

MANAJEMEN MANUFAKTUR

Buku ajar yang dikemukakan disini merupakan salah satu bentuk pendokumentasian pengetahuan yang diperoleh, dengan harapan dapat ditularkan kepada anak didik dengan cara yang lebih baik dan memudahkan.

Buku ajar ini baik dibaca dan dijadikan referensi pembelajaran di kelas bagi mahasiswa, karena memuat bahan-bahan yang mudah difahami, di mana dilengkapi dengan contoh-contoh kasus di bidangnya. Mulai dari materi pengantar manajemen manufaktur, dasar sistem produksi, perancangan produk hingga manufaktur yang berkelanjutan. Untuk masing-masing topik juga diuraikan secara lebih detail dan mendalam. Dengan demikian akan memudahkan bagi mahasiswa yang memperkaya materi dan pemahamannya di bidang proses manufaktur.



PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA
ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023
Email : penerbitmafya@gmail.com
Website : penerbitmafya.com
FB : Penerbit Mafy



MANAJEMEN MANUFAKTUR

Achmad Yahya Teguh Panuju



Achmad Yahya Teguh Panuju

MANAJEMEN MANUFAKTUR



MANAJEMEN MANUFAKTUR

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

MANAJEMEN MANUFAKTUR

Achmad Yahya Teguh Panuju



MANAJEMEN MANUFAKTUR

Penulis:

Achmad Yahya Teguh Panuju

Editor:

Marshanda Anta Azzarah, S.IP.

Desainer:

AtikaNS

Sumber Gambar Cover:

www.freepik.com

Ukuran:

vi, 96 hlm, 15,5 cm x 23 cm

ISBN:

978-623-8606-01-6

Cetakan Pertama:

Maret 2024

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang. Dilarang menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari Penerbit.

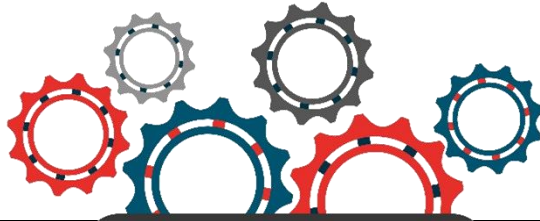
PENERBIT PT MAFY MEDIA LITERASI INDONESIA
ANGGOTA IKAPI 041/SBA/2023

Kota Solok, Sumatera Barat, Kode Pos 27312

Kontak: 081374311814

Website: www.penerbitmafy.com

E-mail: penerbitmafy@gmail.com



Kata Pengantar

Rasa syukur yang mendalam dan ucapan alhamdulillah, patut diungkapkan atas anugerah ilmu yang dibentangkan di semesta alam ini oleh Allah Yang Maha Tahu. Oleh karenaNya diharuskan setiap Insan untuk menimbah ilmu pengetahuan dalam berbagai bentuk. Buku ajar yang dikemukakan disini merupakan salah satu bentuk pendokumentasian pengetahuan yang diperoleh, dengan harapan dapat ditularkan kepada anak didik dengan cara yang lebih baik dan memudahkan.

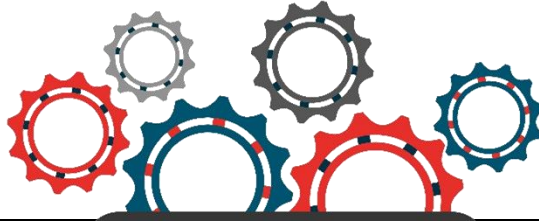
Buku ajar ini baik dibaca dan dijadikan referensi pembelajaran di kelas bagi mahasiswa, karena memuat bahan-bahan yang mudah difahami, di mana dilengkapi dengan contoh-contoh kasus di bidangnya. Mulai dari materi pengantar manajemen manufaktur, dasar sistem produksi, perancangan produk hingga manufaktur yang berkelanjutan. Untuk masing-masing topik juga diuraikan secara lebih detail dan mendalam. Dengan demikian akan memudahkan bagi mahasiswa yang memperkaya materi dan pemahamannya di bidang proses manufaktur.

Besar harapan kami, buku ini akan sangat membantu mahasiswa dalam memahami materi-materi yang sudah disampaikan oleh Dosen di ruang kelas. Sebagai kelengkapan dan pendalaman dari setiap yang ada dalam buku ini. Bagaimanapun juga, buku ini tentu belum memuat semua materi di bidang proses manufaktur, sehingga ide dan gagasan penambahan sangat diperlukan.

Terakhir, berharapan bersama adalah buku ajar yang serupa juga bisa dihadirkan untuk mata kuliah yang lainnya.

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T. M.T.



Prakata

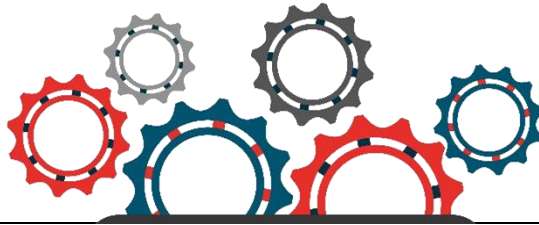
Tiada kata yang lebih pantas untuk diucapkan selain alhamdulillah, segala puji hanya milik Allah swt yang telah menurunkan berbagai ilmu yang bermanfaat bagi manusia. Buku ajar ini hanyalah merupakan setitik nikmat ilmu dari keluasan ilmu Allah swt yang tiada terbatas, dan ia merupakan ikhtiar ibadah agar proses transfer keilmuan di ruang kelas dapat dilakukan dengan lebih baik dan memiliki kemanfaatan yang lebih luas.

Namun sudah dapat dipastikan bahwasanya buku ajar ini tentunya memiliki kekurangan di sana-sini, menandakan bahwa insan yang menulisnya adalah manusia yang memang masih sangat terbatas kemampuannya. Karena itu penulis memohon maaf atas berbagai khilaf tersebut. Dan tak lupa penulis berterimakasih kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penulisan buku ajar ini, semoga amal Bapak Ibu sekalian mendapatkan balasan yang terbaik di dunia dan akhirat.

Sebagai penutup, penulis berharap agar buku ajar ini dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya oleh para peserta ajar, sehingga proses belajar mengajar menjadi lebih efektif dan menghasilkan ilmu yang bermanfaat.

