCTION FUNCTIONS*.
- Sommariva, A.G.T. (2016) *A Study of the Effects of Economic Policy on Inflation, Currency Depreciation and Growth*.
- Tayyari, F. (Fred) (2022) *Cost Analysis for Engineers and Scientists*.
- Ulrich, D. and Edvinsson, L. (2002) *The human value of the enterprise: valuing people as assets: monitoring, measuring, managing, Choice Reviews Online*. Available at: <https://doi.org/10.5860/choice.39-5274>.

BAB 6

PEMILIHAN ALTERNATIF INVESTASI (PENENTUAN KEPUTUSAN PROYEK)

Oleh Larisang

6.1 Pendahuluan

Investasi merupakan aktivitas penting yang menimbulkan biaya tinggi dalam jangka panjang dan berdampak pada profitabilitas perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang sistematis dan rasional sebelum mengambil keputusan investasi. Pertimbangkan hal berikut sebelum memutuskan:

- a. Apakah investasi membawa keuntungan finansial bagi perusahaan?
- b. Apakah investasi merupakan pilihan yang optimal di antara berbagai pilihan yang ada?

Investasi dapat dipahami sebagai investasi dalam kegiatan yang dilakukan di berbagai perusahaan dalam jangka waktu yang relatif lama (Kasmir dan Jakfar, 2016). Investasi yang didefinisikan secara sempit mengacu pada proyek khusus yang berwujud dan tidak berwujud seperti pengembangan pabrik pengolahan, jalan, ekstensi, penginapan, dan proyek penelitian dan pengembangan.

Menurut Sugiono (2015), pilihan spekulasi modal adalah kepentingan jangka panjang dalam pengembalian nanti terkait dengan proses perencanaan, penetapan tujuan, tindakan moneter, dan penggunaan aturan khusus untuk memilih sumber daya jangka panjang. Keputusan investasi adalah keputusan

tentang berinvestasi di masa sekarang untuk mencapai hasil atau keuntungan di masa depan.

Setiap proyek desain harus tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga layak secara ekonomi. Secara umum, agar desain teknis berhasil, desain tersebut harus sehat secara teknis dan menguntungkan. Agar rencana tersebut bermanfaat, manfaatnya harus lebih besar daripada biaya yang terkait dengan desain. Alokasi modal yang paling efisien adalah salah satu kegiatan terpenting dalam investasi. Metrik ini mengacu pada kinerja keuangan perusahaan dalam bisnis jangka panjangnya.

6.2 Pengambilan Keputusan Investasi

Keputusan investasi disebut pilihan perencanaan modal atau distribusi modal. Arah independen spekulasi mencakup latihan pengembangan, akuisisi, pemindahan, rekapitalisasi sumber daya, dan sebagainya. Perubahan dalam penggunaan inovasi atau siklus penciptaan, penyebaran, kemajuan atau proyek kerja inovatif dapat didelegasikan perubahan dalam pilihan usaha yang memiliki pengaruh yang dapat mempengaruhi gaji dan biaya Organisasi. Itulah alasan kami sangat ingin melakukan investigasi dan strategi pertumbuhan uang.

Menurut Ahmad dan Amanah (2014: 4) Pilihan usaha adalah salah satu tugas administrasi keuangan yang meliputi pengeluaran cadangan baik di dalam maupun di luar organisasi untuk pilihan spekulasi yang berbeda, alasannya adalah untuk mencapai pengembalian di kemudian hari yang melebihi biaya aset ini. Pilihan usaha dapat digabungkan menjadi spekulasi sesaat, yaitu. menempatkan sumber daya menjadi uang tunai, perlindungan sementara, piutang dan sumber daya saat ini, atau kepentingan jangka panjang atas tanah, struktur, kendaraan, perangkat keras, pabrik pemrosesan, kantor produksi, dan sumber daya lainnya. . Terlebih lagi, kontribusi juga merupakan

janji untuk berbagai aset yang dibagikan saat ini atau aset lain yang sepenuhnya berniat untuk mencapai banyak manfaat atau manfaat mulai saat ini (Tandelilin, 2010:65).

Seperti yang ditunjukkan oleh Riyanto (2011: 256), pilihan usaha merupakan pilihan utama di antara tiga area pilihan moneter yang berbeda (pilihan moneter dan strategi laba). Semua hal dipertimbangkan, pilihan usaha secara langsung memengaruhi tingkat manfaat pembelian dan pendapatan masa depan organisasi.

Menurut Prasetyo (2011: 109) bahwa pemimpin yang berhasil dalam menentukan pilihan usaha yang tepat mencapai hasil yang ideal dengan sumber daya yang disumbangkan dan memberikan sinyal positif kepada pendukung keuangan yang meningkatkan harga saham dan nilai perusahaan.

Menurut Lubis dan Zulam (2016; 149), terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi investasi, antara lain:

- 1) Suku bunga
Biaya pinjaman menentukan jenis spekulasi mana yang produktif bagi pemilik modal (pendukung keuangan).
- 2) Tingkat keuntungan investasi yang diramalkan.
Manfaat yang diproyeksikan di masa depan memberi para pendukung keuangan pemikiran tentang apa yang mungkin dan pantas dilakukan organisasi mulai sekarang dan berapa banyak spekulasi yang harus dilakukan untuk menutupi sumber daya modal tambahan yang diperlukan.
- 3) Tingkat pendapatan nasional dan perubahannya
Dengan peningkatan gaji publik, tingkat gaji individu juga meningkat, daya beli individu juga meningkat, peningkatan bunga absolut, yang dengan demikian mendorong pengembangan berbagai spekulasi (usaha yang digerakkan).
- 4) Keuntungan yang diperoleh oleh perusahaan
Semakin tinggi keuntungan hierarkis, semakin banyak pendukung keuangan yang diyakinkan untuk mensubsidi

sebagian dari manfaat yang diciptakan untuk spekulasi baru.

5) Situasi politik

Keamanan politik negara akan menjadi pemikiran yang berbeda bagi para investor keuangan, khususnya investor yang tidak dikenal, dalam pengelolaan uang. Mempertimbangkan bahwa spekulasi menghabiskan sebagian besar untuk memulihkan modal yang disumbangkan dan menciptakan keuntungan, para investor mengantisipasi kesehatan politik jangka panjang.

6) Perkembangan teknologi

Dengan ditemukannya teknologi baru (inovasi), maka akan semakin banyak tindakan pembaharuan dari pihak investor untuk membawa investasi ke tingkat yang lebih tinggi.

7) Kemudahan-kemudahan yang diberikan pemerintah

Aksesibilitas berbagai fasilitas awal dan sistem seperti jalan, listrik, dan sistem korespondensi mendesak investor untuk berinvestasi di area ini.

Menurut Nisan dan Zulaka (2017, 26), sebelum berinvestasi, investor mempertimbangkan beberapa faktor seperti: B. Informasi akuntansi (semua informasi tentang laporan keuangan perusahaan), citra diri (informasi perusahaan tentang reputasi perusahaan dan posisinya di industri), klasik (kemampuan investor untuk menetapkan kriteria keuangan), faktor yang ada (dengan mempertimbangkan apakah perusahaan tersebut nasional atau internasional) dan rekomendasi profesional (rekomendasi dan saran dari beberapa orang yang mengetahui topik investasi).

6.3 Metode Penilaian Usulan Investasi

Sebelum melaksanakan proyek spekulasi, eksekutif organisasi harus menggunakan teknik untuk mengukur atau menilai tingkat efisiensi proyek usaha. Saat menilai proposisi

proyek usaha, strategi penilaian yang menyertainya dapat digunakan:

Metode Payback Period

Metode pengembalian dana (payback period) adalah metode penilaian yang menentukan jumlah waktu yang diperlukan untuk usaha spekulasi untuk mengembalikan semua aset atau modal (biaya) yang dikontribusikan. Selanjutnya, hasil perhitungan dikomunikasikan dalam satuan waktu (misalnya tahun atau bulan). Estimasi efek samping dari teknik ini kemudian dikontraskan dan periode restitusi yang ideal oleh para eksekutif untuk proyek spekulasi. Menurut Mulyad (2001: 293), jangka waktu restitusi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Laba tunai rata-rata per tahun}}$$

Rumus perhitungan Laba Tunai adalah sebagai berikut:

$$LT = LA + D - PL$$

Keterangan:

LT = Laba Tunai

LA = Laba Akuntansi Sebelum Pajak

D = Depresiasi Aktiva Tetap

PL = Pajak Atas Laba

Kriteria keputusan:

- a. Jika asumsi waktu restitusi proyek spekulasi lebih terbatas daripada kerangka waktu kompensasi yang

ditetapkan oleh pengurus organisasi, proyek disetujui.

- b. Jika pengembalian proyek investasi lebih lama dari pengembalian yang ditetapkan oleh manajemen perusahaan, proyek tersebut akan ditolak.

Ada beberapa keuntungan dan kerugian menggunakan metode payback dalam proses pengambilan keputusan investasi, yaitu:

a. Keunggulan:

- 1) Proses perhitungan relatif sederhana dan mudah.
- 2) Cocok digunakan saat mengevaluasi proyek investasi berisiko tinggi, karena metode ini berfokus pada pengembalian modal yang ditanamkan dalam waktu sesingkat mungkin (semakin pendek periode pengembalian, semakin rendah risiko kerugian bagi perusahaan).
- 3) Menggunakan metode ini masih lebih baik daripada pemikiran intuitif murni saat mengevaluasi pengembalian reksa dana.
- 4) Metode ini menekankan kecepatan realisasi keuntungan moneter dari proyek investasi yang diusulkan, yang diharapkan dapat segera menutupi modal yang diinvestasikan dalam proyek tersebut.

b. Kelemahan:

- 1) Mengabaikan nilai waktu dari uang.
- 2) Mengabaikan keuntungan uang setelah periode pengembalian.
- 3) Mengabaikan nilai sisa investasi (jika investasi memiliki nilai sisa).

Metode Internal Rate of Return (IRR)

Metode tingkat pengembalian internal (*Internal Rate of Return*) adalah strategi penilaian yang menentukan biaya pinjaman yang setara dengan nilai total sekarang dari pendapatan bersih atau pengembalian (*PV of future proceeds*)

yang setara dengan jumlah biaya modal saat ini (*PV of capital outlays*). Cara yang paling umum untuk menentukan biaya pinjaman dengan strategi ini tidak sepenuhnya ditentukan oleh eksperimen.

Menurut Mukti (2019), keuntungan dari spekulasi dapat ditentukan dengan menggunakan metode alternatif dengan resep perhitungan berikut:

Persentase *return on investment (ROI)* per tahun adalah sama untuk investasi yang menghasilkan pendapatan.

$$\% \text{ ROI} = \frac{\text{Laba Akuntansi Sesudah Pajak per Tahun}}{\text{Investasi Rata-rata}}$$

Jumlah investasi rata-rata per tahun selama periode proyek
Kriteria keputusan:

- a. Jika tingkat *Internal Rate of Return* di atas tingkat pengembalian yang diminta (*Required Rate of Return / RRR*), maka proyek investasi disetujui.
- b. Bila *Internal Rate of Return* di bawah tingkat pengembalian yang diminta (*Required Rate of Return / RRR*), maka proyek investasi ditolak.

Penggunaan teknik *internal rate of return* dalam dalam siklus dinamis meliputi beberapa keuntungan dan kerugian, khususnya:

- a. Keunggulan:
 - 1) Pertimbangkan nilai waktu uang tunai.
 - 2) Pertimbangkan keuntungan terkait uang atas keberadaan proyek spekulasi.
 - 3) Strategi IRR yang belum sepenuhnya diselesaikan dapat digunakan sebagai pemikiran atau tolok ukur untuk pengelompokan proyek spekulasi.

b. Kelemahan:

- 1) Interaksi estimasi cukup lebih merepotkan daripada teknik penilaian evaluasi investasi lainnya.
- 2) Interaksi estimasi menghabiskan sebagian besar hari, karena harus diselesaikan dengan eksperimen "*trial and error*".

Metode Net Present Value (NPV)

Menurut Irianto (2023), teknik net present worth (NPV) adalah kontras antara keuntungan saat ini dari pendapatan yang mendekat dan pendapatan aktif yang terkait dengan usaha tersebut. Strategi ini menghitung kontras antara nilai pendapatan bersih saat ini (keuntungan dari) proyek usaha yang diatur dan nilai atau ukuran modal spekulasi dalam proyek usaha. Mengingat model pilihan dari teknik NPV, proyek spekulasi masuk akal dengan asumsi bahwa nilai pendapatan bersih perusahaan saat ini lebih menonjol daripada atau setara dengan komitmen modal tugas spekulasi.

Tingkat penurunan harga atau tingkat pengembalian yang dikenakan untuk proyek spekulasi biasanya lebih tinggi daripada biaya pembiayaan umum yang dibebankan oleh bank atau yayasan moneter lainnya karena proyek usaha menyiratkan pertaruhan yang lebih serius daripada kredit bank atau toko.

Menurut Wear R. Hansen dan Maryanne M. Mowen (2005:407) menyusun strategi NPV dapat dibentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned} NPV &= [(\sum CF_t / (1 + i)^t)] - I \\ &= [\sum CF_t df_t] - I \\ &= P - I \end{aligned}$$

Keterangan:

- CF_t = arus kas masuk yang diterima dalam periode t , dengan $t = 1 \dots$
- nI = Nilai sekarang dari biaya proyek
- n = Umur manfaat proyek
- i = Tingkat pengembalian yang diperlukan
- t = Periode waktu
- P = Nilai sekarang dari arus kas masuk proyek di masa depan
- df_t = Faktor diskonto

Kriteria keputusan untuk proposal investasi adalah sebagai berikut:

- a. Jika total PV dari total expected return lebih besar dari PV investasi (NPV positif), maka usulan investasi dapat diterima.
- b. Jika total PV dari total keuntungan yang diharapkan adalah nol (zero NPV), maka proposal investasi dapat diterima atau ditolak.
- c. Jika PV total dari pengembalian total yang diharapkan kurang dari PV investasi (NPV negatif), proposal investasi harus ditolak.

Ada beberapa keuntungan dan kerugian menggunakan metode NPV sebagai metode evaluasi proyek investasi, antara lain:

- a. Keunggulan:
 - 1) Pikirkan tentang nilai waktu dari uang.
 - 2) Pertimbangkan setiap keuntungan moneter

(pengembalian) yang diperoleh selama masa proyek investasi.

b. Kelemahan:

- 1) Proses perhitungan relatif lebih merepotkan daripada strategi penyelesaian.
- 2) Ada kesulitan dalam menentukan biaya pinjaman yang tepat untuk digunakan sebagai premis penurunan harga.
- 3) Jika terdapat beberapa proyek investasi dengan ukuran yang berbeda-beda, maka perbedaan penyajian yang tidak ditentukan oleh strategi total aset tidak dapat dijadikan patokan.
- 4) Metode ini dapat menyebabkan hasil yang menyesatkan ketika mengidentifikasi salah satu proyek investasi terbaik di antara beberapa proyek investasi alternatif dengan umur ekonomi yang berbeda.

Metode Accounting Rate of Return (ARR)

Metode *Accounting Rate of Return (ARR)* sering disebut juga dengan “Average Return”, menunjukkan persentase laba bersih setelah pajak yang dihitung dari “investasi rata-rata” atau “investasi awal”. Dasar perhitungan metode ini adalah laba yang ditunjukkan dalam akuntansi (laporan keuangan tahunan).

Metode *Accounting Rate of Return (ARR)* sering disinggung sebagai “Average Return”, menunjukkan tingkat keuntungan bersih setelah biaya ditentukan dari “investasi rata-rata” atau “investasi awal”. Alasan untuk menyusun strategi ini adalah keuntungan yang ditampilkan dalam pembukuan (laporan keuangan tahunan).

Mulyadi (2001:301) menulis bahwa estimasi strategi ARR dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{ARR} = \frac{\text{Rata-rata laba bersih setelah pajak}}{\text{Rata-rata investasi}}$$

Kriteria keputusan:

- a. Jika tingkat pengembalian akuntansi dari proyek investasi yang diusulkan lebih tinggi dari ARR yang ditentukan oleh manajemen, proyek investasi yang diusulkan dapat diterima atau layak.
- b. Jika tingkat pengembalian akuntansi dari proyek investasi yang diusulkan lebih rendah dari ARR yang ditetapkan oleh manajemen, proyek investasi yang diusulkan akan ditolak.

Ada beberapa keuntungan dan kerugian menggunakan metode ARR dalam proses pengambilan keputusan investasi, antara lain:

- a. Keunggulan:
 - 1) Proses perhitungan relatif sederhana karena hanya digunakan data akuntansi atau keuangan prakiraan.
 - 2) Pertimbangkan semua pendapatan yang dihasilkan selama umur ekonomis proyek investasi.
- b. Kelemahan:
 - 1) Nilai waktu dari uang tidak diperhitungkan.
 - 2) Relatif sulit untuk menentukan tingkat pengembalian yang dianggap tepat sebagai ambang persetujuan minimum untuk suatu proyek investasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Safitri Lia., & Amanah, Lailatul. (2014). Pengaruh keputusan investasi, keputusan pendanaan, kebijakan dividen dan kinerja keuangan terhadap nilai perusahaan. *Jurnal Ilmu & Riset Akuntansi*, 3 (9), 1-15.
- Irianto, H. (2023). Analisis Kelayakan Usaha Fruit Leather Buah Carica (*Vasconcellea volubilis*. L).
- Kasmir dan Jakfar. (2015). *Studi Kelayakan Bisnis*. Edisi Revi. Jakarta: Kencana Prenada Media.
- Lubis, Pardamean., & Zulam, Salman Bin. (2016). Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi investasi di Indonesia. *Jurnal Perspektif Ekonomi Darussalam*, 2(2), 147-166, ISSN: 2502-6976.
- Mukti, R. (2019). *Perencanaan Bisnis Calcium Nitrate Studi Kasus PT Multi Nitrotama Kimia* (Doctoral dissertation, Program Studi Magister Manajemen, Universitas Widyatama).
- Mulyadi. (2001). *Akuntansi Manajemen : Konsep, Manfaat dan Rekayasa Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Universitas Gajahmada.
- Nisa, A., dan Zulaika, L. (2017). Pengaruh Pemahaman Investasi, Modal Minimal Investasi dan Motivasi Terhadap Minat Mahasiswa Berinvestasi di Pasar Modal. *Jurnal Penelitian Teori & Terapan Akuntansi*, 2(E-ISSN 2528-2581), 22-35.
- Prasetio, Aries Heru. (2011). Valuasi perusahaan. Jakarta Pusat: PPM.
- Riyanto, B. (2011). Dasar-dasar pembelajaran perusahaan (edisi keempat). Yogyakarta: BPFE UGM.
- Sugiyono, A. (2015). *Akuntansi informasi dalam pengambilan keputusan*. Jakarta: Gramedia.
- Tandelilin, Eduardus. (2010). *Portofolio dan Investasi (edisi pertama)*. Yogyakarta: Kanisius

BAB 7

TATA LETAK PABRIK DAN ANALISA ALIRAN MATERIAL

Oleh Christofora Desi Kusmindari

7.1 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan landasan penting dalam dunia industri. Tata letak pabrik yang terencana dengan baik juga menentukan efisiensi dan efektifitas operasi produksi dan dalam beberapa hal juga menjaga kelangsungan hidup atau kesuksesan perusahaan. Peralatan produksi yang rumit dan mahal tidak berarti apa-apa karena penempatan yang tidak beraturan. Kegiatan produksi yang berlangsung dalam waktu yang lama tanpa perubahan mengakibatkan kesalahan dalam perencanaan pengaturan sehingga dapat merugikan perusahaan.

Tata letak Pabrik (*plant layout*) merupakan kegiatan yang berhubungan dengan perancangan susunan fasilitas fisik untuk meningkatkan efisiensi peralatan, material, orang dan energi, sedangkan perancangan fasilitas (*facility design*) merupakan perancangan yang meliputi lokasi pabrik dan bangunan, tata letak dan penanganan material. Penanganan material (*material handling*) sendiri merupakan pengaturan pergerakan material. Tata letak pabrik yang baik selalu melibatkan tata cara pemindahan bahan di pabrik, sehingga disebut tata letak pabrik dan pemindahan bahan, sehingga perancangan tata letak pabrik merupakan bagian dari kegiatan perencanaan fasilitas pabrik.

Perencanaan fasilitas pabrik meliputi penentuan lokasi pabrik dan perancangan fasilitas yang mencakup perancangan terhadap :

1. Sistem fasilitas, yang terdiri dari struktur sistem, sistem elektrik/penerangan/komunikasi, sistem sanitasi, dsb
2. Tata letak, yang meliputi mesin, peralatan, dan fasilitas penunjang
3. Sistem pemindahan material yang diperlukan untuk aktivitas produksi.

Enam prinsip dasar yang dipakai dalam perencanaan tata letak pabrik dipakai, yaitu :

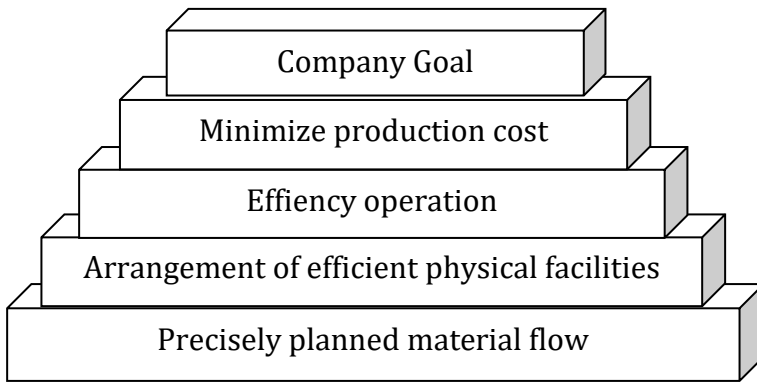
1. Mengintegrasikan semua faktor yang mempengaruhi produksi.
2. Meminimalisasi jarak perpindahan.
3. Normalisasi aliran kerja yang berlangsung
4. Mengefektifkan dan melakukan efisiensi semua area kerja
5. Menjaga sebaik mungkin kepuasan kerja dan rasa aman bagi pekerja
6. Fleksibilitas dalam pengaturan tata letak.

7.2 Analisa Aliran Material

Konsep aliran yang baik mengasumsikan bahwa semua elemen yang memasuki bangunan mengalir di sepanjang bangunan dan mengikuti lintasan yang diberikan hingga mencapai akhir proses, jadi gerakan langsung, pengembalian minimal adalah peningkatan aliran yang baik. Bergerak dan melintasi mengurangi biaya dan meningkatkan efisiensi dan produktivitas.