Bandar Lampung, 14 Maret 2024

Penulis



Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
1 - PENGANTAR MANAJEMEN MANUFAKTUR	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Konsep Dasar Manajemen Manufaktur	1
1.3 Karir Lulusan Teknik Mesin di Industri Manufaktur	3
1.4 Urgensi Manufaktur untuk Sebuah Negara	4
1.5 Sejarah Industri Manufaktur	6
1.6 Evaluasi Bab 1	10
2 - DASAR SISTEM PRODUKSI	11
2.1 Pendahuluan	11
2.2 Definisi dan Klasifikasi Sistem Produksi	11
2.3 Faktor – faktor Produksi	16
2.4 Waktu Produksi dan Produktivitas	18
2.5 Evaluasi Bab 2	22
3 - PERANCANGAN PABRIK	23
3.1 Pendahuluan	23
3.2 Lokasi Pabrik	23

3.3 Layout Pabrik-----	27
3.4 Evaluasi Bab 3-----	35
4 - MANAJEMEN PRODUK -----	37
4.1 Pendahuluan-----	37
4.2 Perkembangan Variasi Produk dan Segmen Market-----	37
4.3 Dasar Perancangan Produk -----	39
4.4 Analisis Kebutuhan Konsumen -----	40
4.5 Metode Kano-----	42
4.6 Bill of Material (BOM) -----	46
4.7 Siklus Hidup Produk -----	49
4.8 Evaluasi Bab 4-----	53
5 - PERENCANAAN DAN EVALUASI PRODUKSI -----	55
5.1 Pendahuluan-----	55
5.2 Peramalan Produksi / Forecasting -----	55
5.3 Pemilihan Proses Produksi-----	60
5.4 Penjadwalan Produksi -----	63
5.5 Line balancing-----	66
5.6 Manajemen Rantai Pasok -----	72
5.7 Evaluasi Produksi dengan Overall Equipment Effectiveness (OEE) -----	77
5.8 Evaluasi Bab 5-----	80
6 - MANUFAKTUR AGILE DAN BERKELANJUTAN -----	83
6.1 Pendahuluan-----	83
6.2 Agile Manufacturing-----	83
6.3 Permasalahan Lingkungan di Sektor Industri-----	87
6.4 Prinsip dan Strategi Manufaktur Berkelanjutan-----	90
6.5 Evaluasi Bab 6-----	93
REFERENSI -----	95



1 – PENGANTAR MANAJEMEN MANUFAKTUR

1.1 Pendahuluan

Manajemen manufaktur merupakan salah satu cabang ilmu yang dibutuhkan oleh seorang lulusan Jurusan Teknik Mesin untuk melengkapi kompetensinya sebagai seorang Ahli Madya maupun Sarjana di bidang Teknik Mesin. Cabang ilmu ini pada umumnya disampaikan dalam bentuk mata kuliah 2 SKS, yang merupakan pengenalan tentang konsep-konsep manajemen di bidang manufaktur, dan sedikit banyak beririsan dengan bidang Teknik Industri dan Manajemen. Dengan menguasai keilmuan ini, para lulusan Teknik Mesin diharapkan memiliki keluasan cara pandang dalam mengelola dan memecahkan permasalahan yang ditemui di dunia kerja dan bisnis, tidak hanya berbasis pengetahuan teknik namun juga memiliki pengayaan dari sisi manajemen.

1.2 Konsep Dasar Manajemen Manufaktur

Untuk memahami konsep dasar manajemen manufaktur secara ringkas di awal pembelajaran, maka peserta ajar perlu memahami

makna dari terminologi yang membentuk istilah manajemen manufaktur ini. Istilah manajemen secara umum telah banyak dikenal dan dipahami oleh orang Indonesia sebagai sebuah proses pengaturan. Para akademisi telah memberikan definisi yang amat banyak, namun inti dari semua definisi tersebut adalah proses pengaturan sumber daya agar tujuan dapat dicapai (Suhardi, 2018). Definisi ini pun akan berkembang dan berubah sesuai dengan cabang keilmuan yang ditekuni, sehingga istilah manajemen seringkali disambung dengan istilah berikutnya yang menjelaskan cabang ilmu manajemen yang dipelajari. Misalnya kita juga sering mendengar istilah manajemen pemasaran, manajemen keuangan, manajemen sumber daya manusia dan lain sebagainya. Sedangkan istilah manufaktur dalam pembahasan ini merujuk kepada sebuah rangkaian proses produksi yang mengubah bahan mentah menjadi produk setengah jadi atau produk jadi. Produk yang dimaksud adalah produk *tangible*, yaitu produk yang dapat dilihat atau diraba wujudnya oleh panca indera, dan bukanlah produk *intangible* yang lebih merujuk kepada hasil jasa (Gambar 1). Sehingga secara ringkas kita dapat mendefinisikan istilah manajemen manufaktur sebagai proses pengaturan berbagai sumber daya dalam industri manufaktur agar tujuan dari industri itu dapat tercapai.



Gambar 1. Contoh Produk Tangible dan Intangible

Berdasarkan deifnisi di atas, maka cakupan pembahasan manajemen manufaktur menjadi cukup luas. Ada begitu banyak sumber daya yang dibutuhkan dalam proses mengubah bahan mentah menjadi sebuah produk seperti sumber daya manusia, sumber daya mesin produksi, modal uang, modal bangunan dan lain sebagainya. Karena itu biasanya pengajaran manajemen

2 – Manajemen Manufaktur

manufaktur di tempat yang berbeda dapat memiliki titik tekan yang berbeda pula, sesuai dengan target capaian pembelajaran yang ingin didapatkan. Poin-poin pembahasan yang dicantumkan dalam buku ini tentunya mengacu pada kurikulum Mata Kuliah Manajemen Manufaktur Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung, yang disesuaikan dengan karakter lulusan yang ingin dicapai oleh institusi.