Pola aliran material harus dipertimbangkan karena merupakan dasar dari desain dasar fasilitas dan efisiensi operasi keseluruhannya.. Keberhasilan suatu perusahaan atau paling tidak profitabilitas perusahaan merupakan cerminan langsung

dari usaha yang berjalan dalam perencanaan. Melalui gambar berikut dijelaskan pentingnya pola aliran material :



Gambar 7.1. Pola Aliran Material

Berikut adalah beberapa keuntungan yang diperoleh dengan melakukan perencanaan pola aliran material :

1. Efisiensi produksi meningkat
2. Ruang pabrik dimanfaatkan sebaik mungkin
3. Penyederhanaan pemindahan material
4. Peralatan dimanfaatkan sebaik mungkin
5. Mengurangi waktu dalam proses
6. Mengurangi persediaan dalam proses
7. Pemanfaatan tenaga kerja lebih efisien
8. Mengurangi kerusakan produk
9. Kecelakaan minimal
10. Mengurangi jarak jalan kaki
11. Mengurangi kemacetan lalu lintas gang
12. Dasar bagi tata letak yang efisien
13. Penyeliaan lebih mudah
14. Pengendalian produksi lebih sederhana
15. Proses penjadwalan lebih baik
16. Urutan pekerjaan logis

Dalam analisa pola aliran material diperlukan beberapa informasi berupa *assembly chart*, *operation process chart*, *flow process chart*, *multi product process chart*, *flow diagram*, dan *form to chart*.

7.2.1 Faktor yang Dipertimbangkan dalam Perencanaan Pola Aliran

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan pola aliran :

1. Material/produk : karakteristik penerimaan dan pengiriman, volume produksi, jumlah komponen yang berbeda, jumlah operasi dan kebutuhan gudang
2. Pemindahan/gerakan : kekerapan, kecepatan/laju, volume kegiatan, cakupan
3. Metode pemindahan : satuan yang dipindahkan, prinsip pemindahan material, keluwesan yang diinginkan, peralatan yang dibutuhkan, perencanaan pemindahan material
4. Proses (pusat kegiatan) : urutan operasi, kebutuhan-kebutuhan khusus dari berbagai kegiatan, jumlah peralatan, kebutuhan ruang peralatan, jumlah rakitan bagian
5. Bangunan : bentuk, ukuran, jenis bangunan, luas lantai, luas gang, dan lokasi departemen
6. Tapak : keadaan lahan, alat transportasi, ketersediaan fasilitas transportasi dan kemungkinan perluasan
7. Pegawai : jumlah pekerja, gerakan pekerja, keselamatan kerja, kondisi kerja, dan kebutuhan penyediaan

Beberapa pertimbangan agar aliran didasarkan atas aliran material, produk, dan pegawai :

1. Membutuhkan mesin-mesin atau peralatan serupa
2. Membutuhkan proses yang sama
3. Membutuhkan operasi yang sama

4. Mengikuti urutan operasi
5. Memiliki waktu operasi yang sama
6. Memiliki bentuk, ukuran, kegunaan atau rancangan yang sama
7. Menuntut derajat mutu yang sama
8. Terbuat dari material yang serupa atau sama

7.2.2 Perencanaan dan Perancangan Pola Aliran

Perencanaan pola aliran efektif meliputi kombinasi pola-pola untuk memperoleh *progressive movements* dari asal ke tujuan. Pola aliran yang efektif dapat dicapai dengan meminimalkan aliran langsung, mengurangi aliran, dan meminimalkan biaya aliran.

Suatu aliran langsung adalah jalur aliran yang tidak terputus berjalan langsung dari asal ke tujuan. Pengurangan aliran dapat dicapai dengan *work simplification*, yaitu :

- ★ Hilangkan aliran dengan merencanakan dan mengurangi langkah-langkah untuk mendapatkan bahan, informasi, atau personel langsung ke titik penggunaan
- ★ Minimalkan banyak aliran dengan merencanakan untuk memasang aliran antara dua titik sehingga perpindahannya sekecil mungkin.
- ★ Menggabungkan aliran dan operasi Di sisi lain, meminimalkan biaya aliran dapat dicapai dengan:
- ★ Kurangi pekerjaan manual dengan meminimalkan aktivitas berjalan, penggerak manual, dan penggerak
- ★ Hilangkan pekerjaan manual melalui mekanisasi atau otomasi.

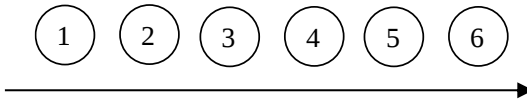
7.2.3. Langkah-langkah perancangan pola aliran

1. Identifikasi dan verifikasi semua elemen aliran (bahan, limbah, skrap, tenaga kerja, alat, informasi)
2. Kumpulkan data: pesanan produksi, limbah dan skrap rata-rata, pergerakan pekerja, data pemindahan peralatan, aliran informasi
3. Periksa tolok ukur rencana
4. Periksa faktor-faktor seperti: karakteristik material, persyaratan penanganan material, penanganan material awal, pergerakan pekerja, urutan proses produksi, lokasi penerimaan dan pengiriman, lokasi bahan baku, produk setengah jadi, dan produk jadi barang, gang, lokasi untuk aktivitas khusus, kebutuhan pengawasan, produksi dan kontrol kualitas, fleksibilitas, kendala struktural, medan
Pertimbangkan beberapa peluang susun
5. Periksa alat analitik
6. Gunakan alat analitik
7. Buat sketsa beberapa kemungkinan pola aliran.
8. Periksa dan evaluasi pola aliran
9. Perbaiki sketsa
10. Pisahkan gambar terbaik menjadi pola aliran
11. Periksa pola aliran lagi
12. Gambarkan pola aliran yang diusulkan.

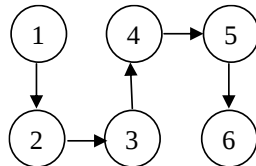
7.2.4 Pola Aliran Umum

Beberapa pola aliran yang secara umum dipakai untuk pengaturan aliran material dalam proses produksi adalah :

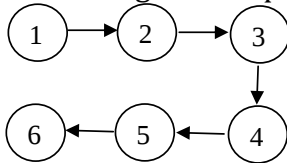
1. Garis Lurus (*Straight Line*) : diterapkan bila proses produksi berlangsung singkat, relatif sederhana dan terdiri dari beberapa komponen/macam peralatan produksi.



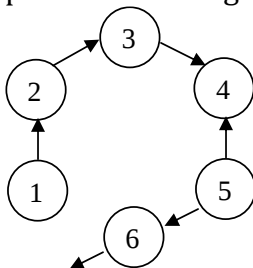
2. Ular atau Zig Zag (*Serpentine*) : diterapkan bila aliran proses produksi lebih panjang dibandingkan luas area yang tersedia



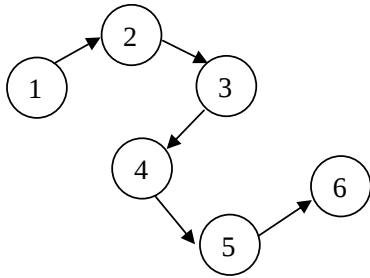
3. Bentuk U (*U Shape*) : diterapkan bila dikehendaki bahwa akhir dari proses produksi berada pada lokasi yang relatif sama dengan awal proses produksinya.



4. Melingkar (*Circular*) : dipakai bila dikehendaki mengembalikan material/produk pada titik awal aliran produksi berlangsung.



5. Bersudut ganjil (*Odd-angle*) : baik diterapkan untuk area yang kecil, karena membutuhkan lintasan yang pendek.



Berdasarkan posisinya dalam departemen, maka pola aliran dibagi dalam 4 kategori, yaitu

1. Flow Within Departements (*Product Layout*)
2. Flow Within Departements (*Process Layout*)
3. Flow Within *Fixed Departement*
4. *Group Technology*

Aliran perencanaan yang efektif meliputi kombinasi dari pola aliran yang telah dijelaskan di atas.

7.2.5 Pengukuran Aliran Material

Aliran material antar departemen adalah salah satu faktor kunci dalam mengatur departemen dalam suatu fasilitas. Aliran Material dapat ditentukan secara kuantitatif atau kualitatif. Pengukuran kuantitatif sesuai untuk fasilitas di mana banyak bahan, informasi, atau orang berpindah dari satu proses ke proses berikutnya, tetapi di fasilitas di mana bahan, informasi, atau orang berpindah dari satu proses ke proses berikutnya, terjadi sedikit komunikasi tetapi penting cocok menggunakan pengukuran kualitatif.

Metode kuantitatif didasarkan pada pengukuran tertentu seperti: Contoh: jumlah produk per jam, jumlah pergerakan per hari, berat per minggu, dll. Metode yang tersedia: Diagram String, Diagram Alir Segitiga, atau Dari ke Bagan. Metode kualitatif, di sisi lain, didasarkan pada serangkaian derajat hubungan yang menunjukkan apakah departemen ditempatkan

dekat atau jauh dari departemen lain. Metode yang tersedia: diagram hubungan aktivitas (*Activity Relationship Diagram*)

7.2.5.1 Metode Kuantitatif

a String Diagram

Alat yang digunakan untuk menggambarkan elemen aliran dari suatu tata letak, menggunakan alat berupa tali, kabel, atau benang untuk menunjukkan lintasan perpindahan massa dari satu tempat ke tempat lain

b Triangular Flow Diagram (TFD)

Diagram yang digunakan untuk (secara grafis) mengilustrasikan aliran bahan, produk, informasi, orang, dll, atau yang juga dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan kerja antara suatu departemen (peralatan kerja) dan departemen lain.

c From To Chart

From to chart merupakan peta yang menghubungkan satu stasiun dengan stasiun yang lain. From to chart sangat berguna pada situasi sebagai berikut :

- ★ Barang yang mengalir pada suatu wilayah berjumlah banyak
- ★ Keterkaitan terjadi antar beberapa kegiatan
- ★ Jika diinginkan penyusunan kegiatan secara optimum

Angka-angka dalam from to chart menunjukkan ukuran aliran bahan antara lokasi-lokasi yang terlibat. Misalnya beban berat, jarak, volume, atau kombinasi dari beberapa faktor. Isi masing-masing sel pada tabel from to chart berdasarkan perhitungan ongkos material handling sebagai berikut :

X_{ij} = OMH dari lokasi asal i ke lokasi tujuan j

X_i = total OMH pada lokasi asal i

Y_j = total OMH pada lokasi tujuan j

Inflow-Outflow menunjukkan aliran barang jadi satu stasiun ke stasiun yang lainnya. Dalam inflow-outflow relationship chart, OMH yang terdapat dalam from to chart harus dibandingkan dengan total barang yang masuk ke/keluar dari stasiun tersebut, sehingga pada akhirnya akan terlihat keeratan hubungan antara stasiun-stasiun.

Terdapat 2 metode perhitungan untuk menentukan koefisien outflow tersebut :

Metode 1 :

$$O_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_i}$$

dimana O_{ij} = koefisien outflow dari lokasi asal i ke lokasi tujuan j

Metode 2 :

$$O_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j}$$

Sedangkan perhitungan untuk menentukan koefisien inflow adalah sebagai berikut :

$$I_{ij} = \frac{X_{ij}}{Y_i}$$

dimana I_{ij} = koefisien inflow dari lokasi asal i ke lokasi tujuan j

Perhitungan inflow dan outflow menjadi dasar penentuan prioritas. Skala prioritas dimaksudkan untuk menunjukkan stasiun tujuan mana yang harus dilayani terlebih dahulu. Pengurutan prioritas dilakukan dengan mengurutkan nilai emisi dari workstation tertentu. Jika stasiun dengan nilai flow tertinggi merupakan stasiun target dengan prioritas tertinggi, nilai inflow akan diperhitungkan jika nilai flow sama.

Contoh penentuan skala prioritas dari from to chart yang ada :

From to chart

Ke	Mesin A	Mesin B	Mesin C	Total
Dari				
Mesin A		250	300	550
Mesin B			500	500
Mesin C	100			
Total	100	250	800	1150

Outflow Relantionship Chart (Metode 1)

Ke	Mesin A	Mesin B	Mesin C
Dari			
Mesin A		0.4545	0.5455
Mesin B			1
Mesin C	1		

Outflow Relantionship Chart (Metode 2)

Ke	Mesin A	Mesin B	Mesin C
Dari			
Mesin A		0,5	3
Mesin B			5
Mesin C	0.1818		

Inflow Relantionship Chart

Ke	Mesin A	Mesin B	Mesin C
Dari			
Mesin A		1	0.375
Mesin B			1
Mesin C	1		

Skala Prioritas

Ke	1	2
Dari		
Mesin A	C	B
Mesin B	C	
Mesin C	A	

ARD adalah diagram blok yang menunjukkan seberapa erat keterkaitan setiap aktivitas untuk penjelasan lebih lanjut sebelum membuat template. ARD terdiri dari blok-blok yang disusun menurut prioritasnya, dengan prioritas tertinggi bersebelahan.

7.5.2.2 Metode Kualitatif Untuk Menganalisis Aliran Material

Metode kualitatif **mengukur** derajat **kedekatan** hubungan antara satu fasilitas (departemen) dengan **fasilitas (departemen) lainnya**. Nilai-nilai yang menunjukkan **tingkat relevansi** dicatat **bersama** dengan **alasan** yang mendasarinya dalam peta hubungan aktivitas (*Activity Relationship Chart*) yang dikembangkan oleh **Richard Muther**.

Peta hubungan aktivitas (ARC) merupakan suatu cara atau teknik yang sederhana di dalam merencanakan tata letak fasilitas atau departemen berdasarkan derajat hubungan aktivitas, dan cenderung berdasarkan pertimbangan-pertimbangan yang bersifat subyektif dari masing-masing fasilitas/departemen. Prosedur membuat peta hubungan aktivitas (ARC) :

- ★ Identifikasi tempat kerja atau departemen yang akan dibuat dan daftarkan secara berurutan di peta.
- ★ Melakukan wawancara atau survei dengan karyawan dan manajer yang berwenang dari setiap departemen pada daftar peta.
- ★ Menetapkan kriteria hubungan lintas departemen yang ditempatkan pada peta berdasarkan kedekatan hubungan dan alasannya masing-masing, dan menetapkan nilai hubungan untuk setiap aktivitas hubungan lintas departemen pada peta.
- ★ Diskusikan hasil penilaian hubungan antara kegiatan yang memetakan ke realitas yang mendasari manajemen. Jangan ragu untuk memberikan kesempatan untuk meninjau dan membuat perubahan signifikan sesuai kebutuhan.

Beda metode From to Chart dengan ARC

- ★ Pada From to Chart analisis dilaksanakan berdasarkan angka-angka berat/volume dan jarak perpindahan material
- ★ Pada ARC menggantikannya dengan kode huruf untuk menunjukkan derajat hubungan aktivitas dan kode angka untuk menjelaskan alasan pemilihan kode huruf.

Faktor-faktor yang mempengaruhi keterkaitan hubungan pada ARC adalah :

- ★ Tuntutan khusus dari kegiatan tertentu atau departemen

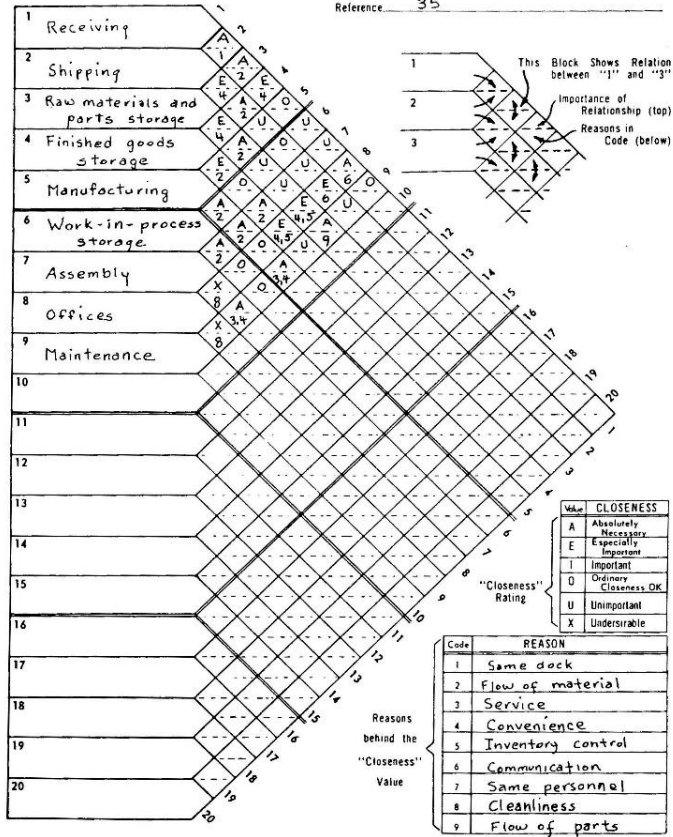
- ★ Sifat/karakteristik bangunan : tipe, ukuran, bangun, luas lantai, tinggi bersih, lokasi tiang, jarak antar tiang, lokasi pintu, arah perluasan
- ★ Tapak bangunan : lokasi, ukuran, topograf, bangun, orientasi bangunan, cuaca
- ★ Fasilitas luar : alat angkut, parkir, keperluan umum (utilitas)
- ★ Perluasan : aliran produksi di masa datang dan perubahan material tata letak, lokasi kegiatan yang mungkin berkembang dan urutannya, peralatan permanen, bangunan, lokasi serta jarak tiang

Alasan-alasan Pemilihan Derajat Hubungan

- ★ Kebisingan, debu, getaran, bau, dll
- ★ Penggunaan mesin atau peralatan, data informasi, *material handling equipment* secara bersama-sama
- ★ Kemudahan aktivitas supervisi
- ★ Kerjasama yang erat kaitannya dari operator masing-masing departemen yang ada.

ACTIVITY RELATIONSHIP CHART

Plant TRESISA Project A-35
 Charted by JT With _____
 Date 1/14 Sheet 1 of 1
 Reference 35



Gambar 7.2. Activity Relantionship Chart

DAFTAR PUSTAKA

- Apple., J.M, *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, 1990, ITB, Bandung.
- Apple., J.M, *Plant Layout and Material Handling Systems Design*, Ronald Press, 1972.
- Hadiguna, Rika Ampuh dan Heri Setiawan. 2008. *Tata Letak Pabrik*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Richard L. Francis, Leon F. McGinnis, Jr., and John A. White, *Facility Layout and Location, An Analytical Approach*, second edition, Prentice-Hall, 1992.
- Singh N. and Rajamani D., *Celluler Manufacturing Systems*, Chapman & Hall, 1995.
- Sule D.R., *Manufacturing Facilities : Location, Planning, and Design*, second edition, PWS Publishing Company, 1994
- Sunderesh Heragi, *Facilities Design*, PWS Publishing Company, 1997
- Tompkins, J. A. White, Y. A. Bozer, E. H. Frazelle, J. M. A. Tanchoco, and J. Trevino, *Facilities Planning*, Wiley, 1996
- Wignjosoebroto S., *Tata Letak Pabrik dan pemindahan Bahan*, edisi ke-3, Guna Widya, 2003

BAB 8

PETA KERJA

Oleh Sony Kuswandi

8.1 Definisi Peta Kerja

Peta kerja adalah alat visual yang digunakan untuk merencanakan, mengorganisir, dan memonitor tugas atau proyek. Peta kerja sering digunakan dalam lingkungan kerja untuk membantu individu atau tim dalam memahami dan menyelesaikan tugas dengan lebih efektif. Peta kerja biasanya mencakup beberapa komponen penting seperti tugas, waktu yang dibutuhkan, dan sumber daya yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tersebut.

Salah satu fungsi peta kerja adalah untuk memperbaiki metode kerja yang ada. Dengan menggunakan peta kerja, tim dapat mengidentifikasi proses kerja yang tidak efisien dan menentukan cara untuk meningkatkan efisiensi proses tersebut.

Terdapat hal-hal yang diperlukan dalam meningkatkan efisiensi metode kerja, terutama dalam proses produksi, seperti:

1. Jumlah produk yang diinginkan harus ditetapkan sebagai target.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas harus dihitung.
3. Mesin yang digunakan harus dapat menangani tugas yang diberikan.
4. Semua bahan harus siap sebelum memulai produksi.
5. Alat khusus yang dibutuhkan harus tersedia.
6. Seluruh informasi yang terkait dengan produksi harus dikumpulkan dan dipertimbangkan.

8.2 Lambang-lambang yang Digunakan

Salah satu peta kerja yang populer adalah peta kerja yang dikembangkan oleh Gilberth. Peta ini menggunakan 40 simbol untuk menggambarkan gerakan tangan dan benda selama proses kerja. Namun, jumlah simbol tersebut kemudian disederhanakan menjadi hanya empat jenis saja. Pada tahun 1947, *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) menetapkan standar simbol yang terdiri dari lima jenis simbol. Simbol-simbol ini merupakan pengembangan dari simbol-simbol yang sebelumnya dibuat oleh Gilberth. Beberapa simbol standar ASME yang digunakan antara lain simbol tangan, simbol transportasi benda, dan simbol inspeksi. Berikut adalah beberapa simbol standar ASME:

1. Operasi

Proses operasi terjadi ketika benda kerja mengalami perubahan sifat, entah itu secara fisik atau kimia, serta dalam hal mendapatkan atau menyampaikan informasi dalam situasi tertentu.

Sebagai contoh:

- a. Proses serutan kayu menggunakan mesin serut.
- b. Proses perakitan barang.
- c. Tugas pengerasan logam.

2. Pemeriksaan

Pengecekan suatu aktivitas dilakukan ketika suatu benda atau alat dicek dari segi kualitas maupun kuantitas dengan membandingkannya dengan standar yang telah ditetapkan.

Contohnya antara lain:

- a. Mengukur dimensi suatu benda.
- b. Mengevaluasi warna suatu objek.
- c. Membaca pengukur tekanan uap pada mesin uap.

3. Transportasi ➡

Transportasi terjadi ketika ada perpindahan posisi benda, pekerja, atau peralatan yang tidak termasuk dalam proses tertentu.

Beberapa contoh transportasi antara lain:

- a. Menggeser material dengan gerobak dorong,
- b. Mengangkat barang dengan winch, atau
- c. Memindahkan objek tanpa alat pengangkut.

Namun, pergerakan yang merupakan bagian dari proses atau dilakukan oleh pekerja pada saat proses atau pemeriksaan berlangsung, tidak termasuk dalam transportasi.

Sebagai contoh, ketika keramik dipanaskan di atas ban berjalan, perpindahan keramik tersebut merupakan bagian dari kegiatan pemanasan, sehingga bukan termasuk dalam aktivitas transportasi.

Penting untuk memahami perbedaan ini karena aktivitas transportasi dapat memakan waktu dan sumber daya yang signifikan dalam suatu proses produksi.

4. Menunggu D

Menunggu merupakan kejadian saat objek kerja, karyawan, atau peralatan tidak melakukan apa pun selain menunggu (biasanya dalam waktu singkat).

Contoh-contohnya meliputi:

- a. Material yang menunggu diangkut ke lokasi lain
- b. Kotak yang menunggu dibuka.

5. Penyimpanan ▽

Penyimpanan suatu objek terjadi saat objek tersebut disimpan dalam jangka waktu yang tidak singkat.

Contoh-contohnya meliputi:

- a. Semua arsip dokumen disimpan dalam brankas
- b. *Raw material* yang disimpan di dalam gudang

6. Aktivitas Gabungan (Operasi dan Inspeksi) ○

Kegiatan ini terjadi ketika aktivitas operasional dan inspeksi berlangsung secara bersamaan atau dilaksanakan di suatu lokasi tempat bekerja.

8.3 Jenis-jenis Peta Kerja

8.3.1 Peta-peta kerja untuk menganalisis kegiatan kerja keseluruhan

Suatu aktivitas dikategorikan sebagai aktivitas kerja menyeluruh apabila melibatkan hampir seluruh atau seluruh fasilitas yang diperlukan dalam menciptakan produk terkait. Hal-hal yang termasuk dalam peta kerja menyeluruh adalah:

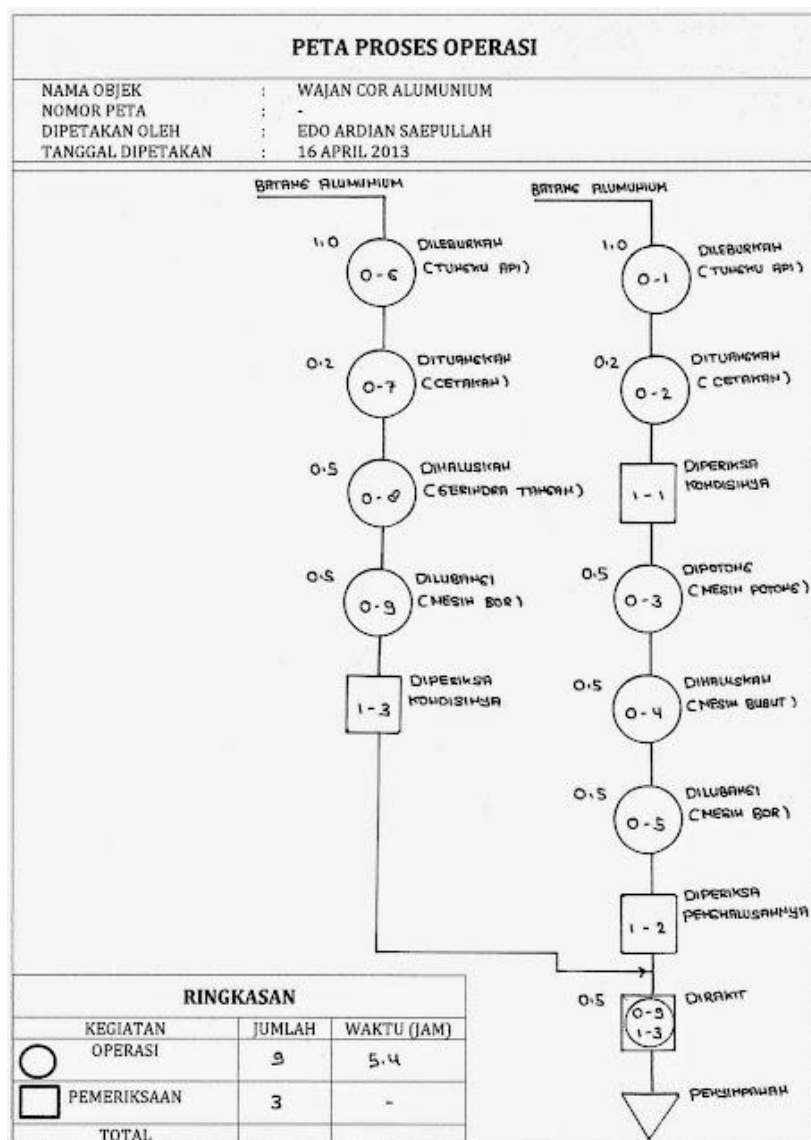
1. Peta Proses Operasi (*Operation Process Chart*)

Diagram atau peta proses operasi adalah gambaran yang menunjukkan tahapan-tahapan yang dilalui oleh bahan baku dalam suatu proses produksi, termasuk urutan operasi, pemeriksaan, dan lokasi atau mesin yang digunakan. Selain itu, peta proses operasi juga mencakup informasi penting seperti waktu yang dibutuhkan dan bahan baku yang digunakan untuk masing-masing tahapan.

Fungsi peta proses operasi sangatlah beragam. Antara lain:

- a. Peta tersebut dapat membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan mesin dan menentukan anggaran yang dibutuhkan untuk memperoleh mesin tersebut.
- b. Peta proses operasi juga berguna dalam memperkirakan kebutuhan bahan baku, sebagai alat latihan kerja, serta sebagai alat untuk menetapkan tata letak kerja.

Dalam membuat peta proses operasi, terdapat beberapa prinsip yang harus diikuti. Pertama, harus mencakup identifikasi seperti judul "PETA PROSES OPERASI", nama objek, nama pembuat, tanggal pembuatan, metode lama atau metode sekarang, nomor peta, dan nomor gambar. Kedua, material yang akan diolah diletakkan di atas garis horizontal, sedangkan simbol-simbol digunakan secara vertikal untuk menunjukkan perubahan proses. Terakhir, nomor kegiatan operasi diberikan secara berurutan sesuai kebutuhan, dan nomor kegiatan pemeriksaan diberikan secara terpisah dengan prinsip yang sama seperti nomor kegiatan operasi.



Gambar 8.1 Contoh Peta Proses Operasi

2. Peta Aliran Proses (*Flow Process Chart*)

Peta aliran kerja merupakan suatu diagram yang menunjukkan urutan dari seluruh aktivitas yang terjadi selama suatu proses atau prosedur, meliputi operasi, pemeriksaan, transportasi, penantian, dan penyimpanan, serta menyajikan informasi yang diperlukan untuk analisis, seperti waktu yang dibutuhkan dan jarak perpindahan. Meskipun serupa dengan peta proses operasi, terdapat perbedaan signifikan antara keduanya. Peta aliran kerja memuat semua aktivitas dasar dalam proses, termasuk transportasi, penantian, dan penyimpanan, sementara peta proses operasi terbatas pada operasi dan pemeriksaan. Selain itu, dalam analisis peta aliran kerja, setiap komponen dipelajari secara lebih terperinci dibandingkan dengan peta proses operasi.

Peta aliran kerja dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Peta aliran kerja tipe bahan Peta aliran kerja tipe bahan digunakan untuk menggambarkan urutan aktivitas atau proses yang terjadi pada suatu produk atau bahan tertentu. Peta aliran kerja tipe bahan akan menunjukkan bagaimana bahan atau produk diolah, diproses, dan dikirimkan dalam suatu lingkungan kerja.
- b. Peta aliran kerja tipe orang Peta aliran kerja tipe orang digunakan untuk menggambarkan interaksi antara manusia dalam suatu sistem kerja. Peta aliran kerja tipe orang akan menunjukkan bagaimana individu atau kelompok bekerja dalam suatu lingkungan kerja, serta interaksi dan hubungan antara mereka.

Fungsi peta aliran proses antara lain:

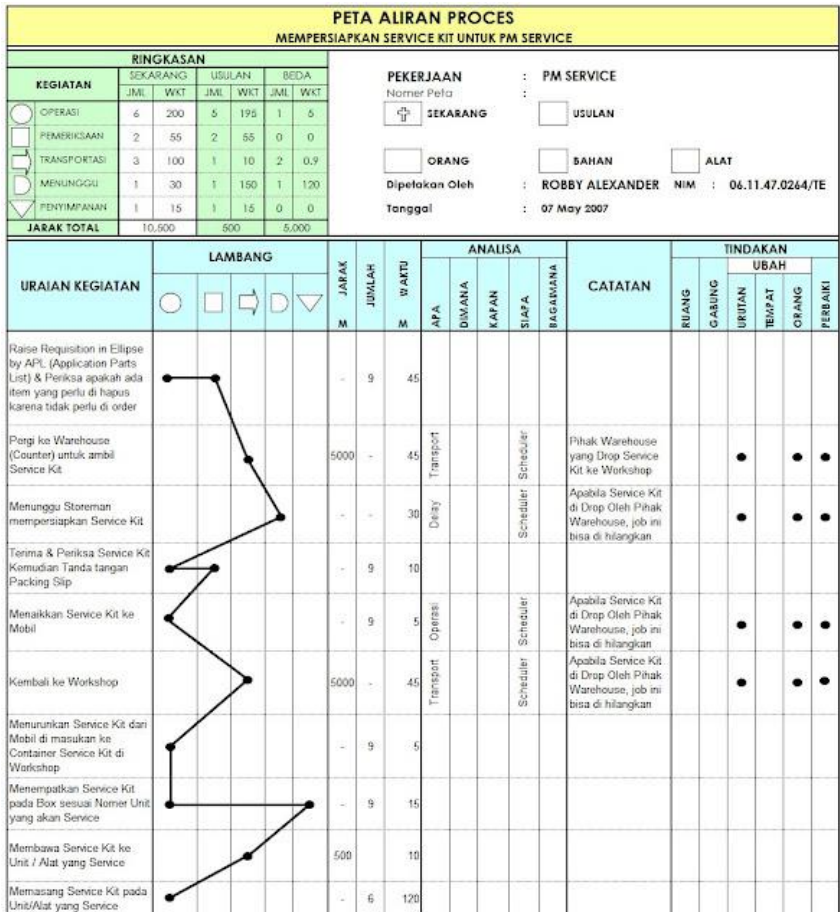
1. Membantu memahami proses kerja secara keseluruhan
2. Meningkatkan efisiensi dan produktivitas lingkungan kerja
3. Mengidentifikasi dan memecahkan masalah dalam sistem kerja

4. Meningkatkan komunikasi dan koordinasi antara individu atau kelompok dalam suatu lingkungan kerja
5. Membantu mengurangi waktu dan biaya produksi
6. Memperjelas tanggung jawab dan peran dalam suatu lingkungan kerja.

Untuk membuat peta aliran proses yang efektif, terdapat beberapa prinsip yang perlu diperhatikan:

- a. Judul peta harus ditempatkan di bagian atas dengan informasi seperti nomor/nama komponen, nomor gambar, dan tanggal pembuatan. Di sisi kanan atas kertas, harus mencantumkan nama pembuat peta.
- b. Pada sisi kiri atas kertas, perlu mencantumkan total jumlah aktivitas dan jarak perpindahan bahan atau individu selama proses berlangsung.
- c. Gunakan metode sederhana namun efektif untuk menganalisis peta aliran proses dengan mengajukan enam pernyataan mengenai kejadian dalam suatu peta aliran proses.

Dengan memperhatikan prinsip-prinsip ini, peta aliran proses akan menjadi lebih mudah dipahami dan efektif dalam analisisnya.



Gambar 8.2. Contoh Peta Aliran Proses

3. Peta Proses Perakitan (*Assembly Process Chart*)

Peta proses perakitan adalah suatu metode visualisasi proses produksi yang meliputi setiap tahapan produksi hingga produk jadi. Diagram ini menggambarkan rangkaian operasi, transportasi, pemeriksaan, inspeksi, hingga penyimpanan dalam kegiatan kerja secara menyeluruh mulai dari bahan baku hingga produk akhir. Dalam diagram ini juga terdapat keterangan mengenai jenis bahan yang

digunakan, alat dan mesin yang diperlukan, serta prosedur kerja yang harus dilakukan pada setiap tahapan produksi. Peta proses perakitan sangat penting untuk memahami setiap tahapan produksi dan mengidentifikasi ketidakefisienan dalam proses produksi.

Berikut ini adalah beberapa manfaat dari peta proses perakitan:

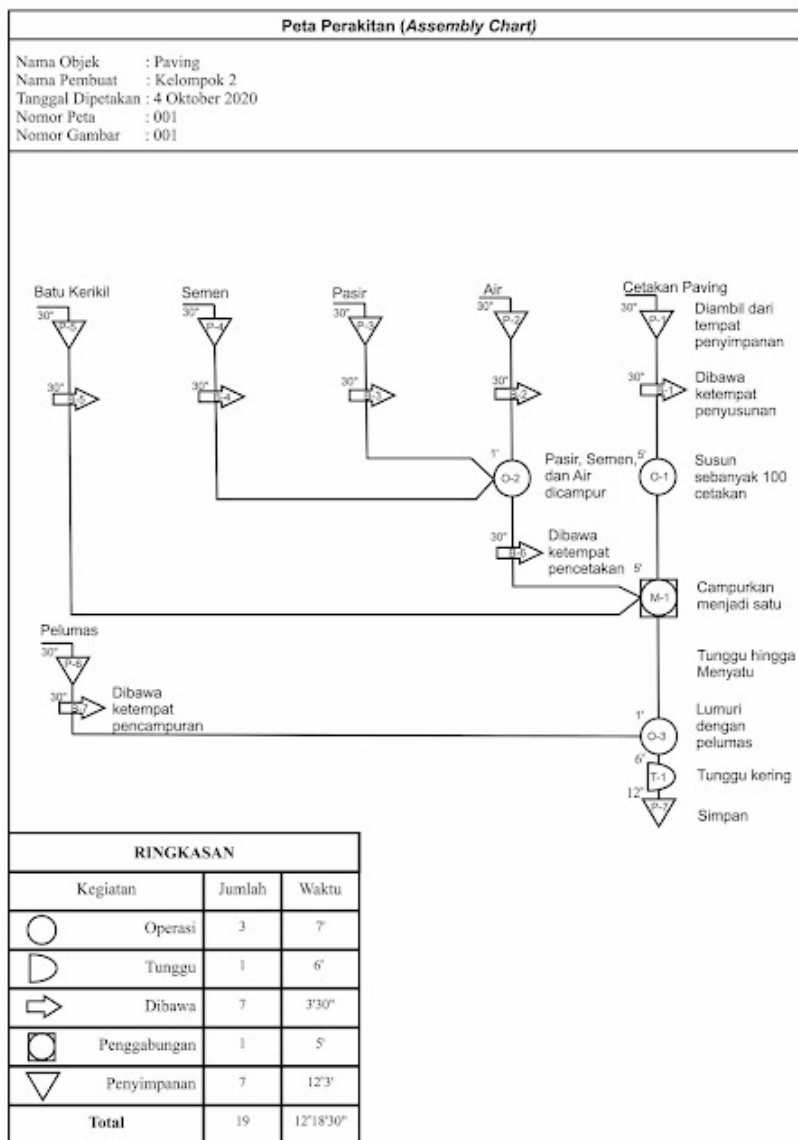
- a. Memahami aliran bahan atau aktivitas seseorang sejak awal masuk ke dalam suatu proses hingga aktivitas terakhir.
- b. Mengenal jumlah kegiatan yang dialami bahan atau yang dijalani orang selama proses atau prosedur.
- c. Sarana untuk memudahkan analisis dalam mengidentifikasi ketidakefisienan.
- d. Alat untuk memperbaiki tata letak dan metode kerja.

Prinsip-prinsip dalam pembuatan peta proses perakitan meliputi:

- a. Identifikasi langkah-langkah dalam proses perakitan: Identifikasi langkah-langkah dalam proses perakitan dari awal hingga akhir, termasuk aktivitas, komponen, dan penggunaan alat bantu atau mesin.
- b. Deskripsikan urutan langkah: Deskripsikan urutan langkah dalam proses perakitan secara detail dan jelas, termasuk waktu yang diperlukan untuk setiap langkah, dan siapa yang bertanggung jawab untuk setiap langkah tersebut.
- c. Identifikasi sumber daya yang diperlukan: Identifikasi sumber daya yang diperlukan untuk setiap langkah dalam proses perakitan, seperti alat bantu, mesin, atau tenaga kerja.
- d. Identifikasi pengukuran kinerja: Identifikasi pengukuran kinerja yang relevan untuk proses perakitan, seperti jumlah produk yang dihasilkan per

hari atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap langkah dalam proses.

- e. Identifikasi potensi perbaikan: Identifikasi potensi perbaikan dalam proses perakitan, seperti waktu yang terbuang atau penundaan dalam proses, dan perbaiki dengan mengubah atau mengoptimalkan langkah-langkah atau penggunaan sumber daya.
- f. Gunakan simbol yang jelas: Gunakan simbol yang jelas dan mudah dimengerti dalam pembuatan peta proses perakitan, seperti simbol untuk aktivitas, transportasi, inspeksi, dan lainnya.
- g. Berikan konteks yang jelas: Berikan konteks yang jelas untuk peta proses perakitan, seperti ukuran atau skala dari produk yang sedang dirakit, atau sumber daya yang tersedia.
- h. Berikan pembaruan terkini: Perbarui peta proses perakitan secara teratur untuk memastikan bahwa informasi yang disajikan selalu akurat dan terbaru.
- i. Kolaborasi dan diskusikan: Lakukan kolaborasi dan diskusikan dengan semua anggota tim yang terlibat dalam proses perakitan, termasuk supervisor, operator, dan insinyur, untuk memastikan peta proses perakitan dapat mewakili proses kerja yang sebenarnya.



Gambar 8.3. Contoh Peta Proses Perakitan

4. Peta Proses Kelompok Kerja (*Group Process Chart*)

Peta proses kelompok kerja merupakan evolusi dari Peta aliran proses yang diperkenalkan dan dikembangkan oleh John A. Adridge. Peta ini dapat diaplikasikan dalam

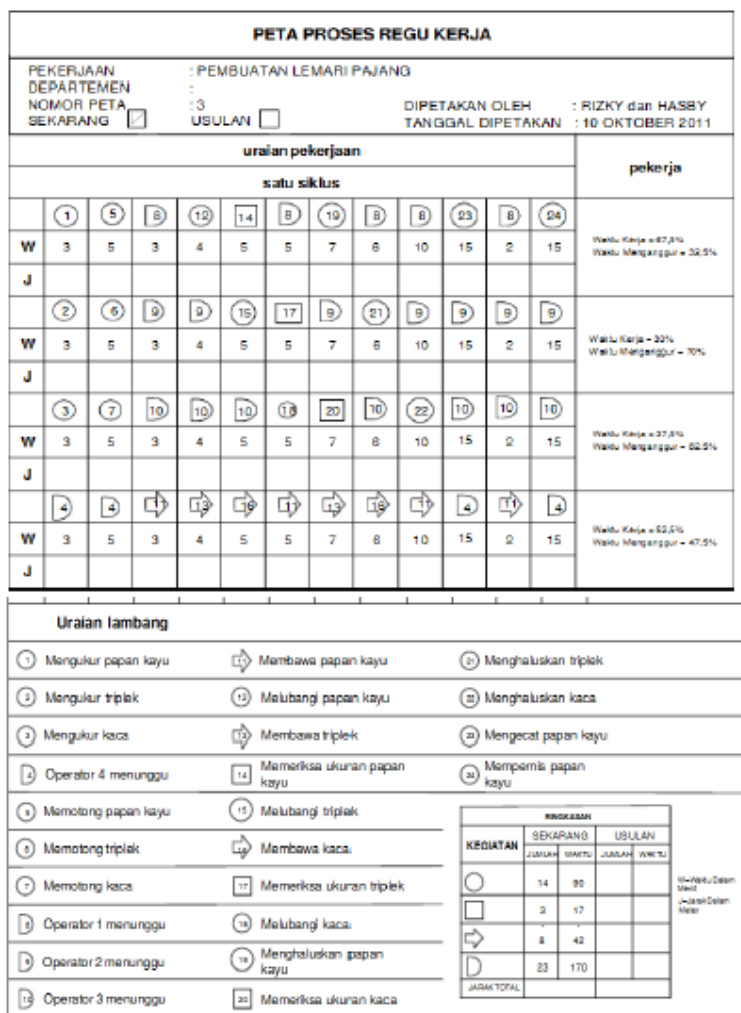
situasi kerja yang membutuhkan kolaborasi antar anggota, seperti pekerjaan di gudang, pemeliharaan, dan pengangkutan material.

Tujuan utama analisis kelompok kerja adalah untuk meminimalkan waktu tunggu (delay), sehingga mencapai tujuan-tujuan lain seperti:

- a. Pengurangan biaya produksi atau proses.
- b. Percepatan waktu penyelesaian produksi atau proses.

Berikut adalah prinsip-prinsip dalam pembuatan peta proses kelompok kerja:

- a. Identifikasi tim kerja: Tentukan siapa saja anggota tim yang akan terlibat dalam proses ini. Pastikan setiap anggota tim memiliki peran yang jelas dan memahami tanggung jawab mereka.
- b. Identifikasi tugas dan aktivitas: Identifikasi tugas dan aktivitas yang harus dilakukan oleh tim, termasuk urutan dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas dan aktivitas. Pastikan setiap tugas dan aktivitas memiliki deskripsi yang jelas.
- c. Buat diagram aliran proses: Buat diagram aliran proses dengan menggunakan simbol-simbol yang sesuai. Diagram harus menggambarkan langkah-langkah dalam proses secara logis dan jelas.
- d. Evaluasi dan perbaiki proses: Setelah diagram aliran proses selesai dibuat, evaluasi proses dan identifikasi area-area yang perlu diperbaiki atau ditingkatkan. Berikan kesempatan untuk anggota tim memberikan masukan dan rekomendasi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses.