1.3 Karir Lulusan Teknik Mesin di Industri Manufaktur

Salah satu motivasi yang perlu ditumbuhkan bagi para peserta ajar adalah dengan mengetahui jenjang karir yang akan ditempuh terkait ilmu yang mereka pelajari. Melalui keilmuan manajemen manufaktur, para peserta ajar diharapkan tidak hanya memiliki pola pikir sebagai seorang operator mesin atau teknisi, namun juga memiliki sudut pandang sebagai seorang manajer. Pengetahuan yang dikuasai tidak hanya mencakup alat-alat produksi serta berbagai kelengkapannya, namun juga bagaimana mengelola berbagai elemen tersebut menjadi sebuah kesatuan yang beroperasi dengan harmonis.

Dari majalah internasional Forbes tahun 2024, 10 keterampilan manajer yang paling penting adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan membangun kepercayaan
- b. Menunjukkan daya tahan di dalam masa-masa sulit
- c. Kemampuan untuk memberdayakan tim
- d. Kemampuan untuk memahami dan berkomunikasi dengan tim
- e. Kemampuan untuk mengatasi tantangan dalam kerja
- f. Memahami dirinya sendiri dan memiliki inisiatif untuk mengembangkan diri
- g. Membangun budaya belajar pada orang-orang di sekitarnya
- h. Mampu mengelola konflik
- i. Mampu menjaga keseimbangan antara eksekusi pekerjaan dan kestabilan emosi di dalam tim
- j. Memiliki motivasi yang tinggi untuk mencapai tujuan

Tentunya sebagian besar lulusan Teknik Mesin dapat memulai karir mereka di industri manufaktur sebagai staf tingkat awal di divisi produksi, perawatan, engineering atau lainnya. Untuk secara lebih detil, peserta ajar direkomendasikan untuk membaca buku terkait yang telah dipublikasikan oleh penulis sebelumnya (Panuju, 2023). Namun seiring dengan bertambahnya pengalaman dan keahlian yang dimiliki selama masa kerja, maka para peserta ajar nantinya akan memiliki peluang untuk menaiki tangga karir yang lebih tinggi, yaitu pada level selanjutnya sebagai supervisor, asisten manajer, manajer, maupun posisi lain yang lebih tinggi. Semua posisi tersebut memerlukan wawasan tentang manajemen yang perlu untuk diketahui sejak awal. Pemahaman tentang manajemen akan membuat peserta ajar memiliki cara pandang yang lebih luas dan strategis, sehingga memperbesar peluang untuk mendapatkan karir yang lebih baik di masa yang akan datang.

1.4 Urgensi Manufaktur untuk Sebuah Negara

Hal berikut yang perlu diketahui oleh para peserta ajar sebelum mempelajari lebih dalam tentang aspek-aspek manajemen manufaktur, adalah urgensi industri manufaktur bagi sebuah negara. Peserta ajar perlu untuk memahami hal ini untuk menumbuhkan rasa semangat untuk memajukan perindustrian manufaktur di Indonesia, bukan hanya sebagai karyawan, namun bisa jadi ke depannya sebagai entrepreneur yang membangun sebuah industri manufaktur berlevel nasional.

Mungkin kita dapat mengambil pelajaran dari berbagai negara di dunia, ada negara yang berkelimpahan secara keuangan, namun karena tidak memiliki industri manufaktur yang kuat, maka negeri ini akhirnya tidak memiliki kedaulatan yang kuat di dalam negerinya serta tidak memiliki pengaruh politik yang kuat di dunia internasional. Kemakmuran yang didapat bisa jadi berasal dari sumber daya alam yang melimpah seperti keberadaan minyak dan gas bumi dalam jumlah yang besar, sehingga negara tersebut mendapatkan pendapatan yang fantastis dan mampu

membangun berbagai fasilitas yang mewah di dalam negerinya. Namun jika kita melakukan perjalanan ke negeri tersebut, maka kita akan mendapati sebagian besar produk yang dijual di sana adalah produksi negara lain. Mulai dari produk kebutuhan sehari-hari, fashion, bahkan yang paling krusial adalah peralatan persenjataan dan teknologi informasi. Mari kita berandai-andai, bahwa jika suatu hari terjadi situasi yang genting, kemudian tidak ada satu pun negara penghasil produk yang bersedia untuk menjual produk-produk kebutuhan masyarakatnya kepada negeri kaya tersebut, bagaimana kondisi internal di dalam negeri tersebut setelahnya? Apakah masih baik-baik saja? Apalagi jika negara tersebut diembargo secara persenjataan dan teknologi informasi, maka walaupun memiliki uang yang berlimpah, namun negara tersebut akan menjadi lumpuh tanpa pasokan teknologi persenjataan dan informasi.

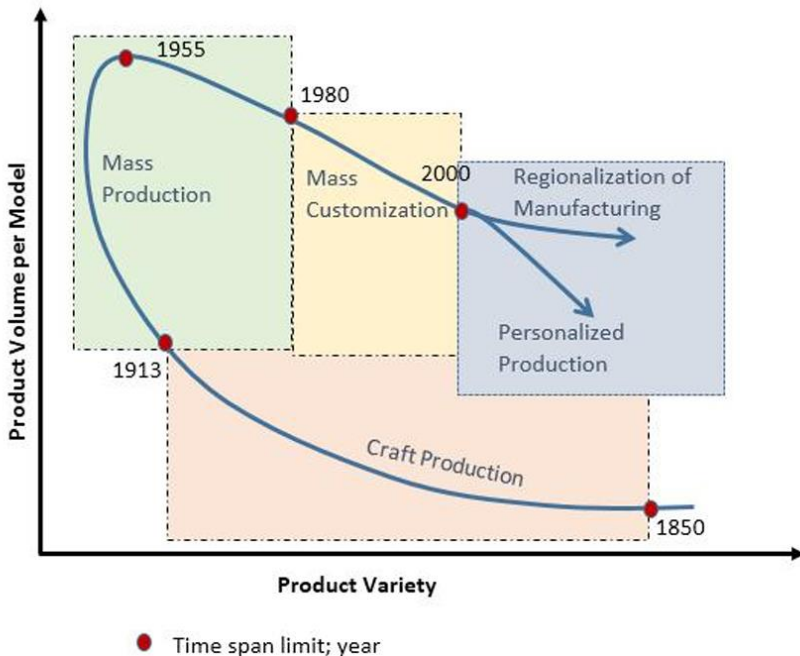
Maka urgensi keberadaan perindustrian manufaktur pada sebuah negara adalah tentang kemandirian, bagaimana sebuah negara mampu untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan kebutuhan strategisnya secara mandiri, tidak tergantung negara lain. Salah satu negara yang saat ini sudah mampu mencapai kemandirian ini misalnya adalah China, sehingga China disebut sebagai negara A to Z manufacturing. Padahal pada akhir tahun 90-an, China masih merupakan negara yang sebagian besar masyarakatnya hidup di bawah garis kemiskinan. Maka melalui kebijakan-kebijakan yang mendukung Perindustrian manufaktur, China mampu melakukan perubahan secara drastis terhadap kedaulatan negerinya. Jika hari ini kita berpergian ke China, maka kita akan melihat sebuah negara modern dengan berbagai fasilitas yang amat canggih dan juga mewah, dan tentunya China saat ini memiliki keberanian untuk melawan dominasi negara-negara barat yang sebelumnya begitu kuat di dunia.