Gambar 8.4. Contoh Peta Proses Regu Kerja

5. Diagram Aliran (*Flow Diagram*)

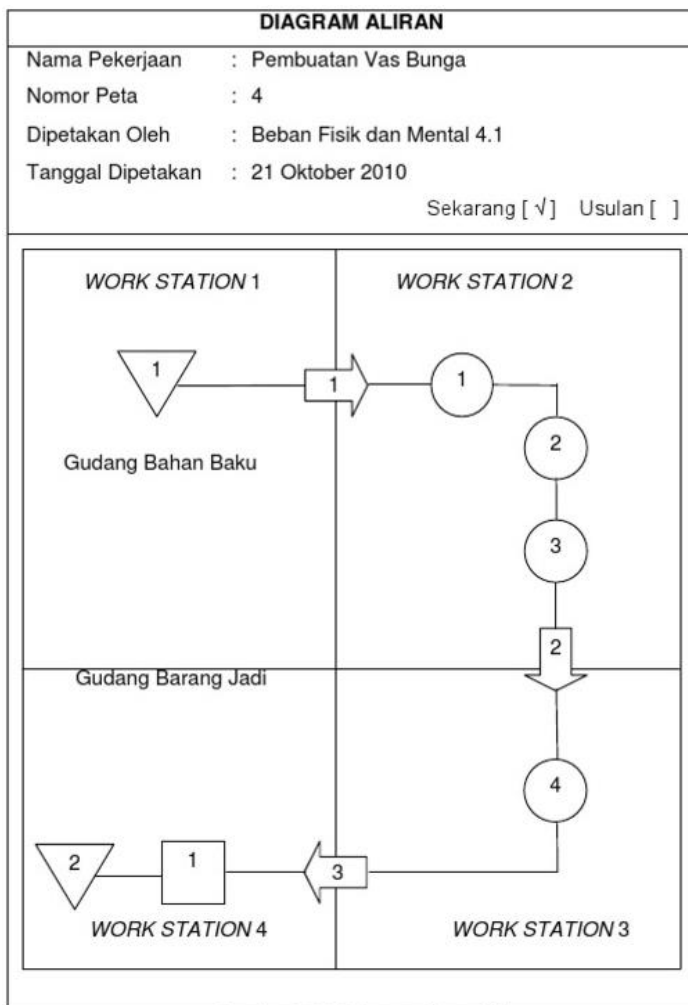
Diagram aliran merupakan ilustrasi yang menunjukkan tata letak lantai dan bangunan dalam skala besar. Diagram ini menggambarkan lokasi semua aktivitas dalam peta aliran proses dengan garis aliran yang

menunjukkan perpindahan material atau individu dengan anak panah kecil sebagai penanda arah. Beberapa fungsi diagram aliran meliputi:

- a. Menjelaskan peta aliran proses dengan informasi yang lebih lengkap.
- b. Membantu dalam perbaikan tata letak tempat kerja.
- c. Dapat menunjukkan lokasi penyimpanan, stasiun pemeriksaan, dan area kerja serta arah pergerakan material atau pekerja melalui diagram aliran.

Prinsip dalam pembuatan diagram aliran antara lain:

- a. Buatlah judul terlebih dahulu pada bagian atas dengan tulisan "DIAGRAM ALIRAN" diikuti oleh identifikasi lain seperti nama pekerjaan, metode saat ini atau usulan, nomor peta, tanggal pemetaan, dan penyusun.
- b. Ketika membuat diagram aliran, analis harus mengidentifikasi setiap aktivitas menggunakan simbol dan nomor sesuai dengan yang ada pada peta aliran proses.
- c. Arah pergerakan ditandai dengan anak panah kecil yang ditempatkan secara berkala sepanjang garis aliran.
- d. Jika terdapat lebih dari satu lintasan untuk orang atau barang dalam ruangan tersebut, bedakan masing-masing lintasan dengan warna yang berbeda.



Gambar 8.5 Contoh Diagram Aliran

8.3.2 Peta-peta kerja untuk menganalisis kegiatan kerja setempat Permintaan

Sebuah aktivitas dikenal sebagai aktivitas kerja lokal jika aktivitas itu terjadi di stasiun kerja tertentu yang umumnya melibatkan individu dan fasilitas dalam jumlah terbatas. Termasuk dalam peta kerja lokal adalah:

1. Peta Pekerja dan Mesin (*Man-Machine Chart*)

Peta pekerja dan mesin adalah alat yang digunakan untuk menganalisis dan memvisualisasikan hubungan antara pekerja dan mesin dalam suatu proses produksi atau aktivitas kerja. Pada peta ini, aktivitas pekerja dan mesin direpresentasikan dalam bentuk tabel yang menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing elemen untuk menyelesaikan tugas tertentu. Peta pekerja dan mesin berguna dalam perencanaan produksi dan distribusi tugas dalam lingkungan kerja yang kompleks, sehingga dapat membantu meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan kualitas kerja. Dengan melihat peta pekerja dan mesin, manajer dan pekerja dapat menentukan pengaturan yang tepat antara pekerja dan mesin untuk mencapai tujuan produksi yang optimal.

Untuk meningkatkan efektivitas penggunaan dan keseimbangan pekerjaan, beberapa langkah yang bisa diambil antara lain:

- a. Mengubah tata letak tempat kerja.
- b. Menyusun kembali gerakan-gerakan pekerja.
- c. Mendesain ulang mesin dan peralatan.

Beberapa hal perlu diperhatikan saat membuat peta pekerja dan mesin, seperti: menyatakan identifikasi peta yang dihasilkan, kemudian dilengkapi dengan informasi tambahan lainnya. Setelah identifikasi lengkap, langkah selanjutnya menjelaskan semua elemen pekerjaan yang ada.

Simbol-simbol yang digunakan:

- a. Menampilkan waktu menganggur
- b. Menampilkan kerja independen
- c. Menampilkan kerja kombinasi

PETA PEKERJA DAN MESIN							
Pekerjaan : Observasi Ke Tempat Penggilingan Bumbu Rempah-Rempah							
Nama Mesin : Mesin Penggilingan Bumbu Rempah-Rempah							
Nama pekerja : Bapak Suparman							
Sekarang [✓] Usulan []				Dipetakan oleh : Beban Fisik dan Mental 4.1			
				Tanggal : 25 Oktober 2010			
Orang				Mesin			
Pembeli	Waktu		Pelayan	Waktu		Mesin	Waktu
Memesan bumbu	18"		Mendengar pesanan	18"		Menunggu	18"
Menunggu pesanan	25"		Membawa rempah-rempah ke tempat penggilingan	25"		Menunggu	25"
Menunggu pesanan	15"		Menyalakan mesin	15"		Mesin menyala	15"
Menunggu pesanan	80"		Memasukan rempah-rempah ke dalam mesin penggilingan	80"		Mesin menyala	80"
Menunggu pesanan	90"		Menunggu	90"		Proses penggilingan terjadi	90"
Menunggu pesanan	16"		Membungkus bumbu rempah-rempah	16"		Mesin berhenti menganggur	16"
Menerima pesanan	8"		Memberikan bumbu rempah-rempah kepada pelanggan	8"		Menganggur	8"
Membayar kepada penjual	20"		Menerima uang pembayaran dari pembeli	20"		Menganggur	20"
KETERANGAN							
		Menunjukkan Waktu Tak Bergantungan					
		Menunjukkan Waktu Menganggur					
		Menunjukkan Aktifitas Bergantungan atau Kombinasi					
		PEMBELI	PELAYAN	MESIN			
Waktu Menganggur		226"	90"	87"			
Waktu Kerja		46"	141"	95"			
Waktu Total		272"	231"	182"			
Persen Penggunaan		16,91%	61,03%	52,19%			

Gambar 8.6. Contoh Peta Pekerja dan Mesin

2. Peta Gerakan Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Peta Gerakan Tangan Kiri dan Tangan Kanan adalah alat visual yang digunakan untuk menggambarkan urutan dan gerakan yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan dalam suatu proses kerja atau operasi. Peta ini memperlihatkan secara jelas bagaimana tangan kiri dan tangan kanan berinteraksi, saling bergantian, atau bekerja bersama-sama dalam melakukan serangkaian tugas.

Konsep utama dari peta gerakan tangan kiri dan tangan kanan adalah untuk memperbaiki efisiensi dan ergonomi dalam sistem kerja. Peta ini membantu dalam merencanakan urutan gerakan yang optimal, mengurangi kelebihan gerakan yang tidak perlu, meminimalkan konflik antara tangan kiri dan tangan kanan, serta meningkatkan kecepatan dan ketepatan dalam menyelesaikan tugas.

Peta gerakan tangan kiri dan tangan kanan mencakup informasi tambahan seperti jarak perpindahan antara tangan kiri dan tangan kanan, waktu yang diperlukan untuk setiap gerakan, dan koordinasi antara keduanya. Informasi ini membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah seperti konflik antara gerakan tangan, gerakan yang berlebihan, atau gerakan yang tidak ergonomis.

Dengan menggunakan peta gerakan tangan kiri dan tangan kanan, perusahaan dapat merancang ulang tata letak kerja, mengurangi kelelahan atau cedera yang disebabkan oleh gerakan yang repetitif atau tidak efisien, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan kualitas produk atau layanan. Peta ini juga dapat digunakan dalam pelatihan karyawan untuk memastikan bahwa gerakan yang dilakukan sesuai dengan urutan yang tepat dan efisien.

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN						
PEKERJAAN : merakit file box DEPARTEMEN : - NOMOR PETA : 03 SEKARANG ☐ USULAN ☒ DIPETAKAN OLEH : kelompok 1 TANGGAL DIPETAKAN : 06 Mei 2017						
TANGAN KIRI	Jarak (cm)	Waktu (detik)	Lamban	Waktu (detik)	Jarak (cm)	TANGAN KANAN
Ambil penggaris	20	2		2	20	Ambil pulpen
Pegang penggaris		240		240		Buat pola setiap bagian bagian
				2	20	Ambil cutter
Pegang dupleks		2950		2950		Potong pola dengan cutter
Pegang setiap bagian						Rapikan sisi setiap bagian
Buka lem		10		10		Ambil pencolek lem
Oleskan lem ke bagian tutup belakang		78		78		Oleskan lem ke bagian samping kiri
Rakit samping kiri dan belakang		260		260		Rakit samping kiri dan belakang
Pegang benda kerja				78		Oleskan lem ke bagian samping kanan
		356		40		Rekatkan samping kanan
				78		Oleskan lem ke bagian tutup bawah
				40		Rekatkan tutup bawah
				78		Oleskan bagian tutup depan
				40		Rekatkan tutup depan
Ambil lakban	20	4	4		Tarik ujung lakban	
Rekatkan lakban		600	600		Rekatkan lakban	
TOTAL	40	4500		4500	40	
RINGKASAN						
WAKTU TIAP SIKLUS				: 4500detik		
JUMLAH PRODUK TIAP SIKLUS				: 1 buah		
WAKTU UNTUK MEMBUAT SATU PRODUK				: 4500detik		

Gambar 8.7. Contoh Peta Tangan Kiri dan dan Tangan Kanan

DAFTAR PUSTAKA

- Ekonurmianto. 2004. Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Edisi Ke-2, Penerbit Guna Widya ITB.
- Dajan, Anto. 1986. Pengantar Metode Statistik Jilid 1. PT. Inter Cipta Prajasa. Jakarta.
- Novi, dkk. 2007. Analisis dan Usulan Perbaikan Sistem Kerja (Studi Kasus di PT. Tatto Rama Garment. Semarang: Buku Prosiding Seminar Nasional Ergonomi dan K3.
- Nurmianto, Eko. 2003. Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Surabaya: PT Guna Widya.
- Sinulingga, Sukaria. 2008. Pengantar Teknik Industri. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sutalaksana, Iftikar Z. Teknik Perancangan Kerja. Bandung. Penerbit ITB. 2005.
- Walpole, Ronald E dan Raymond Meyers. 1986. Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan. Bandung: Penerbit ITB.
- Wignosoebroto, Sritomo. 2000. Ergonomi, Studi Gerak, dan Waktu. Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja. Edisi 1. Surabaya: Guna Widya.

BAB 9

PENGUKURAN KERJA

Oleh M. Ansyar Bora

9.1 Pendahuluan

Pengukuran kerja berkaitan dengan penentuan jumlah waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu unit kerja. Pengukuran kerja sangat penting untuk meningkatkan produktivitas suatu organisasi. Ini memungkinkan manajemen untuk membandingkan metode alternatif dan juga untuk melakukan penempatan staf awal (Zandin, 2021). Untuk menemukan waktu manufaktur yang tepat untuk suatu produk, studi waktu dilakukan. Untuk memberikan penawaran yang kompetitif, perkiraan biaya tenaga kerja yang akurat sangat penting. Ini menjadi dasar untuk administrasi upah dan gaji dan merancang skema insentif.

Pengukuran waktu kerja telah dilakukan sejak lama untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas di tempat kerja. Namun, praktik modern dari pengukuran waktu kerja dimulai pada abad ke-19 ketika sejumlah pengusaha dan insinyur mencari cara untuk meningkatkan efisiensi di pabrik dan garis perakitan mereka. Salah satu tokoh penting dalam sejarah pengukuran waktu kerja adalah Frederick W. Taylor, yang dikenal sebagai "Bapak Ilmu Manajemen." Taylor dikenal karena memperkenalkan metode ilmiah dalam pengukuran waktu kerja, yang dikenal sebagai "*time and motion study*." Metode ini terus berkembang dan digunakan hingga saat ini sebagai alat untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi di tempat kerja (Sutalaksana, 2006).

Studi Pengukuran Kerja adalah pendekatan sistematis untuk menentukan konten pekerjaan dan waktu penyelesaian tugas menggunakan teknik industri. Pengukuran kerja adalah cara untuk menentukan apakah perbaikan proyek itu asli. Pengukuran kerja menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas secara sistematis (Groover, 2014).

Pengukuran kerja mengungkap non-standardisasi di tempat kerja serta aktivitas yang tidak menambah nilai. Alasan berikut menjelaskan mengapa pekerjaan harus diukur:

- Untuk Mengidentifikasi dan menghilangkan waktu yang terbuang atau tidak efektif.
- Untuk menetapkan waktu standar untuk mengukur kinerja.
- Harapan yang realistis akan digunakan untuk mengukur kinerja.
- Tujuan dan sasaran ditetapkan untuk memastikan operasi yang berhasil

Mengapa Pengukuran Kerja Penting?

Tujuan dari metode pengukuran pekerjaan adalah untuk mencakup semua pekerjaan yang akan diukur. Pengukuran kerja melibatkan perkiraan jumlah usaha manusia yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit output. Pengukuran pekerjaan mengacu pada pengukuran volume pekerjaan yang diselesaikan dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikannya (Bora, Irwan and Setyabudhi, 2017).

Mengapa Pekerjaan Harus Diukur?

Ukuran kinerja yang jelas dan dapat ditindaklanjuti membantu mengklarifikasi dan fokus pada penetapan tujuan dan sasaran serta memastikannya tercapai (Zadry, Raimona *et al.*, 2015). Berikut adalah lima alasan mengapa harus dilakukan pengukuran kerja (Luintel, 2022):

- 1) Memberikan kesempatan karyawan untuk tumbuh dan berkembang.

Pengukuran dan pengelolaan kinerja karyawan penting karena memungkinkan bisnis untuk menentukan seberapa efisien pekerja itu. Pengukuran kerja dengan sendirinya tidak akan memungkinkan pertumbuhan. Namun, hal ini dapat dikombinasikan dengan umpan balik berkelanjutan untuk memungkinkan karyawan menilai diri sendiri dan meningkatkan keterampilannya.

- 2) Memastikan keselarasan tujuan dan pertumbuhan perusahaan.

Pengukuran kerja karyawan dapat menentukan tujuan tersebut dengan mengidentifikasi area di mana seseorang bekerja dengan baik dan dapat diperluas dan area di mana mereka belum bekerja dengan maksimal.

- 3) Lebih memahami kinerja perusahaan.

Kinerja perusahaan dapat diprediksi dengan mengetahui seberapa baik kinerja karyawan melalui pengukuran kerja.

- 4) Budaya Pengakuan atas pekerjaan karyawan yang lebih adil.

Budaya pengakuan yang adil hanya dapat dibangun melalui pengukuran kinerja yang akurat dan terukur, yang membedakan karyawan yang berprestasi tinggi dari mereka yang kurang produktif.

- 5) Mengidentifikasi dan menghilangkan waktu yang terbuang atau tidak efektif.

Pengukuran kerja menghilangkan waktu yang terbuang atau tidak efektif. Mengukur pekerjaan berkaitan dengan pengurangan dan akhirnya menghilangkan waktu yang tidak produktif, yaitu waktu ketika tidak ada pekerjaan efektif yang dilakukan.

9.2 Tujuan dan Manfaat Pengukuran Kerja

Beberapa tujuan dilakukan pengukuran kerja antara lain:

- 1) Untuk membakukan metode yang efisien untuk menyelesaikan tugas.

- 2) Jadwal yang realistis dan kebutuhan tenaga kerja dapat disiapkan dengan memperkirakan target waktu untuk setiap pekerjaan.
- 3) Menganalisis metode alternatif untuk membandingkan waktu kinerja.
- 4) Persiapan jadwal kerja yang realistis.
- 5) Mengidentifikasi aktivitas yang tidak perlu terkait dengan karier untuk mengurangi atau menghilangkannya.
- 6) Membantu dalam pengorganisasian tenaga kerja dengan membandingkan kinerja aktual setiap hari.
- 7) Perbandingan logis dapat dibuat ketika metode alternatif dibandingkan berdasarkan waktu dasarnya.
- 8) Untuk menstandarkan proses operasi yang efisien.
- 9) Menetapkan tujuan pengawasan dan mengukur kinerja pengawas berdasarkan tujuan tersebut.
- 10) Pengukuran kerja digunakan dalam menentukan efektivitas mesin

Sedangkan beberapa manfaat pengukuran kerja antara lain (Luintel, 2022):

- 1) Pemahaman yang lebih baik tentang pengukuran kerja memungkinkan kontrol yang lebih baik atas metode dan proses kerja.
- 2) Mengevaluasi kesesuaian tenaga kerja yang ditugaskan untuk suatu organisasi.
- 3) Sistem manajemen yang baik mengurangi biaya tenaga kerja, meningkatkan produktivitas, dan meningkatkan penilaian kinerja, perencanaan, dan penjadwalan.
- 4) Pengukuran kerja memungkinkan pengembangan jadwal kerja yang realistis melalui penilaian kerja manusia yang akurat dibandingkan dengan kapasitas pabrik untuk perencanaan produksi dan pemeliharaan.
- 5) Instruksi terperinci diberikan tentang cara menyiapkan perkiraan harga jual dan jadwal pengiriman untuk tender.
- 6) Efektivitas perencanaan kerja dapat ditentukan.
- 7) Mencegah backlog pekerjaan.

- 8) Merampingkan proses kerja.
- 9) Menyederhanakan perencanaan tenaga kerja melalui analisis waktu aktual dan standar. Kebutuhan biaya dan tenaga kerja di masa depan dapat diperkirakan. Tujuannya adalah untuk menyediakan kerangka kerja untuk memperkirakan dan mengendalikan biaya tenaga kerja.

9.3 Teknik Pengukuran Kerja

Pengukuran kerja melibatkan berbagai teknik. Berikut ini beberapa teknik pengukuran kerja:

1) Time Study

Secara sederhana, studi waktu adalah cara metodis untuk mengamati dan mengukur tingkat kerja karyawan menggunakan alat pengatur waktu (Rahayu and Juhara, 2020). Studi waktu bertujuan untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan pekerja yang memenuhi syarat untuk menyelesaikan tugas pada tingkat kinerja yang ditetapkan (Bora, Larisang and Kamariah, 2020). Jika dilakukan dengan benar, studi waktu adalah alat yang berguna bagi manajer dan pemilik bisnis untuk menilai seberapa efisien pekerjaan dilakukan di rantai produksi. Ini memberikan tingkat kerja standar, yang dapat berguna dalam pengaturan manufaktur saat mencoba meningkatkan produktivitas dan mengoptimalkan seluruh rantai pabrik. Ini juga dapat membantu mengungkap kelemahan tersembunyi atau area kelemahan di dalam pabrik yang memperlambat produksi dan menyebabkan penundaan. Berikut ini langkah-langkah menjalankan studi waktu (Baumann, 2022):

- a) Pilih tugas dan proses untuk dipelajari
Sebelum memulai studi waktu, pastikan telah menentukan tujuan yang jelas dan batasan yang tepat, sehingga dapat memfokuskan upaya belajar pada tugas dan proses yang paling penting di dalam organisasi.
- b) Tentukan jumlah siklus yang akan dipelajari
Setelah itu, tentukan jumlah siklus yang akan dipelajari dengan cermat. Jangan hanya berpatokan pada

anggaran dan jadwal proyek, tetapi juga pastikan bahwa telah memiliki jumlah sampel yang memadai untuk menghasilkan data yang konsisten dan dapat diandalkan. Ingatlah bahwa mengumpulkan terlalu banyak sampel juga dapat memakan waktu dan sumber daya yang berlebihan.

c) Pilih Pekerja yang Layak

Saat melakukan studi waktu, sebaiknya jangan hanya memilih pekerja dengan kinerja terbaik. Sebaliknya, penting untuk memilih karyawan yang mewakili tenaga kerja rata-rata agar data yang didapat mencerminkan keadaan sebenarnya. Meskipun beberapa outlier dapat disertakan, namun terlalu banyak outlier dapat membuat data menjadi bias.

d) Jelaskan Detail Studi Waktu kepada Anggota Tim

Pentingnya komunikasi dalam studi waktu tidak dapat diremehkan. Tanpa memberi tahu anggota tim tentang apa yang sedang terjadi, mereka mungkin tidak dapat bekerja dengan efisien, sehingga dapat memengaruhi akurasi angka dan metrik yang dihasilkan. Selain itu, pastikan bahwa seluruh tim memahami tujuan dari studi waktu dan jangan ragu untuk menangani setiap kekhawatiran yang mereka miliki tentang dampaknya pada pekerjaan.

e) Minta Pengamat Menganalisis Tugas Individu

Pekerjakan atau latih pengamat untuk menganalisis tugas individu yang akan diselesaikan selama studi waktu. Jika tidak memiliki standar dasar, maka pengamat perlu menggunakan pengalamannya untuk menilai titik awal terbaik dan mengkalibrasi pengukurannya.

f) Menganalisis Kinerja Pekerja

Selanjutnya, mulailah menganalisis kinerja pekerja dengan bantuan alat canggih. Namun, penting untuk diingat bahwa karena studi waktu mengukur pekerjaan manusia, perlu membuat kelonggaran untuk hal-hal seperti kondisi kerja, waktu istirahat, kebutuhan pribadi, dan hari sakit.

- g) **Gunakan Data Untuk Menghitung Waktu Standar**
Setelah mengumpulkan data dari studi waktu, selanjutnya dapat menganalisisnya untuk menghitung metrik waktu standar. Metrik ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi kinerja tenaga kerja dan meningkatkan efisiensi proses manufaktur. Dengan menganalisis data yang telah dikumpulkan, maka dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dan membuat rekomendasi yang akan membantu meningkatkan kinerja dan produktivitas pabrik.

Formulasi matematis merupakan elemen penting dalam manufaktur yang mencakup segala hal dari OEE hingga penghitungan waktu aktual yang terkumpul dalam studi waktu, karenanya memerlukan pemahaman yang kuat tentang rumus-rumus terkait. Ketika melaksanakan studi waktu, rumus-rumus yang berguna ini harus dikuasai untuk mendapatkan hasil yang akurat dan bermanfaat bagi perusahaan.

- **Waktu rata-rata**

Sebelum menghitung waktu standar, maka perlu mengetahui waktu rata-rata dan waktu normal. Waktu rata-rata adalah waktu rata-rata yang diperlukan seorang pekerja untuk menyelesaikan tugas individu dari awal hingga selesai. Jika pengukuran dilakukan pada banyak individu, maka ambillah rata-rata dari individu yang diukur.

Waktu Rata-Rata = (Waktu pengukuran 1 + Waktu pengukuran 2 + Waktu pengukuran 3 +...) / Jumlah waktu pengukuran.

- **Waktu Normal**

Waktu normal adalah perhitungan yang mengalikan waktu rata-rata dengan faktor peringkat, yaitu metrik yang mencatat standar abnormal suatu tugas. Sistem peringkat mempertimbangkan hal-hal seperti keterampilan, usaha, dan konsistensi karyawan. Ada beberapa sistem peringkat berbeda yang mungkin digunakan pengamat untuk menentukan faktor

peringkat yang akan mereka gunakan dalam perhitungan waktu normal. Rumus waktu normal adalah sebagai berikut:

Waktu Normal = (Waktu Rata-Rata) x (Rating Faktor/100)

- **Waktu Standar**

Setelah menghitung waktu rata-rata dan waktu normal, selanjutnya beralih ke perhitungan waktu standar. Ini adalah metrik utama yang akan diungkap oleh studi waktu dan akan memberi tahu waktu yang dibutuhkan pekerja normal untuk menyelesaikan tugas dalam kondisi standar. Waktu standar juga memperhitungkan kelonggaran yang berbeda, seperti jeda yang tidak direncanakan atau penundaan yang tidak terduga. Rumus waktu standar biasanya ditulis seperti ini:

Waktu Standar = (Waktu Normal) x (1 - Kelonggaran)

2) Work Sampling

Pada awalnya, metode sampling pekerjaan (Work Sampling) ditemukan oleh seorang sarjana Inggris bernama L.H.C. Tippett dalam industri tekstil. Metode ini kemudian digunakan untuk mengumpulkan informasi tentang kerja mesin atau operatornya (Zadry, Raimona *et al.*, 2015). Sampling pekerjaan sangat efisien karena bisa mengumpulkan informasi yang dibutuhkan dalam waktu singkat dan dengan biaya yang terjangkau. Selain itu, metode ini efektif dalam menentukan waktu longgar yang tersedia untuk suatu pekerjaan, mengoptimalkan penggunaan mesin, dan menetapkan waktu baku untuk proses produksi.

Work sampling adalah metode pengukuran kerja yang digunakan untuk menghitung proporsi waktu yang dihabiskan oleh tenaga kerja dalam melakukan tugas tertentu. Metode ini dilakukan dengan melakukan pengamatan pada waktu acak dan pada waktu yang sudah ditentukan sebelumnya dalam jangka waktu tertentu. Selama pengamatan, dicatat apakah pekerja sedang melakukan tugas yang ditentukan atau tidak, sehingga dapat dihitung persentase waktu yang dihabiskan dalam

melakukan tugas tersebut. Work sampling dapat digunakan untuk mengukur efisiensi tenaga kerja, mengidentifikasi waktu tidak produktif, dan memperbaiki proses kerja. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan Work Sampling:

- a) Tentukan kegiatan atau proses yang akan diamati.
- b) Tentukan interval waktu pengamatan. Interval ini harus direncanakan secara hati-hati agar mencakup seluruh periode kerja yang relevan.
- c) Atur tabel pengamatan dan tentukan apa yang akan diamati. Data dapat berupa kegiatan tertentu yang sedang dilakukan oleh pekerja, status mesin, atau aktivitas lain yang berkaitan dengan proses produksi.
- d) Atur jadwal pengamatan, baik secara acak maupun menurut jadwal yang sudah ditentukan sebelumnya.
- e) Amati aktivitas selama interval waktu yang telah ditentukan. Catat data ke dalam tabel pengamatan.
- f) Analisis data dengan menggunakan rumus-rumus tertentu untuk menentukan produktivitas, efisiensi, dan faktor lainnya.

Sama seperti cara jam henti, menurut Sutaalaksana (2006), work sampling juga memiliki cara pengamatan yang tidak berbeda. Ada tiga langkah yang harus dilakukan dalam work sampling, yaitu melakukan sampling pendahuluan, memeriksa keseragaman data, dan menghitung jumlah pengamatan yang diperlukan. Berikut ini adalah tahapan pelaksanaan sampling pekerjaan secara keseluruhan:

a) Sampling Pendahuluan

Pada tahap awal, operator diamati dalam sejumlah waktu untuk mendapatkan informasi mengenai sistem kerja yang paling efektif dan menentukan selang waktu yang diambil secara acak. Penghitungan waktu baku penyelesaian pekerjaan juga dilakukan dalam metode ini. Selama tahap pendahuluan, beberapa kunjungan dilakukan untuk mengukur selang waktu (Dt) yang

dibutuhkan oleh operator dalam satu siklus kerja. Sebagai contoh, mari kita ikuti langkah-langkah sampling pekerjaan (Irvana, 2021).

Tabel 1 Format perhitungan

Keiatan	Frekuensi teramati pada hari ke				Jumlah
	1	2	3	4	
Produktif					
Non Produktif					
Jumlah					
% Produktif					

Sampling pendahuluan ini dilakukan dengan data pengamatan lebih besar dari 30 buah, untuk mendapatkan harga :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k}$$

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{k}$$

Pi = persen produktif perioda ke-i

K = jumlah hari pengamatan

Ni = jumlah pengamatan perioda ke-i

b) Menguji keseragaman data.

Untuk menghitung keseragaman data kita tentukan batas-batas kontrolnya yaitu:

$$\text{BKA (Batas Kontrol Atas)} = \bar{P} + 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{\bar{n}}}$$

$$\text{BKB (Batas Kontrol Bawah)} = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{\bar{n}}}$$

c) Uji Kecukupan

Dalam melakukan pengamatan pada sampling kerja, setiap kejadian yang diamati selama aktivitas berlangsung harus diperhatikan dengan kesempatan yang sama.

Faktor utama yang mempengaruhi :

1. Tingkat ketelitian dan hasil pengamatan
2. Jumlah pengamatan yang diperlukan untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang telah ditentukan, diketahui melali rumus :

$$N' = \frac{1600(1-\bar{P})}{\bar{P}}$$

Keterangan:

P = Prosentase produktif

N' = Jumlah data yang diperlukan

Jika harga N' setelah dihitung lebih kecil dari harga sebenarnya, maka dapat dianggap bahwa pengamatan sudah cukup dan tidak perlu dilanjutkan. Namun, jika harga N' tersebut lebih besar dari harga sebenarnya, maka pengamatan harus dilakukan dari awal. Frekuensi pengamatan ditentukan berdasarkan jumlah data yang dibutuhkan dan waktu yang tersedia untuk pengumpulan data.

d) Menghitung Waktu Baku

a. Prosentase produktif (PP)

$$= \frac{\text{Jumlah Produktif}}{\text{Jumlah pengamatan}} \times 100\%$$

b. Jumlah menit produktif (JMP)

$$= \text{PP} \times \text{jumlah menit pengamatan}$$

c. Waktu yang diperlukan / unit.

$$= \frac{\text{JMP}}{\text{Jumlah unit yang dihasilkan}}$$

d. Waktu normal (Wn)

$$= \text{Waktu yang diperlukan} \times \text{Faktor penyesuaian}$$

e. Waktu baku (Wb) (*Sritomo, 1989*).

$$= \text{Wn} + (\text{kelonggaran} \times \text{Wn}) \text{ atau}$$

$$= \text{Wn} \times \frac{100\%}{100\% - \text{kelonggaran}}$$

3) Pre-determined Motion Time System

Pre-determined Motion Time System (PMTS) adalah metode penentuan waktu standar yang didasarkan pada gerakan standar yang telah ditetapkan sebelumnya untuk tugas tertentu. Metode ini dilakukan dengan mengidentifikasi gerakan standar yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas, mengukur waktu yang dibutuhkan untuk setiap gerakan, dan mengalikan waktu tersebut dengan faktor koreksi untuk memperhitungkan kelelahan atau ketidakefisienan pekerja (Viharos and Bán, 2020). Metode ini digunakan untuk menentukan waktu standar dalam situasi di mana tugas yang dilakukan terdiri dari serangkaian gerakan yang terstandarisasi dan dapat diulang.

PMTS biasanya digunakan dalam industri manufaktur untuk menghitung waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas, seperti merakit produk atau memproses bahan mentah menjadi produk jadi. Metode ini membantu perusahaan untuk mengoptimalkan waktu dan meningkatkan efisiensi produksi dengan memastikan bahwa

waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas adalah waktu yang realistis dan efisien (Tatum, 2023). Selain itu, PMTS juga membantu perusahaan untuk mengukur dan membandingkan kinerja pekerja serta mengidentifikasi area di mana efisiensi produksi dapat ditingkatkan melalui perbaikan dalam gerakan atau alur kerja.

Prosedur Pre-determined Motion Time System (PMTS) (Tatum, 2023):

- a) Pelajari siklus operasi lengkap beberapa kali.
- b) Amati dan catat aktivitas satu tangan pada satu waktu.
- c) Rekam hanya beberapa simbol sekaligus.
- d) Perekaman harus dimulai pada titik waktu yang mudah dibedakan. Sebagai contoh kegiatan mengambil benda kerja tersebut pada awal siklus kerja adalah titik yang baik dari mana pencatatan gerakan harus dimulai.
- e) Perhatian harus diberikan agar tidak ada aktivitas yang tersisa saat merekam, karena akan berdampak buruk pada metode pembelajaran.
- f) Kombinasi operasi dan pengangkutan harus dihindari, kecuali keduanya benar-benar terjadi pada waktu yang bersamaan.

Tujuan PMTS:

- a) Menentukan standar waktu kerja.
- b) Membandingkan waktu untuk alternatif, metode yang diusulkan untuk menentukan ekonomi proposal sebelum produksi berjalan atau pembuatan/produksi peralatan yang akan digunakan.
- c) Untuk memperkirakan kebutuhan tenaga kerja, peralatan dan ruang sebelum produksi atau sebelum menyiapkan fasilitas.
- d) Untuk mengembangkan tata letak tentatif untuk jalur perakitan sebelum pekerjaan dimulai sehingga dapat meminimalkan investasi untuk penataan ulang dan penyeimbangan kembali berikutnya, dll.

- e) Untuk memperbaiki dan memodifikasi metode kerja sebelum menyatakan pekerjaan di tempat kerja.
- f) Menetapkan standar waktu untuk berbagai pekerjaan.
- g) Untuk memberikan dasar estimasi biaya tenaga kerja dan rencana upah.
- h) Untuk memfasilitasi pelatihan pekerja dan staf pengawas.
- i) Untuk memanfaatkan waktu gerakan pendek dan berulang yang sulit diukur dengan stop watch.

Keterbatasan PMTS:

- a) PMTS hanya dapat menangani gerakan manual dari suatu operasi.
- b) PMTS tidak ekonomis untuk operasi non-berulang.
- c) PMTS tidak dapat diterapkan pada pekerjaan terbatas (mengacu pada studi waktu proses).
- d) PMTS bersifat restriktif karena dibangun berdasarkan data yang diambil dari operasi tertentu dan dengan demikian PMTS memberikan hasil yang lebih baik jika diterapkan pada jenis pekerjaan/operasi tersebut saja.
- e) Semua kategori mosi belum dipertimbangkan saat mengumpulkan data PMTS.
- f) Kebutuhan tenaga terlatih. Meskipun Sistem PMT meniadakan penggunaan peringkat, namun penilaian pada dasarnya masih dilakukan pada berbagai tahap.

DAFTAR PUSTAKA

- Baumann, A. (2022) *Time Study 101 : Overview , Steps , and Best Practices*.
- Bora, M.A., Irwan, I. and Setyabudhi, A.L. (2017) 'Analisa Perhitungan Waktu Standar Service Ringan Untuk Meningkatkan Kepuasan Pelanggan', *Jurnal Teknik Ibnu Sina JT-IBSI*, 2(1).
- Bora, M.A., Larisang and Kamariah, T. (2020) 'Penentuan Pengukuran Waktu Baku Pemeriksaan Wire Connector Pada Out Going Check Menggunakan Metode Jam Henti', *Jurnal Industri Kreatif (JIK)*, 4(01), pp. 57–62. Available at: <https://doi.org/10.36352/jik.v4i01.50>.
- Groover, M.P. (2014) *Work systems: the methods, measurement and management of work, British Library Cataloguing-in-Publication Data*. Pearson Education Limited.
- Irvana, M.E.F. (2021) 'Analisis Penerapan Metode Work Sampling dan Metode Behaviorally Anchored Rating Scale untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja pada PT Berkah Duta Tidar', *SIJIE Scientific Journal of Industrial Engineering*, 2(2), pp. 34–40. Available at: <http://jim.unindra.ac.id/index.php/sijie/article/view/4333%0Ahttp://jim.unindra.ac.id/index.php/sijie/article/download/4333/635>.
- Luintel, S. (2022) *Work Measurement Guide : Objectives , Methods , and Advantages Why is Work Measurement Important ?*
- Rahayu, M. and Juhara, S. (2020) 'Pengukuran Waktu Baku Perakitan Pena Dengan Menggunakan Waktu Jam Henti Saat Praktikum Analisa Perancangan Kerja', *Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri (UNISTEK)*, 7(2), pp. 93–97.
- Sutalaksana, I.Z. (2006) *Teknik perancangan sistem kerja*.
- Tatum, M. (2023) *What is a Predetermined Motion Time System ?*
- Viharos, Z.J. and Bán, B. (2020) 'Comprehensive comparison of

MTM and BasicMOST, as the most widely applied PMTS analysis methods', *17th IMEKO TC 10 and EUROLAB Virtual Conference 'Global Trends in Testing, Diagnostics and Inspection for 2030'*, pp. 393–401.

Zadry, Raimona, H. *et al.* (2015) *Analisis Dan Perancangan Sistem Kerja*, *Journal of Chemical Information and Modeling*.

Zandin, K.B. (2021) *MOST® Work Measurement Systems*. Edited by T.M. Schmidt. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

BAB 10

PROGRAM LINEAR DAN PERSOALAN TRANSPORTASI

Oleh Dimas Akmarul Putera

10.1 Pendahuluan

Pada saat memulai sebuah usaha, tentunya kita akan memiliki pertimbangan-pertimbangan. Jika kita hanya memiliki sumber daya yang terbatas, akan sangat membantu jika menghitung cara terbaik untuk memaksimalkan sumber daya tersebut – baik itu waktu, uang, atau ruang. Misalnya, kita memiliki ruangan seluas 70 m². Anggaran kita adalah 300 juta Rupiah, dan ada berbagai jenis dan ukuran kabinet untuk dipilih. Bagaimana kita mengoptimalkan ruang yang kita miliki, dan tetap sesuai dengan anggaran yang dialokasikan? Atau misalkan kita memiliki lima mobil pengantar barang, dan lima titik pengantaran. Bagaimana cara kita merencanakan rute dan jadwal paling efisien untuk para mobil tersebut?

Pertimbangkan bahwa kita membuat lima barang dengan menggunakan bahan baku dasar yang sama. Namun, karena setiap produk menggunakan jumlah bahan yang berbeda, beberapa produk lebih mahal untuk diproduksi daripada produk lainnya. Beberapa bahan mudah rusak, dan harus segera digunakan. Berapa banyak dari masing-masing produk yang harus Anda produksi untuk meminimalkan biaya? Dan kombinasi manakah yang paling sedikit menghasilkan limbah?

Tata kelola memungkinkan organisasi untuk merespons ancaman secara tepat dengan merencanakan dan menerapkan strategi perilaku yang efektif dan menerapkan inisiatif

manajemen krisis yang tepat untuk mengurangi risiko menghadapi ancaman. Ketidakpastian mengacu pada kesenjangan antara informasi yang tersedia untuk pelanggan dan informasi yang diberikan oleh organisasi dan perusahaan. (Putera, 2021). Setiap perusahaan harus selalu berinovasi untuk bertahan di dunia korporat. Oleh karena itu, perusahaan berupaya meningkatkan daya saingnya dengan cara terbaik melalui strategi-strategi yang diterapkan perusahaan untuk menjadi perusahaan yang unggul. (Putera *et al.*, 2022).

Saat ini, pasar mengalami persaingan global yang ketat, kejenuhan, dan komoditisasi pasar produk utama (Gebauer, 2008) yang berdampak negatif terhadap penjualan produk dan keuntungan bisnis. Maka sebagai pemilik bisnis atau sebagai pemangku kepentingan, kita harus bisa mengambil keputusan agar tetap memenangkan persaingan.

10.2 Linear Programming

Pemrograman Linier atau Linear Programming (LP) adalah teknik matematika yang banyak digunakan yang dikembangkan untuk membantu manajer merencanakan dan membuat keputusan alokasi sumber daya. Ini adalah metode matematis untuk menentukan bagaimana model matematika yang diberikan akan menghasilkan hasil terbaik untuk sekumpulan persyaratan yang dinyatakan sebagai hubungan linier (Mahto, 2012).

Pemrograman linier, secara mengejutkan, tidak terkait langsung dengan pemrograman komputer. Istilah ini diperkenalkan pada 1950-an ketika komputer masih sedikit dan sebagian besar sangat rahasia, dan kata pemrograman adalah istilah militer yang, pada saat itu, mengacu pada rencana atau jadwal pelatihan, pasokan logistik, atau penyebaran orang. Kata linier menunjukkan bahwa rencana yang layak dibatasi oleh kendala linier (ketidaksetaraan), dan juga kualitas rencana

(misalnya, biaya atau durasi) juga diukur dengan fungsi linier dari kuantitas yang dipertimbangkan. Dengan semangat yang sama, pemrograman linier segera mulai digunakan untuk merencanakan semua jenis kegiatan ekonomi, seperti pengangkutan bahan baku dan produk antar pabrik, menabur berbagai tanaman, atau memotong gulungan kertas menjadi lebih pendek sesuai ukuran yang dipesan oleh pelanggan. Ungkapan "perencanaan dengan kendala linier" mungkin akan lebih baik menangkap makna asli pemrograman linier ini. Namun, istilah pemrograman linier telah mapan selama bertahun-tahun, dan pada saat yang sama, ia memperoleh arti yang jauh lebih luas: Tidak hanya memainkan peran dalam ekonomi matematika, ia sering muncul dalam ilmu komputer dan banyak bidang lainnya (Gärtner and Matouvsek, 2007).

Jika hanya ada dua variabel, kita dapat menggunakan metode penyelesaian grafis. Mari kita mulai dengan himpunan kendala dan menganggapnya sebagai sistem pertidaksamaan. Solusi dari sistem pertidaksamaan ini adalah himpunan titik, S . Setiap titik dari himpunan S disebut solusi layak. Fungsi tujuan dapat dievaluasi untuk solusi layak yang berbeda dan nilai maksimum atau minimum yang diperoleh.

Linear Programming Metode Grafik

Grafik (Linear): Grafik linier terdiri dari sejumlah node atau titik persimpangan, masing-masing bergabung dengan beberapa atau semua yang lain dengan busur atau garis (Mahto, 2015).

Berbagai langkah untuk menyelesaikan masalah grafis adalah sebagai berikut:

1. Rumuskan masalah te dengan bentuk matematis dengan.
 - Menentukan variabel keputusan.
 - Mengidentifikasi fungsi tujuan.
 - Menulis persamaan kendala.

2. Gambarkan persamaan kendala pada grafik.
3. Identifikasi area solusi yang layak.
4. Temukan titik sudut dari wilayah yang layak.
5. Gambarkan fungsi tujuan.
6. Pilih titik-titik di mana fungsi tujuan memiliki nilai optimal.

Prosedur pencarian yang diambil dapat disederhanakan dengan mengambil keuntungan dari karakteristik pertama dari solusi layak dan fungsi tujuan Pernyataan berikut ini sangat penting dalam pemrograman linier.

1. Himpunan penyelesaian untuk grup pertidaksamaan linier adalah himpunan cembung. Oleh karena itu, luas solusi layak untuk masalah program linier adalah himpunan cembung.
2. Diberikan masalah program linier fungsi tujuan linier, solusi optimal akan selalu menyertakan titik sudut di area solusi layak.

Dengan demikian metode titik sudut untuk menyelesaikan masalah program linear memiliki langkah-langkah sebagai berikut:

- Langkah 1: Identifikasi secara grafis area solusi yang layak.
- Langkah 2: Tentukan koordinat setiap titik sudut pada area solusi layak
- Langkah 3: Gantikan koordinat titik sudut dalam fungsi tujuan untuk menentukan nilai Z yang sesuai
- Langkah 4: Solusi optimal terjadi pada masalah maksimasi pada titik sudut yang menghasilkan nilai Z tertinggi dan pada masalah minimisasi pada titik sudut yang menghasilkan nilai Z terendah.

Contoh soal dapat dilihat sebagai berikut:

Perusahaan susu “Tumbuh Tinggi” membuat dua produk, yaitu keju dan mentega. Produk tersebut harus diproses melalui dua unit pemrosesan, yaitu pengadukan bahan dan fermentasi bahan. Pengadukan bahan hanya memiliki batas waktu 60 jam kerja. Sedangkan proses fermentasi bahan hanya memiliki batas

48 jam kerja. Jika diluar jam kerja tersebut, maka perusahaan mewajibkan membayar lembur.

Untuk menghasilkan satu kotak keju dibutuhkan 4 jam kerja pengadukan bahan dan 2 jam kerja proses fermentasi. Sementara untuk menghasilkan satu kotak mentega dibutuhkan 2 jam kerja pengadukan bahan dan 4 jam kerja fermentasi bahan.

Laba tiap kotak keju adalah Rp 8.000.- dan tiap mentega adalah Rp 6.000.-

Pertanyaan :

Perusahaan yg bersangkutan ingin menentukan kombinasi terbaik dari keju dan mentega yg harus diproduksi dan dijual guna mencapai laba maksimum!