Tentunya Indonesia juga memiliki potensi yang amat besar untuk mampu bangkit melalui manufaktur. Sumber daya alam kita berlimpah, serta sumber daya manusianya banyak dan juga berkualitas. Namun amat disayangkan kita masih banyak

tergantung dengan produk dari luar negeri, serta masih minimnya penguasaan teknologi di bidang-bidang yang strategis. Setelah memahami kondisi ini, diharapkan para peserta ajar lebih bersemangat untuk mempelajari berbagai strategi dalam operasi manufaktur, sehingga menjadi bagian untuk membangun bangsa.

1.5 Sejarah Industri Manufaktur

Untuk mengetahui sejarah perkembangan industri manufaktur, maka kita akan membatasinya sejak tahun 1800-an. Masa sebelum tahun tersebut di luar pembahasan buku ini, dan tentunya memerlukan kajian yang lebih mendalam.



Gambar 2. Fase Perkembangan Industri Manufaktur Modern

Pada Gambar 2 dideskripsikan pembagian masa perkembangan manufaktur dengan karakteristiknya pada kedua sumbu, yaitu jumlah variasi produk pada sumbu horizontal serta volume produk per model untuk sumbu vertikalnya. Kita dapat

mengklasifikasikan masa perkembangan manufaktur ke dalam 4 fase, yaitu fase craft production (produksi kerajinan), mass production (produksi masal), mass customization (kustomisasi masal) dan fase regionalization of manufacturing / personalized production. Pemahaman tentang perkembangan dunia manufaktur ini akan membantu dalam analisis perkembangan manajemen manufaktur yang lebih baik di masa yang akan datang (Groover, 2013)

a. Craft Production / Produksi Kerajinan

Era produksi kerajinan ditandai dengan rendahnya volume produksi karena keterbatasan teknologi, serta variasi produk yang amat beragam karena pada saat itu belum dikenal standarisasi produk dan proses produksi dikerjakan oleh para pengrajin dengan keahlian dan kreatifitas yang berbeda-beda. Di masa ini kita mengenal istilah pandai besi, pengrajin perak, pengrajin tenun dan lain-lain. Produk yang dihasilkan antara satu pengrajin dengan pengrajin yang lain tentunya berbeda, bahkan seorang pengrajin pun belum tentu dapat menghasilkan produk yang sama di kurun waktu yang berbeda. Namun dengan fasilitas produksi yang terbatas, maka seorang pengrajin hanya mampu memproduksi sejumlah produk yang tidak terlalu banyak dalam 1 periode. Era ini dianggap berlangsung antara tahun 1850 - 1900an awal, di mana kemudian terjadi perubahan paradigma manufaktur yang cukup signifikan di masa tersebut.

b. Mass Production / Produksi Masal

Masa ini salah satunya diinisiasi oleh terjadinya Perang Dunia 1. Perang telah memunculkan kebutuhan akan berbagai produk kelengkapan perang seperti senjata, seragam prajurit, dan kelengkapan pasukan lainnya dalam jumlah yang besar dan dalam standar yang sama. Dengan perkembangan teknologi pada saat itu, masyarakat teknologi mulai menstandarisasi produk melalui kesamaan dimensi dan proses produksi, serta menemukan konsep otomasi dalam bentuk yang sederhana. Dalam lini produksi, dikenal konsep

spesialisasi tugas, sehingga seorang operator akan melakukan pekerjaan yang sama dan berulang sepanjang hari sehingga ia memiliki keahlian untuk melakukan pekerjaannya dengan cepat dan tepat. Paradigma yang dimiliki oleh para pelaku manufaktur pada saat itu adalah semakin banyak volume produksi yang bisa dicapai dalam 1 hari, maka biaya produksi menjadi lebih rendah dan industri akan mendapatkan keuntungan yang lebih banyak. Kondisi ini telah meningkatkan volume produksi secara drastis. Namun dalam konteks konsumsi masyarakat umum, ternyata paradigma ini menyebabkan banyaknya produk yang tidak terpakai serta kebosanan konsumen, sehingga paradigma ini pun dengan cepat berubah.

c. Mass Customization

Setelah perang berakhir dan ekonomi dunia semakin meningkat, maka kecenderungan konsumen untuk meminta variasi dalam produk juga meningkat. Volume produksi untuk model produk yang sama menurun namun varian produk menjadi jauh lebih banyak, sehingga jumlah barang yang beredar di pasar pada dasarnya terus bertambah. Paradigma ini didukung oleh teknologi manufaktur yang semakin fleksibel, di antaranya yang sangat revolusioner adalah teknologi Computer Aided Design (CAD) dan Numerical Control (NC).

d. Regionalization of Manufacturing (RM) dan Personalized Production (PP)

RM dan PP adalah strategi untuk mendukung kemampuan kompetitif industri manufaktur di masa yang akan datang terkait dengan permintaan konsumen yang semakin kompleks dan tingkat persaingan yang semakin ketat. RM pada dasarnya adalah konsep untuk meningkatkan efisiensi berbasis rantai suplai, di mana komponen dan proses pembuatan produk terletak pada lokasi yang tidak berjauhan. Hal ini akan menurunkan biaya produksi, walaupun di sisi lain ada tantangan untuk menyediakan teknologi, material

serta sumber daya manusia (SDM) yang tepat di lokasi tertentu. Sedangkan PP adalah proses pembuatan produk yang mengarah pada kustomisasi bahkan berdasarkan pesanan individual. Jika pada waktu sebelumnya hal ini sangat sulit dilakukan karena biaya kustomisasi untuk pesanan individual akan menyebabkan biaya produksi yang amat tinggi, namun dengan teknologi yang ada pada saat ini seperti ketersediaan teknologi 3D printing, maka pembuatan produk untuk pesanan individu dapat dilakukan dengan harga yang terjangkau.