Jawaban:

Merumuskan Persoalan

Sumberdaya	Keju (X1)	Mentega (X2)	Kapasitas Sumberdaya
Pengadukan Bahan	4	2	60
Penjahitan	2	4	48
Laba/unit	8.000	6.000	Maksimumkan

Keputusan yang akan diambil adalah berapakah jumlah Keju dan Mentega yang akan dihasilkan. Jika Keju disimbolkan dgn X1 dan Mentega dengan X2, maka definisi variabel keputusan:

X1 = jumlah Keju yang akan diproduksi (dlm satuan kotak)

X2 = jumlah Mentega yang akan diproduksi (dlm satuan kotak)

Laba utk setiap Keju dan Mentega yang dihasilkan masing-masing Rp. 8.000 dan Rp. 6.000. Tujuan perusahaan “Tumbuh Tinggi” adalah untuk memaksimumkan laba dari sejumlah meja

dan kursi yang dihasilkan. Dengan demikian, fungsi tujuan dpt ditulis:

Max: Laba = 8X1 + 6X2 (dlm satuan Rp.1000)

- Kendala pada proses Pengadukan Bahan:

Untuk menghasilkan 1 kotak Keju diperlukan waktu 4 jam kerja dan untuk menghasilkan 1 kotak Mentega diperlukan waktu 2 jam kerja pada proses Pengadukan Bahan. Waktu kerja yang tersedia adalah 60 jam. Maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$4X_1 + 2X_2 \leq 60$$

- Kendala pada proses Fermentasi Bahan:

Untuk menghasilkan 1 kotak Keju diperlukan waktu 2 jam kerja dan untuk menghasilkan 1 kotak Mentega diperlukan waktu 4 jam proses Fermentasi Bahan. Waktu yang tersedia adalah 48 jam. Maka persamaannya adalah sebagai berikut:

$$2X_1 + 4X_2 \leq 48$$

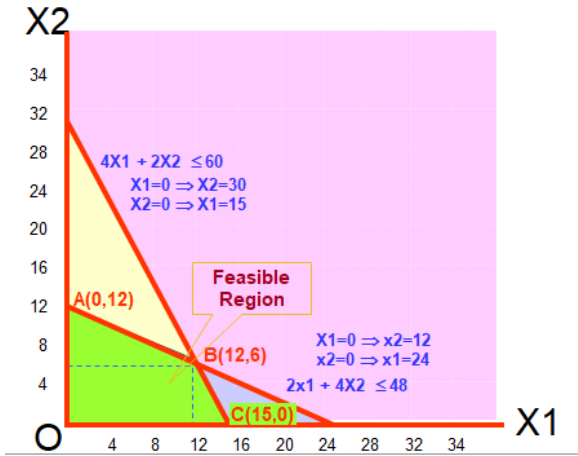
- Kendala non-negatif:

Keju dan Mentega yang dihasilkan tidak memiliki nilai negatif.

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

Maka penyelesaian persoalan Perusahaan “Tumbuh Tinggi” adalah sebagai berikut:



Gambar 10.1. Penyelesaian Persoalan LP dengan metode Grafik

Pada kendala pertama, dapat disubstitusikan X_1 dan X_2 sehingga masing-masing mendapatkan $X_1 = 15$, $X_2 = 30$. Begitu juga cara mencari penyelesaian pada kendala kedua, substitusikan X_1 dan X_2 sehingga menjadi $X_1 = 24$, $X_2 = 12$. Untuk mencari titik potong antara kendala pertama dengan kendala kedua dapat dicari dengan perpotongan sumbu X_1 dan X_2 , dapat digunakan cara eliminasi yaitu sebagai berikut:

$$4X_1 + 2X_2 \leq 60 \quad | \times 1$$

$$2X_1 + 4X_2 \leq 48 \quad | \times 2 \quad \dots (1)$$

$$4X_1 + 2X_2 \leq 60 \quad | \times 1$$

$$4X_1 + 8X_2 \leq 96 \quad | \times 2 \quad \dots (2)$$

$$-6X_2 = -36$$

$$\mathbf{X_2 = 6}$$

Maka nilai X_1 nya adalah:

$$4X_1 + 2X_2 \leq 60$$

$$4X_1 + 2(6) \leq 60$$

$$4X_1 + 12 \leq 60$$

$$4X_1 = 48$$

$$\mathbf{X_1 = 12}$$

Maka titik potong sumbu X_1 dan X_2 adalah (12,6).

Untuk mencari keuntungan maksimum perusahaan “Tumbuh Tinggi” adalah

$$\text{Laba} = 8X_1 + 6X_2$$

$$\text{Laba} = 8(12) + 6(6)$$

$$\text{Laba} = 132.000 \text{ (ditambahkan 000 sesuai ketentuan diatas)}$$

10.3 Transportasi

Model transportasi adalah jenis jaringan khusus masalah yang untuk pengiriman komoditas dari sumber (mis., pabrik) ke tujuan (mis., gudang). Model transportasi menangani mendapatkan rencana biaya minimum untuk mengangkut

komoditas dari sejumlah sumber (m) ke jumlah tujuan (n) (Mishra, 2017).

S_i adalah jumlah unit suplai yang dibutuhkan di sumber i ($i=1, 2, 3, \dots, m$), d_j adalah jumlah unit permintaan yang dibutuhkan di tujuan j ($j=1, 2, 3, \dots, n$) dan c_{ij} merupakan unit biaya transportasi untuk mengangkut unit dari sumber i ke tujuan j .

Dengan menggunakan metode linear programming untuk menyelesaikan masalah transportasi, ditentukan nilai fungsi tujuan yang meminimumkan biaya transportasi dan juga menentukan jumlah unit yang dapat diangkut dari sumber i ke tujuan j .

Metode transportasi memiliki beberapa metode. Untuk metode-metodenya dapat dilihat sebagai berikut:

10.3.1. Metode Northwest Corner

Aturan North West Corner adalah teknik untuk menghitung solusi awal yang layak untuk masalah transportasi. Dalam metode ini, kita harus memilih variabel dasar dari sel kiri atas, yaitu sel pojok Barat Laut. Aturan Northwest Corner adalah salah satu metode termudah untuk menemukan solusi yang layak untuk masalah transportasi.

10.3.2. Metode Minimum Cost Method

Metode biaya minimum menemukan solusi awal yang lebih baik dengan berkonsentrasi pada rute termurah. Metode dimulai dengan menugaskan sebanyak mungkin ke sel dengan biaya unit terkecil. Selanjutnya, baris atau kolom yang terpenuhi dicoret dan jumlah penawaran dan permintaan disesuaikan. Jika baris dan kolom dipenuhi secara bersamaan, hanya satu yang dicoret, sama seperti pada metode sudut barat laut. Selanjutnya, cari sel yang tidak disilang dengan unit cost terkecil dan ulangi proses tersebut hingga tepat satu baris atau kolom dibiarkan tidak disilang.

10.3.3. Metode Vogel's Approximation Method (VAM).

Metode Pendekatan Vogel adalah versi perbaikan dari metode biaya minimum yang umumnya menghasilkan solusi awal yang lebih baik.

1. Untuk setiap baris (kolom), tentukan ukuran penalti dengan mengurangi elemen biaya unit terkecil di baris (kolom) dari elemen biaya unit terkecil berikutnya di baris (kolom) yang sama.
2. Identifikasi baris atau kolom dengan penalti tertinggi. Pisahkan secara acak. Jika memungkinkan, targetkan variabel dengan biaya unit terendah di baris atau kolom yang dipilih atau kolom demi baris. Jika satu baris dan satu kolom diisi pada saat yang sama, hanya salah satu dari keduanya yang dicoret dan baris (kolom) sisanya diisi dengan penawaran nol (permintaan).
3. Yaitu, ada langkah-langkahnya:
 - Jika tepat satu baris atau kolom tanpa penawaran atau permintaan tetap tidak disilang, hentikan.
 - Jika suatu baris (kolom) dengan penawaran (permintaan) positif belum dicoret, tentukan variabel basis untuk baris (kolom) tersebut dengan menggunakan metode yang paling murah, Keluar.
 - Jika semua baris dan kolom yang tidak disilang memiliki penawaran dan permintaan nol, tetapkan variabel berbasis nol menggunakan metode yang paling murah, berhenti.
 - Jika tidak, lanjutkan ke langkah (1).

10.3.4 Perbandingan Metode-metode Transportasi

Hasil dalam tiga metode berbeda. Pengambil keputusan dapat memilih hasil optimal dari berjalannya ketiga program (minimum) dan menentukan jumlah unit yang diangkut dari sumber i ke tujuan j .

DAFTAR PUSTAKA

- Gärtner, B. and Matouvsek, J. (2007) *Understanding and Using Linear Programming*. 1st edn, *Universitext*. 1st edn. Berlin: Springer Berlin, Heidelberg. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-30717-4>.
- Gebauer, H. (2008) 'Identifying service strategies in product manufacturing companies by exploring environment-strategy configurations', *Industrial Marketing Management*, 37(3), pp. 278–291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2007.05.018>.
- Mahto, D. (2012) 'Linear Programming', in *Essentials of Operations Research*, p. 24.
- Mahto, D. (2015) 'Linear Programming-Ii (Graphical Method)', in *Essentials of Operations Research*.
- Mishra, S. (2017) 'Solving Transportation Problem by Various Methods and Their Comparison', *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, 44(4), pp. 270–275. doi: [10.14445/22315373/ijmtt-v44p538](https://doi.org/10.14445/22315373/ijmtt-v44p538).
- Putera, D. A. (2021) *Pengendalian Persediaan Beras Menggunakan Pendekatan Sistem Dinamis Di Perum Bulog Divre Sumut*, *Post Graduate Tesis*. Universitas Sumatera Utara. Available at: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/47744>.
- Putera, D. A. *et al.* (2022) 'PENGUKURAN KINERJA PERUSAHAAN DENGAN OBJECTIVE MATRIX (OMAX) PADA PT.XYZ', *Jurnal Manajemen Rekayasa dan Inovasi Bisnis*, 1(1), pp. 21–33.

BAB 11

ANALISIS JARINGAN

Oleh Nurul Ilmi

11.1 Definisi Jaringan

Jaringan (*network*) merupakan suatu kumpulan garis edar (*path*) yang menghubungkan berbagai titik, dimana titik-titik ini dapat dianalogikan sebagai komoditas yang berpindah dari satu titik ke titik yang lainnya. Analisis jaringan adalah suatu metode untuk mempelajari relasi antara entitas atau objek yang terhubung dalam suatu sistem atau struktur tertentu. Jaringan dapat terdiri dari berbagai macam elemen seperti orang, organisasi, produk, atau konsep dan dapat diwakili oleh simpul atau *node* yang saling terhubung dengan garis atau *edge* (Bazaraa and Jarvis, 1977). Analisis jaringan mencoba untuk mengidentifikasi pola dan struktur dalam jaringan tersebut, serta memahami bagaimana elemen-elemen di dalamnya saling berinteraksi. Sedangkan perencanaan jaringan (*network planning*) adalah analisa proses produksi yang memberikan gambaran mengenai jaringan kerja, yang mampu memperhitungkan dan menentukan alur kegiatan yang membutuhkan pengendalian yang lebih cermat (menggunakan jalur kritis).

Analisis jaringan dapat digunakan dalam memecahkan berbagai persoalan, diantaranya permasalahan transportasi, jaringan komunikasi, perencanaan proyek, aliran air, pemilihan rute jalan, jaringan listrik hingga manajemen sumber daya manusia (Hood and Lovett, 2010). Saat ini jaringan sangat penting penggunaannya karena dengan analisis jaringan,

masalah yang besar dan kompleks dan disederhanakan sehingga penyelesaiannya lebih mudah (Rahman *et al.*, 2021).

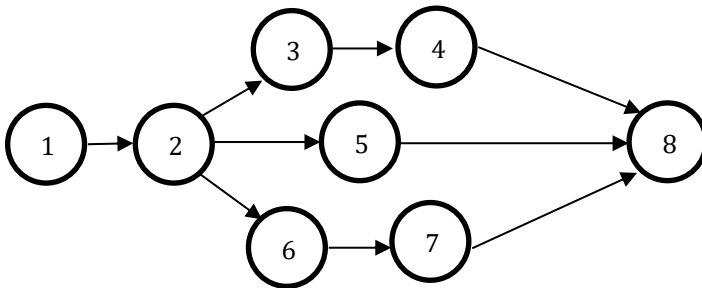
Beberapa contoh permasalahan yang dapat dipecahkan menggunakan analisis jaringan antara lain:

- a. Analisis jaringan transportasi: analisis jaringan dapat membantu menggambarkan bagaimana kendaraan, barang atau orang yang bergerak di dalam jaringan transportasi, serta mengoptimalkan rute dan waktu perjalanan
- b. Analisis jejaring sosial: analisis jaringan dapat digunakan untuk mempelajari pola interaksi antara pengguna, seperti mengidentifikasi pola interaksi komunitas atau kelompok-kelompok tertentu atau memprediksi bagaimana informasi atau virus menyebar di dalam jaringan tersebut
- c. Analisis jaringan keuangan: analisis jaringan dapat membantu memahami keterkaitan antara bank, perusahaan, atau pasar keuangan lainnya, serta mengidentifikasi risiko sistemik dan titik-titik kelemahan didalam jaringan tersebut
- d. Analisis jaringan ilmiah: analisis jaringan dapat digunakan untuk mempelajari kolaborasi antara peneliti, atau pola interaksi antar molekul didalam sel atau organisme
- e. Analisis jaringan teknologi informasi: analisis jaringan dapat membantu memahami bagaimana perangkat dan sistem dapat terhubung satu sama lain, serta mengidentifikasi titik-titik kelemahan atau celah keamanan dalam sistem informasi.

Persoalan distribusi berkaitan dengan masalah perpindahan barang dari suatu sumber ke suatu tujuan, yang juga direpresentasikan sebagai suatu jaringan (Yolitta, Wicaksono and Utomo, 2018). Secara general dapat dikatakan bahwa analisis jaringan digunakan untuk penyelesaian permasalahan-permasalahan yang timbul dari serangkaian pekerjaan diantaranya:

- Waktu penyelesaian dari serangkaian pekerjaan
- Besarnya biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan rangkaian pekerjaan
- Waktu tidak efektif (menganggur) yang terjadi pada pekerjaan

Adapun bentuk jaringan secara umum adalah seperti pada Gambar 9.1 berikut:



Gambar 11. 1 Contoh jaringan

Dengan

 : noda (*node*)

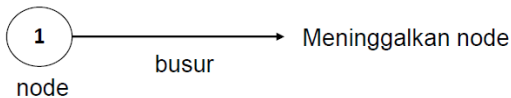
 : aktivitas (*activity*)

11.2 Terminologi Jaringan

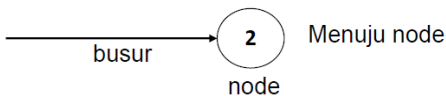
Adapun istilah-istilah yang digunakan dalam analisis jaringan (Meflinda and Mahyarni, 2011) adalah sebagai berikut:

- Aktivitas, adalah suatu pekerjaan yang membutuhkan pengorbanan sumber daya berupa waktu, tenaga, atau biaya. Aktivitas ini dianalogikan dengan anak panah yang disebut busur (*arc*)

2. Kejadian, adalah titik awal atau akhir dari sebuah aktivitas. Kejadian ini dinotasikan dengan gambar lingkaran yang disebut *node*.
3. Jalur kritis, yaitu jalur yang waktu penyelesaian serangkaian pekerjaannya paling lama
4. *Earliest Start Time* (ES), adalah waktu paling cepat ketika memulai aktivitas
5. *Latest Start Time*, adalah waktu paling lambat memulai sebuah aktivitas
6. *Earliest Finish Time*, adalah waktu paling cepat selesainya sebuah aktivitas
7. *Latest Finish Time*, adalah waktu paling lambat menyelesaikan sebuah aktivitas
8. Busur maju, yaitu busur yang meninggalkan *node*



9. Busur mundur, yaitu busur yang menuju *node*



Terdapat hal-hal mendasar yang penting dalam analisis jaringan adalah sebagai berikut:

1. Sebelum suatu aktivitas dimulai, maka semua aktivitas yang dikerjakan lebih dulu (yang menjadi syarat) harus telah selesai dikerjakan
2. Anak panah yang merupakan simbol aktivitas, hanya menunjukkan arah dan urutan kejadian, panjang pendeknya anak panah tidak berarti apapun
3. Lingkaran, yang merupakan simbol kejadian, diberi nomor berdasarkan urutan kejadian, sehingga tidak ada nomor yang sama

4. Dua buah kejadian (lingkaran) hanya terhubung oleh satu anak panah
5. Rangkaian pekerjaan hanya dapat dimulai dan diakhiri dengan sebuah kejadian (lingkaran).

11.3 Permasalahan pada Analisis Jaringan

Permasalahan-permasalahan pada analisis jaringan dapat dibagi menjadi tiga persoalan yaitu rentang pohon terpendek (*minimal spanning tree*), rute terpendek (*shortest route*) dan aliran maksimal (*maximal flow*).

11.3.1 Permasalahan *Minimal Spanning Tree*

Rentang pohon terpendek atau (*minimal spanning tree*) adalah metode mencari alur penghubung yang dapat menghubungkan semua titik dalam jaringan secara bersamaan sehingga diperoleh jarak yang paling kecil (Rahman *et al.*, 2021). Jaringan yang dihasilkan merentangkan atau menghubungkan semua titik pada jaringan tersebut dalam total jarak minimum.

Algoritme yang terkenal untuk menemukan *Minimum Spanning Tree* (Sam and Yuliani, 2016) adalah sebagai berikut :

a. Algoritme Kruskal

Algoritme Kruskal membentuk *spanning tree* dengan menambahkan satu persatu *edge* menjadi *spanning tree* yang terus tumbuh. Algoritme Kruskal mengikuti pendekatan *greedy*, yakni pada setiap iterasi, algoritme tersebut mencari *edge* dengan bobot paling kecil dan menambahkannya ke *growing spanning tree*.

b. Algoritme Prime

Algoritma Prime juga pada prinsipnya menggunakan pendekatan *greedy* untuk menemukan *minimum spanning tree*. Dalam algoritme Prime, kita mengembangkan *spanning*

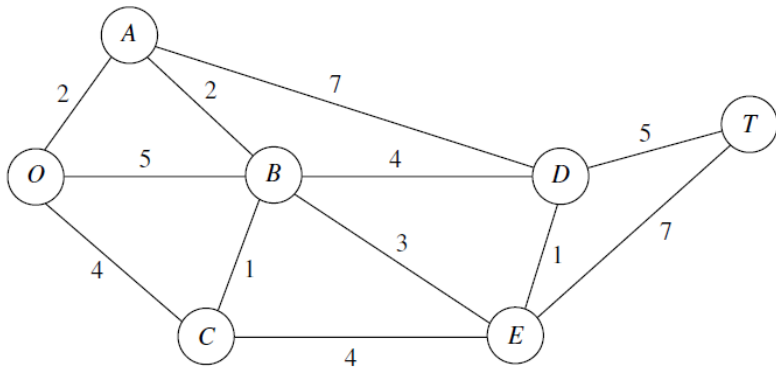
tree dari posisi asal. Bagian yang berbeda dari algoritme Kruskal adalah ditambahkannya *edge* ke *growing spanning tree*; sedangkan pada algoritme Prim, *verteks* yang ditambahkan ke *growing spanning tree*.

Prosedur penyelesaian permasalahan *minimum spanning tree* dapat dilakukan dengan menentukan busur-busur yang menghubungkan node yang ada pada jaringan, sehingga diperoleh Panjang busur total minimum (Susanto, Purwaningsih and Ardiansyah, 2012). Adapun tahapannya sebagai berikut:

1. Pilihlah secara arbitrer satu node, kemudian hubungkan node tersebut dengan node lain yang terdekat.
2. Sambungkan node lain yang belum dihubungkan yang memiliki jarak paling dekat dengan node yang sudah dihubungkan pada langkah sebelumnya. Ulangi langkah ini sampai semua node dapat terhubung.

Contoh persoalan *minimal spanning tree* :

Terdapat rute pada Taman Seervada, yang merupakan taman hutan lindung dan terdiri banyak pos pemberhentian. Setiap pos (*node*) disimbolkan dengan huruf, yang dimulai dari pos O sebagai titik awal (*start*) dan pos T sebagai titik selesai (*finish*). Dari titik pos satu ke pos lainnya memiliki jarak yang dituliskan dalam angka (dalam kilometer). Permasalahannya adalah bagaimana menentukan rute terpendek untuk melalui taman Seervada dari titik pos O ke titik T ?



Gambar 11.2 Rute Taman Seervada
Source: (Hillier and Lieberman, 2001)

Penyelesaian dengan metode *minimal spanning tree*, adalah sebagai berikut :

Rute Taman Seervada

Titik OA – AB – BE – ED – DT

Jarak total = $2 + 2 + 3 + 1 + 5 = 13$ km

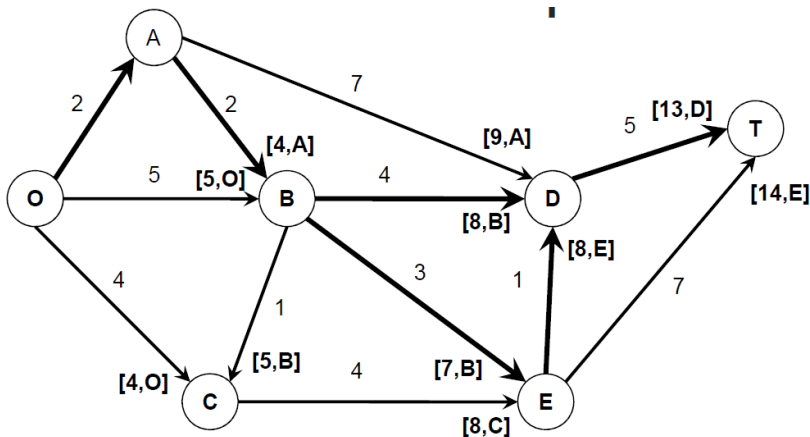
11.3.2 Permasalahan Rute Terpendek (*Shortest Route*)

Persoalan lintasan terpendek adalah masalah yang menyangkut node, panjang pendeknya jalur, dan arah anak panah. Dalam lintasan ini yang perlu diperhatikan khusus yaitu *node supply* (node awal) dan *node demand* (node akhir). Berdasarkan permasalahan pada Taman Seervada sebelumnya, *node supply* adalah node O, dan *node demand* adalah node T. Untuk menyelesaikan persoalan lintasan terpendek menggunakan algoritma rute terpendek dengan langkah sebagai berikut (Dwijanto, 2011):

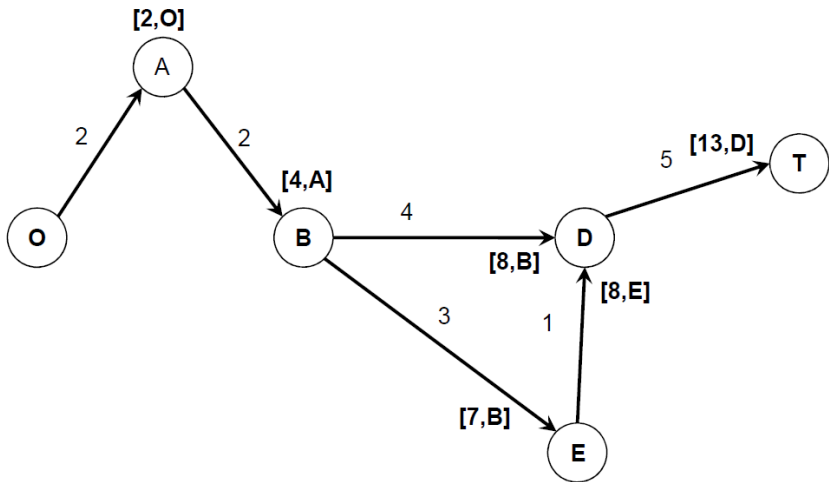
- Tujuan pada iterasi ke-n: Menentukan titik terdekat dari titik awal (node awal).