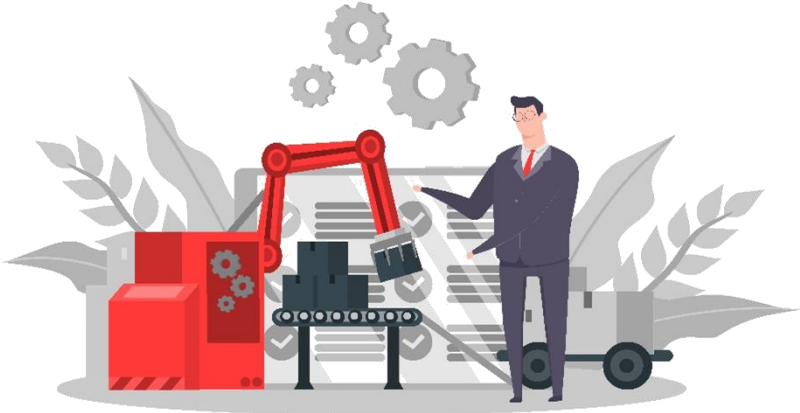
1.6 Evaluasi Bab 1

Berikanlan jawaban terbaik untuk pertanyaan-pertanyaan di bawah ini.

1. Jelaskan perbedaan antara produk tangible dan intangible!
2. Apa karir di dunia manufaktur yang anda inginkan? Mengapa?
3. Jelaskan dengan singkat, apa urgensi keberadaan industri manufaktur untuk sebuah bangsa?
4. Apa perbedaan yang paling mendasar antara masa craft production dan masa mass production?
5. Menurut anda, berdasarkan pembagian fase perkembangan manufaktur, seperti apa masa depan dunia manufaktur 10 tahun mendatang?

Diskusikan kasus di bawah ini bersama teman atau kelompok anda:

1. Bagaimana persiapan anda bersama teman-teman untuk mendapatkan karir yang terbaik di industri manufaktur?
2. Bagaimana industri manufaktur di Indonesia dapat menjadi lebih maju dalam beberapa tahun ke depan?



2 – DASAR SISTEM PRODUKSI

2.1 Pendahuluan

Pada bab yang kedua ini akan diperkenalkan tentang konsep-konsep dasar sistem produksi yang meliputi definisi, klasifikasi sistem produksi, faktor-faktor produksi, konsep produktivitas serta metode perhitungan produktivitas dalam manufaktur. Materi yang disajikan pada bab ini merupakan aspek fundamental untuk memahami materi-materi berikutnya, sehingga peserta ajar diharapkan untuk dapat memahami materi pada bab ini dengan sebaik-baiknya.

2.2 Definisi dan Klasifikasi Sistem Produksi

Sistem produksi adalah keterhubungan antara faktor-faktor produksi yang ada untuk menghasilkan produk sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Pemahaman akan sistem produksi juga akan sangat bergantung pada sudut pandang yang diambil, dan akan mempengaruhi klasifikasi sistem produksi yang dibuat. Dalam bab ini akan dipaparkan beberapa sudut pandang dalam

klasifikasi sistem produksi, namun pengkategorian ini bukanlah satu-satunya di antara metode pembagian sistem produksi yang lain.

Salah satu metode klasifikasi sistem produksi adalah mengkategorikan sistem produksi menjadi 4 tipe yaitu Make to Stock (MTS), Assemble to Order (ATO), Make to Order (MTO), dan Engineer to Order (ETO). Kategorisasi dilakukan berdasarkan besar atau kecilnya peranan produsen dibandingkan pengaruh permintaan konsumen dalam proses perancangan dan pembuatan produk (Zaman et al., 2023). Rincian dari keempat tipe sistem produksi tersebut adalah sebagai berikut.

a. Make to Stock / MTS

Sistem MTS memberikan peranan yang besar bagi produsen untuk menentukan konsep dan detil produk, serta menentukan seberapa banyak volume produk yang akan dibuat. Pada dasarnya produk yang dibuat akan disimpan dalam bentuk stok atau persediaan, yang nantinya persediaan produk ini akan didistribusikan kepada sistem rantai suplai (*supply chain system*). Kebanyakan produk retail yang kita gunakan untuk kebutuhan sehari-hari dihasilkan menggunakan sistem MTS ini, seperti produk-produk makanan, pakaian dan otomotif.

b. Assemble to Order / ATO

Sistem ATO menggunakan konsep di mana produk disimpan oleh produsen atau distributor dalam bentuk komponen, dan baru akan dirakit pada saat ada permintaan dari konsumen. Dewasa ini sistem ATO tidak lagi banyak dipakai, namun di antara contoh yang dapat kita ambil adalah pada produk komputer personal / *personal computer* (PC) *non built-up*, di mana komponen-komponen PC seperti casing, motherboard, processor, VGA card dan lainnya tersedia secara terpisah. Konsumen dapat meminta spesifikasi PC secara kustom, kemudian pihak penyedia produk akan melakukan perakitan sesuai dengan permintaan konsumen. Contoh lainnya adalah

produk traktor pertanian, yang di beberapa daerah menggunakan sistem sebagaimana penjualan PC tadi.

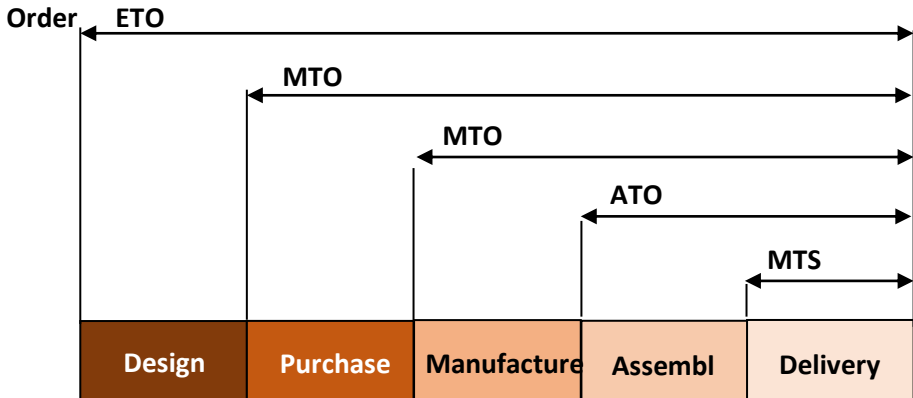
c. Make to Order / MTO

Salah satu ciri utama dari sistem MTO adalah produk baru dibuat setelah ada permintaan dari konsumen. Desain dari produk telah tersedia biasanya dalam beberapa variasi, kemudian konsumen mengajukan order pembuatan setelah memilih desain yang sesuai. Hal ini biasanya dikarenakan produk yang dijual adalah produk yang mahal dengan peminat yang terbatas, sehingga produk hanya akan mulai diproduksi jika sudah ada pesanan untuk menjamin keuntungan produsen. Contoh yang mudah untuk disajikan adalah pembuatan rumah oleh developer perumahan, sekalipun ada permintaan kustom tidak dalam skala yang besar.

d. Engineer to Order / ETO

Yang membedakan antara MTO dan ETO adalah jika pada MTO desain sudah tersedia dan permintaan kustom relative tidak banyak, sedangkan pada sistem ETO belum ada desain, ataupun jika ada maka desainnya berupa template yang membutuhkan banyak kustomisasi berdasarkan permintaan konsumen. Misalnya pembuatan kapal laut, di mana produsen kapal biasanya menyediakan template desain kapal untuk kebutuhan dan kapasitas tertentu, namun sebagian besar detil desain akan ditentukan oleh kebutuhan konsumen yang spesifik.

Setiap sistem produksi menggambarkan besarnya kontribusi konsumen terhadap produk yang akan dibeli, sehingga cakupan aktivitas yang dilakukan setelah terjadinya pesanan akan sangat diengaruhi oleh setiap sistem yang dipakai (Gambar 3).



Gambar 3. Lingkup Kerja Sistem Produksi

Keempat kategori di atas telah banyak diterapkan pada industri manufaktur secara umum. Selain itu kita akan melihat sudut pandang klasifikasi yang lain, yaitu berdasarkan aliran material pada proses produksinya. Para pakar membedakan menjadi 5 tipe antara lain adalah tipe continuous, in line production, batch, job shop dan project production (Chryssolouris, 1992). Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing tipe.

a. Continuous Flow

Sistem produksi continuous adalah di mana produksi berlangsung secara terus-menerus, tanpa jeda yang signifikan antara produk yang satu dengan produk berikutnya. Contoh: pabrik baja, batubara atau pabrik kertas, di mana proses produksi berlangsung terus menerus tanpa interupsi yang signifikan.

b. In Line Production

Produksi in-line adalah ketika produk bergerak melalui serangkaian stasiun kerja dalam satu jalur produksi yang linear. Contoh: pabrik pembuatan sepatu di mana material berjalan secara urut dari proses pembuatan pola, pengguntingan bahan, pembuatan bentuk serta penjahitan dengan komponen lainnya dalam satu garis produksi.

c. Batch Production

Produksi berkelompok adalah ketika beberapa unit produk diproduksi secara bersamaan dalam satu kelompok atau batch sebelum beralih ke produk berikutnya. Terkadang satuan angkut material juga dinyatakan dalam satuan lot. Contoh: Pabrik farmasi yang memproduksi obat-obatan dalam batch tertentu, atau pabrik makanan yang memproduksi makanan dalam jumlah tertentu sebelum beralih ke produk lainnya.

d. Job Shop Production

Pabrik pesanan adalah tempat di mana produk yang unik berdasarkan kebutuhan tertentu atau khusus diproduksi sesuai dengan pesanan dari pelanggan. Contoh: bengkel produksi yang membuat alat-alat pertanian, atau workshop produksi untuk membuat komponen-komponen mesin produksi.

e. Project Production

Produksi proyek terjadi ketika produk yang sangat kompleks atau unik, dan biasanya besar dan mahal, dibuat dalam satu proyek yang memiliki awal dan akhir yang jelas. Contoh: Pembangunan gedung pencakar langit, pembangunan jembatan, atau konstruksi kapal laut. Setiap proyek memiliki spesifikasi, jadwal, dan anggaran yang unik. Manajemen proyek dipelajari sebagai suatu cabang ilmu tersendiri, dan para praktisi dan akademisi dapat memperoleh sertifikasi di bidang ini yaitu sebagai *Project Management Professionals* (PMP).

Antara kedua klasifikasi yang telah dijelaskan di atas, baik yang berbasis peranan produsen dan konsumen serta berbasis aliran material, dapat ditemukan irisan karakteristik yang sama. Tabel berikut menjelaskan irisan-irisan tersebut.

Tabel 1. Karakterisasi Sistem Produksi

	MTS	ATO	MTO	ETO
Kustomisasi	Rendah	Moderat	Tinggi	Sangat Tinggi
Jenis Inventori	Barang Jadi	WIP	Tidak ada	Tidak ada
Waktu Penyelesaian	Instan / sangat cepat	Moderat	Lama	Lama
Volume Produk	Tinggi	Moderat	Rendah	Rendah
Proses	Continuous / In Line	Batch	Job Shop / Project	Job Shop / Project

Namun perlu diingat bahwa karakteristik ini tidak mutlak, bahwasanya setiap jenis industri juga dapat memiliki karakteristik yang unik sehingga tidak persis sama seperti yang tercantum pada tabel tersebut. Namun secara umum klasifikasi ini dapat dipakai oleh para peserta ajar untuk mengenali karakter umum dari setiap sistem produksi.