- b. Input pada iterasi ke-n: node terdekat ke n-1 ke node awal, termasuk di dalamnya lintasan terpendek dan jarak dari node awal (node-node ini ditambah dengan node awal disebut node terselesaikan, yang lain node belum terselesaikan).
- c. Kandidat untuk node terdekat ke-n: Setiap node terselesaikan yang langsung berhubungan dengan satu atau lebih node belum terselesaikan sebagai kandidat-node
- d. belum terselesaikan yang mempunyai hubungan terpendek.
- e. Perhitungan node terdekat ke-n: Untuk setiap node terselesaikan dan node kandidat, ditambah dengan jarak diantaranya. Kandidat yang mempunyai total jarak terpendek
- f. ke-n.

Contoh penyelesaian dengan metode *shortest route* dengan persoalan rute Taman Seervada, dari titik *start* O ke titik *finish* T. Penyelesaiannya terdapat pada Gambar 12.3 di bawah ini:



Gambar 11.3a Penyelesaian Metode *Shortest Route*



Gambar 11.3b Penyelesaian Metode *Shortest Route*

Solusi rute:

Alternatif I : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T = 13 \text{ km}$

Alternatif II : $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T = 13 \text{ km}$

11.3.3 Permasalahan Aliran Maksimal (*Maximal Flow*)

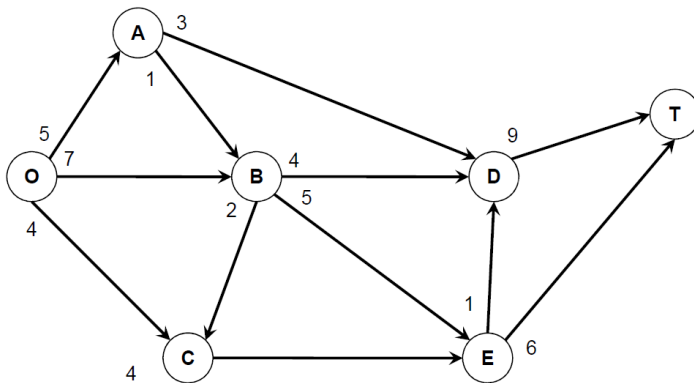
Persoalan aliran maksimal adalah masalah jaringan yang memiliki batasan pada kapasitas alur atau lintasannya. Tujuan dari persoalan arus maksimal adalah memaksimalkan total jumlah aliran dari satu titik awal ke satu tujuan.

Adapun langkah-langkah penyelesaian dengan aliran maksimal adalah sebagai berikut:

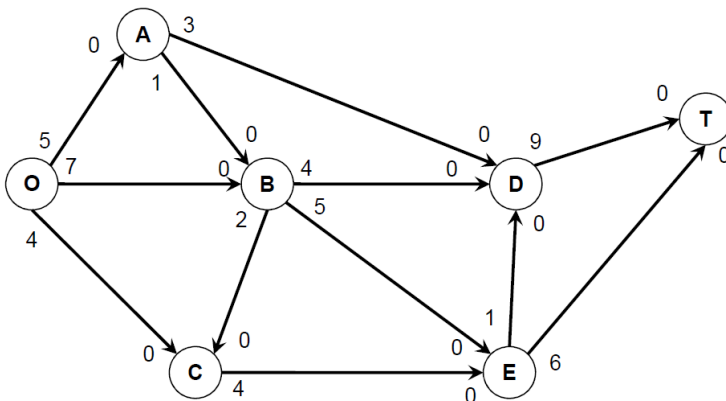
1. Pilihlah node secara acak jalur lintasan dari satu titik awal ke titik tujuan
2. Masing-masing node memiliki kapasitas untuk jalur lintasan tersebut, maka pilih kapasitas yang paling minimal agar semua node dapat mengirimkan aliran

3. Pada akhir node, jumlahkan nilai aliran yang dilalui oleh setiap jalur lintasan
4. Ulangi langkah 1, 2, dan 3 sampai tidak ada lagi jalur lintasan yang memiliki kapasitas yang tersedia.

Masih menggunakan contoh persoalan yang sama, yaitu Taman Seervada, dengan penyelesaian berdasarkan metode *maximal flow*.



Diketahui pada setiap alur, arah perjalanan mengikuti arah anak panah. Sedangkan nilai angka pada ujung dasar anak panah menyatakan kapasitas maksimum aliran tersebut. Anak panah pada node yang tidak memiliki angka, dianggap nilainya nol seperti pada jaringan pada Gambar 12.4 dibawah ini:

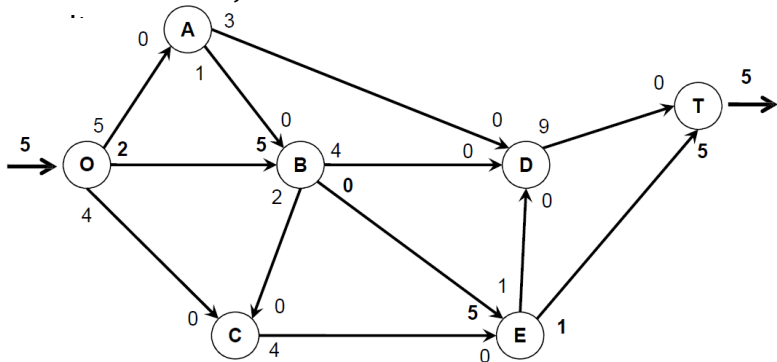


Gambar 11.4 Jaringan Rute Awal (iterasi 0)

Langkah pengerjaan:

- Pilih sebuah jalur lintasan secara arbitrer (sembarang)
- Misal dipilih jalur lintasan $O \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas maksimum aliran pada dasar anak panahnya, sehingga: $\min(7,5,6) = 5$ (pilih kapasitas minimal dari jalur lintasan tersebut)
- Maka menugaskan sebanyak 5 untuk dialirkan pada jalur ini, dan disebut sebagai jaringan iterasi 1

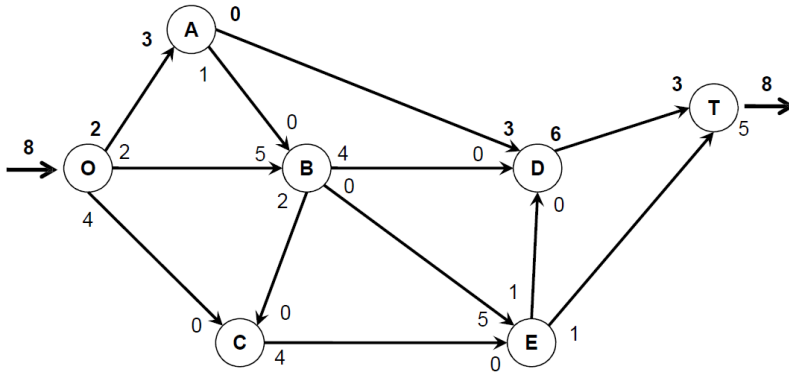
Iterasi 1 : jalur lintasan $O \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow T = 5$



Gambar 11.5 Jaringan Iterasi 1

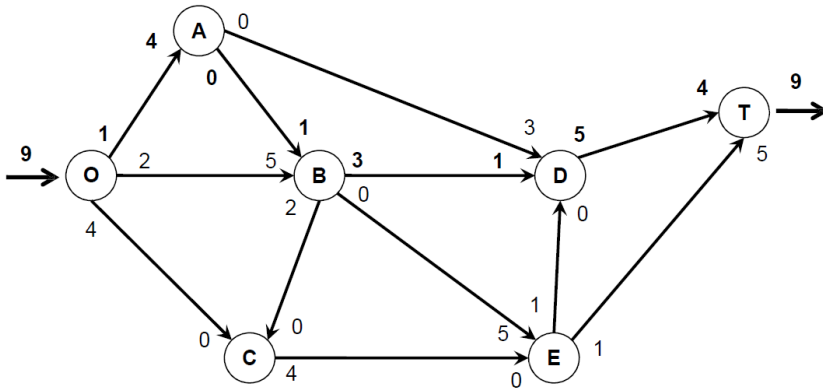
- Selanjutnya pilih lagi jalur lintasan yang lain secara sembarang
- Misal dipilih jalur lintasan $O \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow T$, yang memiliki kapasitas $\min(5,3,9) = 3$
- Maka dialirkan sebanyak 3 pada jalur $O \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow T$ dan disebut sebagai iterasi 2
- Dilanjutkan dengan memilih jalur lintasan yang masing memungkinkan, yaitu $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas, $\min(2,1,4,6) = 1$
- Maka menugaskan aliran sebesar 1 item pada jalur tersebut, dan menjadi iterasi 3

Iterasi 2 : jalur lintasan $O \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow T = 2$



Gambar 11.6 Jaringan Iterasi 2

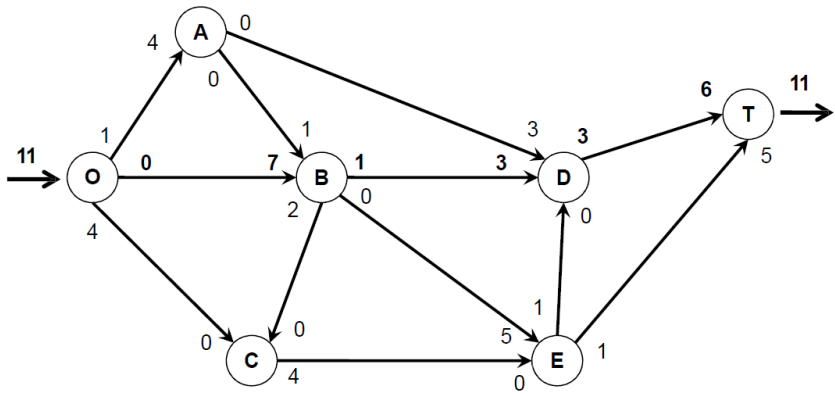
Iterasi 3 : jalur lintasan $O \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T = 1$



Gambar 11.7 Jaringan Iterasi 3

- i. Jika memungkinkan, pilih lagi jalur lintasan sembarang
- j. Misal dipilih lintasan $O \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$ dengan kapasitas min $(2, 3, 5) = 2$
- k. Maka dialirkan sebanyak 2 item pada jalur $O \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T$ dan disebut sebagai iterasi 4

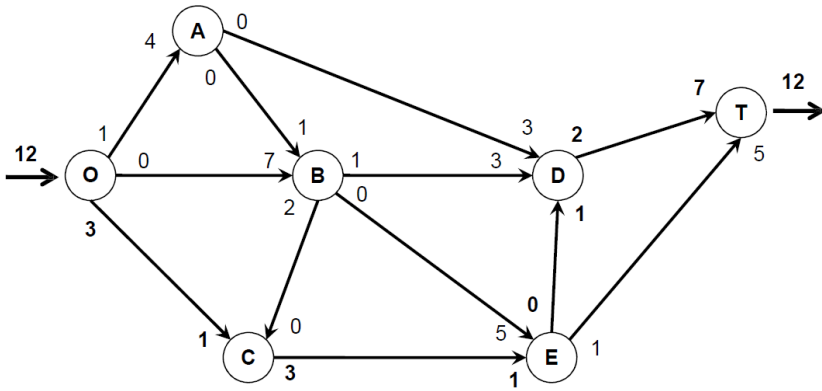
Iterasi 4 : jalur lintasan $O \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow T = 2$



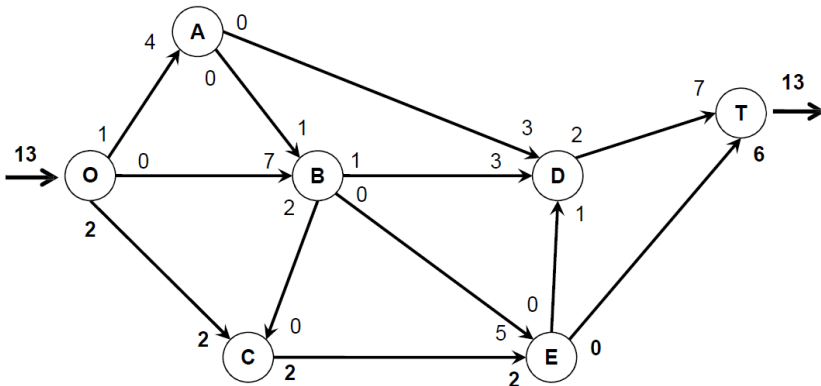
Gambar 11.8 Jaringan Iterasi 4

- l. Selanjutnya masih ada jalur lintasan yang memungkinkan yaitu $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T$ yang memiliki kapasitas min $(4, 4, 1, 3) = 1$
- m. Maka dialirkan sebanyak 1 item pada jalur tersebut sebagai iterasi 5
- n. Jika masih memungkinkan adanya jalur lintasan terbentuk maka dapat melanjutkan ke iterasi selanjutnya
- o. Misal dipilih jalur lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow T$ dengan kapasitas min $(3, 3, 1) = 1$
- p. Maka menugaskan aliran sebanyak 1 item ke jalur $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow T$ sebagai iterasi 6
- q. Selanjutnya mengecek apakah masih ada lintasan yang memiliki kapasitas aliran yang positif, jika sudah tidak ada lagi maka aliran ini sudah optimal.

Iterasi 5 : Lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D \rightarrow T \Rightarrow 1$



Iterasi 6 : Lintasan $O \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow T \Rightarrow 1$



Gambar 11.9 Jaringan Iterasi 5 dan Iterasi 6

DAFTAR PUSTAKA

- Bazaraa, M. S. and Jarvis, J. J. (1977) 'Linear programming and network flows', p. 574.
- Dwijanto (2011) *Riset Operasi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Hillier, F. S. and Lieberman, G. J. (2001) *Introduction to Operations Reseach*. 1221 Avenue of the Americas, New York, NY, 10020.: Thomas Casson.
- Hood, S. B. and Lovett, B. J. (2010) 'Network models of psychopathology and comorbidity: Philosophical and pragmatic considerations', *Behavioral and Brain Sciences*, 33(2-3), pp. 159-160. doi: 10.1017/S0140525X10000610.
- Meflinda, A. and Mahyarni, M. (2011) 'Operations Research (Riset Operasi)', pp. 1-114. Available at: [http://repository.uin-suska.ac.id/10403/1/Riset Operasi.pdf](http://repository.uin-suska.ac.id/10403/1/Riset%20Operasi.pdf).
- Rahman, L. F. *et al.* (2021) 'Optimalisasi Biaya dan Jarak Distribusi Pada Depot Air JAVAQUA Menggunakan Metode Transportasi dan Metode Network', *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(4), p. 502. doi: 10.5281/zenodo.5184455.
- Sam, M. and Yuliani (2016) 'PENERAPAN ALGORITMA PRIM UNTUK MEMBANGUN POHON MERENTANG MINIMUM (MINIMUM SPANNING TREE) DALAM PENGOPTIMALAN JARINGAN TRANSMISI NASIONAL PROVINSI SULAWESI SELATAN', *Jurnal Dinamika*, 07(March), pp. 50-61.
- Susanto, N., Purwaningsih, R. and Ardiansyah, E. (2012) 'PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI BBM YANG OPTIMAL MENGGUNAKAN METODE MINIMAL SPANNING TREE (MST)', 1(1), pp. 58-69.
- Yolitta, M. E., Wicaksono, A. D. and Utomo, D. M. (2018) 'Analisis jaringan untuk fasilitas layanan gawat darurat di kota malang', 7(0341), pp. 1-12.

BAB 12

PENGENDALIAN KUALITAS

Oleh Khamaludin

12.1 Pendahuluan

Kualitas merupakan elemen penting dalam proses bisnis dan manajemen operasi. Dua definisi kualitas secara umum, pertama: bahwa kualitas memenuhi apa yang diinginkan oleh konsumen dan kedua: kualitas berarti bebas dari kekurangan atau kesalahan (Juran dan Godfrey, 1999). Definisi kualitas yang berbeda menuntut produsen untuk memenuhinya agar proses operasi dan bisnisnya tetap berjalan. Seiring berkembangnya zaman definisi kualitas dapat dikatakan bahwa kualitas dicapai manakala kepuasan konsumen dapat diraih (Sugiantini, Khamaludin dan Rahayu, 2022).

Pentingnya kualitas dalam proses operasi dan bisnis (Heizer dan Render, 2006) adalah pertama bahwa kualitas mampu meningkatkan reputasi perusahaan, di mana kualitas memiliki korelasi positif terhadap reputasi perusahaan, semakin baik kualitas produk yang dihasilkan sebuah perusahaan akan mampu meningkatkan reputasi perusahaan. Kedua, Kualitas akan mampu meningkatkan keandalan yang secara langsung akan menguntungkan konsumen di mana konsumen tak perlu mengeluarkan banyak biaya untuk perawatan atau perbaikan dari produk yang dibeli. Ketiga, keterlibatan global di mana bila perusahaan menginginkan kualitas yang baik tentunya harus mengikuti perkembangan teknologi untuk mampu bersaing secara efektif pada ekonomi global.

12.2 Dimensi Kualitas

Secara konseptual bahwa definisi kualitas berkaitan dengan satu atau lebih karakteristik yang diinginkan oleh konsumen yang harus dimiliki oleh suatu produk atau jasa. Kualitas menjadi satu dari beberapa faktor bagi konsumen dalam memilih produk atau jasa. Konsekuensinya adalah pemahaman konsumen baik itu perorangan atau pun kelompok terhadap kualitas merupakan faktor kunci bisnis dalam kesuksesan, pertumbuhan dan persaingan global (Aziz, 2019). Memanfaatkan kualitas secara integral dalam strategi bisnis akan mampu memberikan pengembalian investasi secara substansial.

Pada tahun 1987, Garvin membagi kualitas menjadi 8 dimensi kualitas (Montgomery, 2009), yaitu:

1. Kinerja

Kinerja dalam hal ini apakah produk mampu memberikan fungsi atau kegunaan sebagaimana mestinya? Pelanggan akan mengevaluasi fungsi-fungsi spesifik dari produk dan seberapa baik kinerjanya.

2. Keandalan

Seberapa sering produk yang dihasilkan gagal? Suatu produk diharapkan mampu membuktikan keandalannya dengan tidak sering rusak atau sering diperlukan perbaikan.

3. Ketahanan

Seberapa lama produk mampu bertahan? Dalam ini produk harus mempunyai masa pakai yang efektif. Konsumen umumnya menginginkan produk yang berkinerja memuaskan dalam waktu lama.

4. Kemudahan servis

Seberapa mudah produk diperbaiki? Pandangan konsumen tentang kualitas secara langsung dipengaruhi seberapa cepat

dan ekonomis proses perbaikan atau perawatan rutin dilakukan.

5. Estetika

Seberapa baik penampilan produk? Dimensi ini merupakan daya tarik visual terhadap produk tersebut seperti: gaya, warna, bentuk, pengemasan, karakteristik sentuhan, dan fitur sensorik lainnya.

6. Fitur

Apa yang diberikan produk? Umumnya pelanggan menilai kualitas tinggi produk yang memiliki fitur tambahan atau memiliki keistimewaan di luar kinerja standarnya.

7. Kualitas yang dirasakan (persepsi)

Bagaimana reputasi produknya? Konsumen mengandalkan reputasi produk di masa lalu untuk menilai kualitas sebuah produk. Reputasi buruk dapat berakibat penarikan kembali produk dari pasar. Sebaliknya reputasi yang baik akan membentuk loyalitas konsumen yang dapat mengakibatkan pembelian berulang produk yang sama.

8. Kesesuaian dengan standar

Apakah produk yang dihasilkan sama persis seperti yang diinginkan konsumen? Konsumen menganggap produk berkualitas tinggi bila produk yang diterima sesuai dengan persyaratan atau spesifikasi yang diminta.

12.3 Biaya Kualitas

Proses bisnis dalam perjalanannya tidak akan lepas dari istilah biaya. Biaya yang dikeluarkan dalam proses produksi tentunya tidak melebihi dari yang sudah dianggarkan. Pengendalian biaya termasuk dari biaya kualitas produk perlu dilakukan supaya proses bisnis tetap berjalan dengan memberikan keuntungan. Biaya kualitas merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk menghasilkan produk dengan kualitas

yang baik, sesuai spesifikasi dan mampu meningkatkan kepuasan pelanggan (Mitra, 2016).

Menurut Montgomery (2009) bahwa biaya kualitas secara eksplisit harus dipertimbangkan dengan alasan:

1. Peningkatan biaya kualitas terjadi lantaran peningkatan kompleksitas produk manufaktur terkait dengan kemajuan teknologi.
2. Meningkatkan kesadaran akan biaya siklus hidup, termasuk pemeliharaan, suku cadang, dan biaya kegagalan di lapangan.
3. Manajer kualitas dapat mengkomunikasikan masalah kualitas secara efektif pada program manajemen.

Empat kategori biaya dikaitkan dengan kualitas (Heizer dan Render, 2006):

1. Biaya pencegahan yaitu biaya yang terkait dengan pengurangan komponen atau jasa yang rusak (contoh: pelatihan, program peningkatan kualitas)
2. Biaya penaksiran yaitu biaya yang dikaitkan dengan proses evaluasi produk, proses, komponen, dan jasa (contoh: biaya uji coba, lab, dan penguji).
3. Biaya kegagalan internal yaitu biaya yang diakibatkan oleh proses produksi komponen atau jasa yang rusak sebelum diantarkan ke pelanggan (contoh: *rework*, *scrap*, dan waktu menunggu disebabkan mesin rusak/*downtime*).
4. Biaya kegagalan eksternal yaitu biaya yang terjadi setelah pengiriman barang atau jasa yang cacat (contoh: *rework*, barang dikembalikan, kewajiban, kehilangan kepercayaan, biaya pada masyarakat).

12.4 Pengendalian Kualitas

Industri manufaktur atau pun jasa akan berupaya untuk menjaga kualitas produk atau jasa yang dihasilkan. Dalam upaya tersebut kualitas baik itu kualitas produk atau jasa harus dikendalikan supaya kualitas produk yang dihasilkan stabil (Hignasari, 2020). Montgomery (2009) menjelaskan bahwa yang dimaksud dengan pengendalian kualitas Segala upaya aktivitas terkait keteknikan atau manajemen untuk mengukur tingkat kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau standar yang ditetapkan agar tidak terjadi pemborosan biaya, waktu dan usaha yang disebabkan oleh pekerjaan tambahan akibat produk yang dihasilkan tidak sesuai spesifikasinya. Kualitas produk yang rendah bisa terjadi karena adanya variasi produk terhadap spesifikasi yang ditetapkan. Untuk meminimalisir terjadinya variasi ini salah satunya harus dilakukan pengendalian proses.

Menurut Irwan dan Haryono (2015) bahwa variasi proses disebabkan oleh 2 macam penyebab, yaitu:

1. Penyebab umum yang tampak pada proses

Idealnya pada proses terlihat hanya penyebab umum saja yang menimbulkan variasi produk sehingga dapat diprediksi untuk tetap pada proses yang stabil. Ada beberapa keuntungan bila penyebab umum penyebab variasi ini dapat dikurangi:

- Variabilitas produk lebih kecil dengan adanya perbaikan kinerja pada penyimpangan proses.
- Mengurangi variabilitas pada karakteristik komponen dengan mengimbangi variabilitas yang tinggi.
- Pengurangan variabilitas juga dapat memberi manfaat pada perubahan rata-rata proses yang dapat menghemat biaya.
- Berkurangnya variabilitas dapat mengurangi banyaknya inspeksi

- Berkurangnya variabilitas merupakan faktor yang penting dalam meningkatkan kemampuan daya saing suatu produk di pasar sehingga mampu meningkatkan permintaan pasar.

2. Penyebab khusus yang merupakan penyimpangan proses.

Penyebab khusus ini dapat disebabkan penggunaan alat, kesalahan operator, kesalahan bahan baku, kesalahan perhitungan, dan lain-lain. Dengan mengurangi kesalahan-kesalahan penyebab khusus diharapkan variasi dapat berkurang dan stabilitas proses tercapai.

Pengendalian proses dilakukan dengan harapan agar jika terjadi penyimpangan atau gangguan proses yang menyebabkan ketidakstabilan produk dapat diketahui lebih dini. Irwan dan Haryono (2015) mengatakan bahwa ada tiga faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas, yaitu:

1. Operator, ketrampilan dan keahlian manusia yang menangani proses
2. Material, bahan baku yang dipasok oleh pemasok
3. Mesin, jenis mesin dan elemen-elemen mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Pengendalian proses pada produk berdasarkan jenis datanya dapat dibedakan menjadi 2 yaitu data variabel dan data atribut. Pengendalian proses produk data variabel digunakan untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat pada hasil pengukuran. Sedangkan pengendalian proses produk data atribut digunakan untuk mengukur banyaknya tingkat kesalahan atau persentase kesalahan dari suatu proses produksi (Irwan dan Haryono, 2015).

Menurut Edward Deming mengatakan bahwa ada 14 prinsip dalam aktivitas pengendalian kualitas (Juran and Godfrey, 1999; Montgomery, 2009), yaitu:

1. Konsisten dan fokus pada peningkatan produk dan layanan.

2. Mengadopsi filosofi dan teknologi baru yang mengakui bahwa kita berada di era ekonomi yang berbeda.
3. Tidak mengandalkan inspeksi massal untuk mengendalikan kualitas.
4. Jangan hanya mensyaratkan harga saja pada pemasok, namun juga pertimbangan kualitas.
5. Tetap fokus pada perbaikan terus menerus. Tetap berusaha meningkatkan sistem produksi dan pelayanan.
6. Terapkan metode pelatihan modern dan investasi dalam bentuk pelatihan di tempat kerja untuk semua karyawan.
7. Mengembangkan kepemimpinan organisasi dan terapkan metode pengawasan modern. Pengawasan tidak hanya sebatas pengawasan pasif, namun harus juga fokus membantu karyawan dalam memperbaiki sistem di mana karyawan bekerja.
8. Usir rasa takut. Latih karyawan untuk tidak takut bertanya, melaporkan masalah, atau menyampaikan hambatan untuk kualitas dan produksi yang efektif.
9. Hancurkan penghalang antara area fungsional bisnis untuk kualitas dan produktivitas yang efektif.
10. Menghilangkan target, slogan dan sasaran numerik tenaga kerja. Target "*zero defect*" tidak ada artinya tanpa rencana yang baik untuk mencapai tujuan ini.
11. Menghilangkan kuota numerik atau standar-standar kerja yang tidak memperhatikan kualitas.
12. Hilangkan penghalang yang membuat karyawan enggan melakukan pekerjaannya.
13. Menyelenggarakan program pendidikan berkelanjutan bagi seluruh karyawan. Mengembangkan pendidikan dan peningkatan diri sendiri kepada setiap orang.
14. Ciptakan struktur dalam manajemen puncak yang mampu mendukung penuh semangat 13 poin.

12.5 Tujuh Alat Pengendali Kualitas

Dalam aktivitas pengendalian kualitas umumnya dibantu dengan menggunakan tujuh alat pengendali kualitas yang biasa disebut dengan *seven tools* (Neyestani, 2017; Khamaludin dan Respati, 2019). Adapun 7 alat pengendali kualitas yaitu:

1. **Lembar pengecekan**, merupakan suatu formulir untuk mencatat data. Lembar pengecekan ini dapat membantu menganalisis dalam menentukan pola atau stratifikasi yang mungkin dapat membantu analisis selanjutnya.
2. **Grafik**, alat pengendali ini dapat dalam beberapa bentuk seperti grafik garis, grafik batang, grafik lingkaran sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang ingin disampaikan dalam penggunaannya.
3. **Diagram pareto**, merupakan kombinasi grafik batang dan garis dan merupakan sebuah diagram yang berfungsi untuk mengurutkan mulai dari faktor dominan hingga faktor yang mempunyai frekuensi lebih sedikit dibandingkan lainnya.
4. **Diagram sebab akibat (diagram tulang ikan)**, diagram ini digunakan untuk menyampaikan hubungan antara akibat dan faktor penyebabnya.
5. **Histogram**, merupakan alat pengendali kualitas yang digunakan untuk mengetahui penyebaran data.
6. **Diagram pencar**, diagram ini digunakan untuk mengetahui korelasi/hubungan antara dua faktor.
7. **Peta kendali**, merupakan alat pengendali kualitas yang digunakan untuk mengontrol data terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, R.A. (2019) *Total Quality Management: Tahapan Implementasi TQM dan Gugus Kendali Mutu Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM)*. Pertama. Bandar Lampung: Darmajaya Press.
- Heizer, J. and Render, B. (2006) *Manajemen Operasi*. 7th edition. Jakarta: Salemba Empat.
- Hignasari, L.V. (2020) 'Tinjauan Teoritis Pengendalian Kualitas Produk Hasil Industri dengan Metode Statistik', *Jurnal Ilmiah Vastuwidya*, 3(1), pp. 24–29.
- Irwan and Haryono, D. (2015) *Pengendalian Kualitas Statistik*. Pertama. Edited by A. Hadis and Nurhayati. Bandung: CV. Alfabeta.
- Juran, J.M. and Godfrey, A.B. (1999) *Juran's Quality Handbook*. 5th edition. Edited by J.M. Juran and A.B. Godfrey. New York: McGraw Hill.
- Khamaludin and Respati, A.P. (2019) 'Implementasi Metode QCC untuk Menurunkan Jumlah Sisa Sampel Pengujian Compound', *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 18(2), pp. 176–185. Available at: <https://doi.org/10.25077/josi.v18.n2.p176-185.2019>.
- Mitra, A. (2016) *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. 4th edn, *Fundamentals of Quality Control and Improvement: Fifth Edition*. 4th edn. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D.C. (2009) *Introduction to Statistical Quality Control*. 6th edn, *John Wiley & Sons, Inc.* 6th edn. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

- Neyestani, B. (2017) 'Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving', *Empfohlene Zitierung / Suggested Citation*, pp. 1–10. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.400832>.
- Sugiantini, E., Khamaludin and Rahayu, M. (2022) 'Analisis Pengendalian Kualitas Produk Carton Box Menggunakan Metode Six Sigma di PT. Cipta Multi Buana Perkasa', *Juitech*, 6(2), pp. 93–101.

BIODATA PENULIS



Ir. Sanusi S.T., M.Eng.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Ibnu Sina

Dosen tetap di Universitas Ibnu Sina (UIS) Kota Batam pada program studi Teknik Industri, Fakultas Teknik. Memperoleh pendidikan sarjana di Universitas Sultan Syarif Qasim Riau di program studi Teknik Industri. Mempunyai pengalaman kerja di perusahaan manufaktur dan perusahaan marine. Pada tahun 2011 melanjutkan pendidikan jenjang Magister di Universiti Teknologi Malaysia (UTM) dan meraih gelar Master of Engineering (M.Eng.) pada tahun 2013. Program Pendidikan Profesi Insinyur diraih di Universitas Andalas (UNAND). Pengalaman mengajar di perguruan tinggi dimulai pada tahun 2013 sampai saat sekarang pada mata kuliah statistika industri, sistem rantai pasok, pengendalian persediaan, pengendalian kualitas, optimasi, pengambilan keputusan, perencanaan dan pengendalian produksi. Selain itu Penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian dan penelitian serta aktif keanggotaan keinsinyuran sejak tahun 2018 sampai sekarang. Penulis dapat dihubungi melalui email sanusi@uis.ac.id atau sanusiie@gmail.co.id

BIODATA PENULIS



Dr. Eng. Ansarullah Lawi

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Penulis lahir 23 Juni 1977 di Parepare Sulawesi Selatan 23 Juni 1977. Penulis adalah dosen tetap Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam. Setelah menempuh pendidikan pasca sarjananya di Kyushu University, Jepang, Ia kembali ke Indonesia sebagai praktisi di berbagai perusahaan seperti PT Epcos Indonesia, PT Labtech Penta Internasional, PT Caterpillar Indonesia Batam, dll. Pada tahun 2016, anak ke-5 dari pasangan H. Muhammadong Lawi, S.Si dan Hj. Rukiyah ini memutuskan untuk menjadi dosen mengabdikan pada negara, membagikan pengalaman-pengalaman yang berharga kepada generasi muda.

Bidang penelitian yang ditekuninya adalah diantaranya seperti; Ergonomi Biomekanika, Sistem Manufaktur, dan Manajemen Mutu. Di kampus Ia mampu beberapa matakuliah seperti; Pengantar Rekayasa & Desain, Perancangan & Pengembangan Produk, Mekanika Teknik, Perbaikan Berkelanjutan, dll. Selain aktif menulis dan publikasi penelitian-penelitian sesuai bidang yang ditekuni, meraih beasiswa monbukagakusho dari Jepang ini juga sering diundang sebagai narasumber berdasarkan

pengalaman-pengalamanya yang luar biasa selama studi di Jepang, serta pengalaman-pengalamannya sebagai praktisi di industri manufaktur selama lebih dari 10 tahun.

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. Evi Yuliawati, ST., MT. IPM.

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Penulis lahir di Surabaya tanggal 10 Juli 1974. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Menyelesaikan pendidikan S1 dan S2 pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya dan melanjutkan S3 pada Jurusan Teknik Mesin (Konsentrasi Teknik Industri Manufaktur) Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Penulis memiliki *research interest* di bidang: *supply chain engineering*, *logistics management* dan *operations management*.

BIODATA PENULIS



Ir. Sutresna Juhara, M.Sc., IPM.

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

Penulis lahir di Garut tanggal 11 Oktober 1960, saat ini Beliau adalah dosen tetap pada program studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Islam Syekh-Yusuf Tangerang, Menyelesaikan pendidikan sarjana S-1 Teknik Industri pada tahun 1985 dan program magister S-2 Teknik dan Manajemen Industri pada tahun 1992 dari Institut Teknologi Bandung (ITB). Banyak kegiatan pelatihan yang pernah diikutinya, diantaranya *'shortcourse di International Airline Transportation Association - IATA Swizterland* (tahun 2001) dalam bidang *Aircraft Production Planning & Inventory Control*', dan *"Aircraft Maintenance Engineering & Reliability Control"*.

Pengalaman Industri yang pernah dijalannya adalah sebagai Engineer di PT. IPTN Bandung (1986-1988) dan sebagai Engineer & PPIC di PT. Garuda Indonesia (1990-2011), terakhir sebagai General Manager Logistic & Bonded Zone Warehouse di PT. GMF-AeroAsia (2012-2016).

Buku yang pernah diterbitkan adalah Metodologi Penelitian Pendidikan (2022), manajemen Logistik (2023) dan *Deep Learning* untuk mendeteksi kelelahan pekerja dalam dunia Industri (2023).

BIODATA PENULIS



Aulia Agung Dermawan., S.T., M.T

Dosen Program Studi Manajemen Rekayasa
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Pada 29 Juni 1994, penulis lahir di Kota Medan, Sumatera Utara. Penulis bersekolah di SD Swasta Amanah Lubuk Pakam untuk SD, SMP Negeri 1 Bandar untuk SMP, dan SMA Swasta UISU Medan untuk SMA. Penulis anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan IR Usman dan Delianti ini mengambil jurusan S1 Teknik Industri di Sekolah Tinggi Teknik Universitas Malikussaleh dari tahun 2012 hingga 2016, dengan fokus penelitian pada Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Penulis melanjutkan program S2 di Magister Teknik Industri pada September 2017 dan akan mengakhiri program studi S2 pada September 2020 dengan konsestikasi penelitian di bidang Riset Pemasaran. Penulis saat ini bekerja sebagai dosen di Institut Teknologi Batam.

PROFIL PENULIS



Dr. Ir. Larisang, MT, IPM.

Dosen Tetap Program Studi Teknik
Industri Universitas Ibnu Sina (UIS) Batam.

Pendidikan S1 pada program Studi Teknik Industri Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar (1992), S2 pada Program Studi Teknik Industri Institute Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya (2003), S3 pada Universitas Negeri Padang pada program studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan (2020). Mata kuliah yang diampu antara lain; Pengantar Teknik Industri, Perancangan Sistem Kerja dan Ergonomi, Perancangan dan Pengembangan Produk, Kewirausahaan. Pengalaman sebagai dosen tetap pada tahun 2003 - 2008 pada universitas Islam Makassar, kemudian hijrah ke Batam pada Sekolah Tinggi Teknik Ibnu Sina Batam Sekarang berubah jadi Universitas Ibnu Sina Batam (2009 - sekarang). Selain aktif dibidang pangajaran dan penelitian juga aktif dalam jabatan struktural antara lain sebagai Ketua program Studi Teknik Industri dan Mesin Universitas Islam Makassar 2003 - 2007, wakil dekan 1 dan 3 Universitas Islam Makassar periode 2007 - 2009, Wakil Ketua I pada Sekolah Tinggi Teknik Ibnu Sina periode 2009 - 2011, Ketua Sekolah Tinggi Teknik Ibnu Sina 2011-2019, Dekan Fakultas Teknik Universitas Ibnu Sina periode 2019 - 2023. Juga aktif pada organisasi profesi seperti anggota Asosiasi Dosen Indonesia, Pengurus Persatuan Insinyur Indonesia (PII) Wilayah Kepri periode 2020 - 2023.

Penulis dapat dihubungi melalui email: larisang@uis.ac.id

BIODATA PENULIS



Ir Christofora Desi Kusmindari, MT, IPM

Dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Bina Darma
Sekretaris PII Kota Palembang 2021-2023

Lahir di Jakarta, 19 Desember 1972. Anak 1 dari 3 bersaudara ini menyelesaikan S1 Teknik Industri di Universitas Atma Jaya Yogyakarta tahun 1996 dan meneruskan S2 di ITB pada Prodi Teknik dan Manajemen Industri tahun 2001. Bekerja sebagai dosen di Prodi Teknik Industri mulai tahun 1997 di STT MUSI Palembang. Tahun 2008 yang bersangkutan pindah homebased dan menjadi Dosen Tetap di Universitas Bina Darma sampai sekarang. Selain sebagai dosen tetap, Desi_Ch juga menjabat sebagai editor in chief Jurnal TEKNO yang sudah terakreditasi SINTA 5. Saat ini dia menjabat sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri di Universitas Bina Darma. Dalam Organisasi Profesi memegang jabatan sebagai Sekretaris PII Kota Palembang. Buku yang pernah di tulis sebelumnya adalah Dasar-Dasar Kewirausahaan, *Production Planning and Inventory Control*, *Methodologi Penelitian Sosial*, *Manajemen Pengembangan Produk*, *K3*, dan *K3RS*

BIODATA PENULIS



Sony Kuswandi, ST., S.Pd., MT.

Dosen Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah
Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Rakeyan Santang Karawang

Penulis Lahir di Purwakarta 28 Oktober 1982. Ia menyelesaikan Sarjana Teknik di Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana Purwakarta tahun 2004. Sedangkan, gelar Magister Teknik di selesaikan pada tahun 2018 di Program Pascasarjana Universitas Pasundan dengan konsentrasi Sistem Logistik. Penulis dapat dihubungi melalui email : sony.kuswandi@ymail.com

BIODATA PENULIS



Dr. Ir. M. Ansyar Bora, S.T., M.T., IPM

Dosen Program Studi Manajemen Rekayasa
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Penulis kelahiran ujung pandang 10 April 1987 ini merupakan Dosen Tetap Program Studi Manajemen Rekayasa Institut Teknologi Batam (ITEBA). Anak pertama dari pasangan Bora Dg. Rumpa dan Dg. Baji memperoleh gelar sarjana dari Universitas Islam Makassar (2009), gelar magister dari Universitas Islam Indonesia (2015) dan gelar doktor dari Universitas Negeri Padang (2020) serta gelar profesi insinyur di Universitas Andalas (2021). Mata kuliah yang diampuh antara lain Perancangan Sistem Kerja, Ergonomi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Kewirausahaan dan Pengembangan Enterprise dan Desain Pengembangan Produk. Bidang penelitian yang ditekuninya diantaranya seperti: Ergonomi, Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Manajemen Industri dan Desain Produk. Selain aktif mengajar, menulis, meneliti dan melakukan pengabdian kepada masyarakat sesuai bidang yang ditekuni, penulis juga aktif sebagai reviewer berbagai jurnal nasional dan internasional serta aktif sebagai pengurus organisasi profesi diantaranya sebagai pengurus Asosiasi Dosen Indonesia (ADI) Wilayah

Kepulauan Riau periode 2020-2025 Koord. Bidang Pengembangan Karir, Pengurus Wilayah Persatuan Insiyur Indonesia (PII) Kepulauan Riau periode 2020-2023 Sekretaris Bidang Mechanical, electrical and industrial. Penulis juga pernah menjabat sebagai Kepala Lab. Teknik Industri (2009-2010), Ketua Program Studi Teknik Industri (2010-2015), Wakil Ketua 1 Sekolah Tinggi Teknik Ibnu Sina (2015-2019), Wakil 1 Dekan Fakultas Teknik Universitas Ibnu Sina (2019-2022) dan Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam (2022-Sekarang).

BIODATA PENULIS



Dimas Akmarul Putera, M.T.

Dosen Program Studi Manajemen Rekayasa
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Batam

Penulis lahir di Medan pada tanggal 15 Agustus 1992 di Kota Medan, Sumatera Utara. Penulis menyelesaikan SD di SD 060884 Medan, SMP di SMP Negeri 1 Medan, dan SMA di SMA Negeri 1 Medan. Penulis yang anak ke dua dari dua bersaudara dari pasangan Khairul Susilo dan Zul Akmalia ini mengambil jurusan S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara pada Tahun 2010-2015 dengan konsenterasi desain produk dengan prinsip Ergonomi.

Kemudian penulis bekerja disalah satu perusahaan yang bergerak dibidang konstruksi di Kota Medan pada Tahun 2016 sebagai bagian pengadaan, dan pada tahun 2017 penulis dipindahkan kebagian Logistik dikarenakan ekspansi perusahaan bergerak dibidang distribusi produk makanan. Pada Februari 2019 penulis melanjutkan program S2 di Magister Teknik Industri Universitas Sumatera Utara dan menyelesaikan program studi S2 pada Desember 2021 dengan konsenterasi penelitian ke Modelling System. Penulis sekarang bekerja sebagai dosen di Institut Teknologi Batam program studi

Manajemen Rekayasa dengan konsentrasi pendidikan ke Modelling System dan Operation Research. Penulis juga mendapatkan gelar Insinyur pada pendidikan profesi Insinyur PSPPI Universitas Katolik Atmajaya pada tanggal 18 Maret 2023.

BIODATA PENULIS



Nurul Ilmi, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Batam

Penulis lahir di Kendari, 30 April 1995 Sulawesi Tenggara. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri di Universitas Islam Sultan Agung, Semarang kemudian melanjutkan S2 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya (ITS) dengan jurusan yang sama, konsentrasi Ergonomi. Penulis cukup aktif menulis dengan melakukan penelitian dan publikasi ilmiah.

BIODATA PENULIS



Khamaludin, S.T., M.T

Dosen Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Islam Syekh Yusuf

Penulis lahir di Brebes tanggal 28 September 1980. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh Yusuf. Menyelesaikan pendidikan S1 pada program studi Teknik Kimia di Universitas Muhammadiyah Jakarta dan menyelesaikan S2 pada program studi Magister Teknik Industri Universitas Mercu Buana. Penulis menekuni keahlian pada bidang Quality Management, Quality and Reliability Engineering, Manufacturing Planning and Control serta Operational Research.