Manfaat lain yang dapat diambil oleh peserta ajar adalah: dengan mengetahui karakter sebuah industri, maka peserta ajar dapat menilai apakah industri tersebut cocok dengan dirinya atau tidak. Sebagian peserta ajar yang memiliki karakter dinamis dan menyukai tantangan baru akan lebih cocok berada di lingkungan MTO dan ETO, misalnya. Sebaliknya orang-orang dengan karakter yang lebih konservatif dan menyukai kestabilan, akan lebih cocok untuk bekerja di industri MTS atau ATO.

2.3 Faktor – faktor Produksi

Faktor produksi adalah unsur-unsur yang mendukung dan menentukan keberhasilan sebuah proses produksi. Ada beberapa teori yang mengemuka tentang macam-macam faktor produksi, namun pada buku ini akan disajikan teori yang paling umum yaitu faktor produksi terdiri dari lahan, tenaga kerja, modal dan manajemen (Julyanthry et al., 2020).

a. Modal

Modal merupakan faktor produksi yang biasanya menjadi pembahasan utama di awal pendirian sebuah unit bisnis produksi.

b. Sumber Daya Alam (SDA)

SDA mencakup berbagai potensi alam yang dapat dimanfaatkan dan mendukung proses produksi meliputi letak geografis, iklim, hutan, sungai, bebatuan, dan lain sebagainya. Sebuah industri manufaktur dapat mendapatkan keuntungan dari SDA yang terdapat di sekelilingnya, misalnya menggunakan sungai sebagai sarana transportasi material, atau mengambil bebatuan sebagai salah satu material dalam proses produksi. Karena itu salah satu pertimbangan untuk menentukan lokasi pabrik adalah kekayaan SDA yang ada di sekitar, sebagaimana akan dibahas pada bab berikutnya.

c. Sumber Daya Manusia (SDM)

SDM yang dimaksud di sini adalah tenaga kerja yang ikut dalam rangkaian proses produksi. SDM masih dapat diklasifikasikan lagi menjadi dua, yaitu tenaga berpendidikan / terampil (white collar) yang merujuk pada pekerja yang memiliki pendidikan dan keterampilan lebih tinggi serta berada pada level manajerial, serta pekerja teknis yang menangani operasi di lapangan (blue collar). Namun pada hari ini batas antara keduanya semakin melebur, karena pada beberapa industri ditemukan bahwa operator lapangan justru memiliki keterampilan dan penghasilan yang tinggi, misalnya seorang pengelas bersertifikat yang bekerja di pertambangan, dibandingkan dengan pekerja kantor pada umumnya.

d. Keahlian manajemen dan wirausaha

Faktor keahlian manajemen dan wirausaha kerap dimasukkan ke dalam faktor produksi karena kesuksesan sebuah bisnis seringkali amat bergantung pada kemampuan pimpinan dalam mengambil sebuah keputusan, yang nantinya akan berimbas pada keseluruhan proses. Faktor inilah yang kemudian diperlukan untuk mengorkestrasi berbagai faktor lain untuk dapat berjalan dengan irama yang harmonis,

sehingga proses produksi dapat mencapai target yang telah ditetapkan.

e. Teknologi dan Informasi

Penguasaan terhadap teknologi dan informasi pada hari ini telah menjadi faktor produksi yang memegang peranan penting dalam memenangkan kompetisi bisnis. Teknologi dapat menjadikan proses produksi menjadi sangat efisien sehingga menekan waktu dan biaya, sedangkan sistem informasi menjadikan segala sesuatunya tercatat, dapat dimonitor dan dianalisis tanpa dibatasi oleh jarak. Banyak industri yang telah menggunakan faktor ini untuk kemudian dapat menjadi pimpinan pasar, sehingga inovasi berbasis teknologi dan informasi pada hari ini menjadi sebuah keharusan bagi industri yang ingin menjadi unggul dalam persaingan.

2.4 Waktu Produksi dan Produktivitas

Waktu produksi adalah keseluruhan waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi sebuah produk, sering juga dikenal dengan istilah manufacturing lead time (MLT). MLT mencakup hal-hal berikut ini:

a. Waktu persiapan produksi

Ini mencakup waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan alur produksi, melakukan pengecekan terhadap mesin dan kesiapan tenaga kerja.

b. Waktu antri (queue time)

Waktu antri adalah jeda yang terjadi saat material menunggu giliran untuk masuk ke dalam proses produksi, dikarenakan mesin masih melakukan proses yang lain.

c. Setup time

Setup time adalah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan mesin produksi seperti waktu pemasangan pahat pada cekam, pemasangan benda kerja pada ragum, penyetelan posisi, dan lain-lain.

- d. Run time
Waktu pengerjaan benda kerja pada mesin atau pada stasiun kerja tertentu, meliputi waktu proses dan perakitan.
- e. Moving time
Waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan material atau produk work in progress (WIP) dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lainnya, atau dari gudang logistik, atau menuju proses pengiriman produk jadi.
- f. Inspection time
Setiap kali benda kerja selesai dikerjakan, maka disediakan waktu pengecekan untuk melihat kesesuaian antara hasil pengerjaan dengan desain atau spesifikasi yang diminta.
- g. Put away time
Meliputi waktu untuk proses penyimpanan barang pada gudang, penyusunan inventori, pengaturan produk pada saat shipping, maupun peletakkan produk yang cacat pada sistem daur ulang atau pembuangan.

Sedangkan produktivitas berasal dari kata bahasa Inggris *productivity* yang merupakan gabungan dari dua kata, yaitu *product* dan *activity*. Namun dalam Bahasa manajemen produktivitas diartikan sebagai kemampuan sebuah unit untuk melakukan tugas-tugasnya dibandingkan dengan aspek tertentu seperti waktu atau ketersediaan faktor produksi. Misalnya, kita dapat menyatakan produktivitas sebuah industri manufaktur dengan menghitung jumlah produksi per jam kerja, atau jumlah produksi per jumlah karyawan, dan seterusnya.

Berdasarkan paparan di atas, berarti produktivitas dapat dinyatakan dalam besaran angka. Secara umum rumus yang dapat dipakai adalah sebagai berikut.

$$Produktivitas = \frac{\text{input}}{\text{output}} \dots\dots\dots(1)$$

Di mana input dan output dapat disesuaikan dengan kebutuhan analisis. Misalnya untuk menghitung produktivitas penulisan artikel dibandingkan dengan jam kerja per pekan, kita dapat menggunakan satuan artikel per jam. Jika dalam 1 pekan jam kerja

seorang penulis adalah 40 jam dan dalam 1 pekan ia bisa menghasilkan 4 artikel, maka nilai produktivitasnya dapat dihitung sebagaimana di bawah ini.

$$\text{Produktivitas} = \frac{4 \text{ artikel}}{40 \text{ jam}} = 0,1 \text{ artikel/jam}$$

Jika pada pekan berikutnya si penulis dapat meningkatkan produktivitasnya menjadi 6 artikel dalam 1 pekan, maka kita dapat menghitung ulang produktivitasnya.

$$\text{Produktivitas} = \frac{6 \text{ artikel}}{40 \text{ jam}} = 0,15 \text{ artikel/jam}$$

Berarti perubahan produktivitasnya adalah sebesar:

$$\Delta P = \frac{0,15}{0,1} = 1,5$$

Atau dapat dikatakan bahwa terdapat kenaikan produktivitas sebesar 50%. Satuan input dan output dapat diganti dengan satuan lain misalnya menggunakan unit per hari, unit per jumlah tenaga kerja, buah per satuan energi, dan seterusnya.

Berikut ini adalah beberapa strategi yang dapat diambil untuk meningkatkan produktivitas di sebuah industri manufaktur:

- a. Pelatihan dan pengembangan karyawan: Investasi dalam pelatihan dan pengembangan karyawan dapat meningkatkan keterampilan mereka, meningkatkan motivasi, dan menghasilkan peningkatan produktivitas jangka panjang.
- b. Penerapan teknologi yang tepat: memilih dan menerapkan teknologi yang sesuai dengan kebutuhan bisnis dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi.
- c. Optimisasi proses operasional: Meninjau dan mengoptimalkan proses operasional untuk mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan serta meningkatkan aliran kerja.
- d. Manajemen kualitas: mengadopsi pendekatan manajemen kualitas yang terintegrasi, seperti Lean Six Sigma, untuk mengurangi cacat dan memperbaiki efisiensi proses.

- e. Pemberian insentif dan penghargaan: menggunakan sistem insentif dan penghargaan untuk mendorong kinerja yang tinggi dan meningkatkan motivasi karyawan.
- f. Monitoring dan evaluasi kinerja: menggunakan metrik kinerja yang relevan dan mengadopsi pendekatan berbasis data untuk terus memantau, mengevaluasi, dan meningkatkan produktivitas.

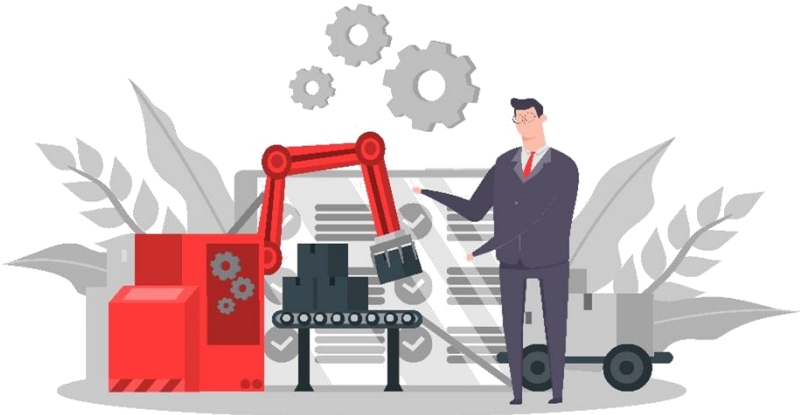
2.5 Evaluasi Bab 2

Berikan jawaban-jawaban yang terbaik untuk pertanyaan di bawah ini.

1. Jelaskan apa itu sistem produksi assembly to order (ATO) dan apa contohnya?
2. Apa perbedaan mendasar antara sistem ETO dan MTO?
3. Berikan contoh-contoh untuk industri dengan sistem continuous production, serta gambarkan contoh alur produksinya!
4. Apa keunikan dari project production dan bagaimana untuk menjaga kepuasan konsumen dalam sistem produksi ini?
5. Jika sebuah perusahaan alat pertanian menghasilkan 100 traktor dalam sebulan, dan dalam produksinya menggunakan 10 orang pekerja, maka produktivitas apa saja yang bisa dihitung serta berapa nilainya?
6. Jika masing-masing produktivitas tadi hendak ditingkatkan setidaknya 20%, maka berapa jumlah tractor yang harus dihasilkan?

Diskusikan bersama teman atau kelompok anda tentang studi kasus di bawah ini.

1. Pilihlah satu contoh perusahaan ternama yang anda kenal, kemudian diskusikan bersama teman-teman anda apa sistem produksi yang dipakai dalam perusahaan tersebut? Dapatkah anda mencari gambar pabrik dari perusahaan tersebut dari internet?
2. Hitunglah produktivitas anda sendiri sebagai seorang mahasiswa dalam suatu bidang tertentu. Bagaimana agar produktivitas anda dapat meningkat pada periode berikutnya?



3 – PERANCANGAN PABRIK

3.1 Pendahuluan

Setelah memahami dasar-dasar sistem produksi, maka peserta ajar diharapkan mulai mengkaji tentang bagaimana untuk memilih lokasi proses produksi dan merancang aspek-aspek yang terkait dalam perencanaan tempat produksi. Hal ini merupakan proses awal dari perencanaan proses produksi yang lebih detail dan akan menentukan perancangan sistem produksi secara keseluruhan.

3.2 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik adalah lokasi di mana faktor-faktor produksi dikumpulkan dan di mana sebagian besar aktivitas produksi dilaksanakan. Keputusan untuk menentukan lokasi pabrik adalah keputusan yang strategis dan memiliki dampak yang besar terhadap proses berikutnya. Karena itu keputusan ini harus diambil dengan seksama mengikuti metode ilmiah yang telah banyak disajikan oleh para pakar.

Sebuah contoh yang menarik dapat kita lihat pada penentuan lokasi pabrik Mercedes Benz Asia, yang akhirnya dipilih untuk ditempatkan di Temasek, Singapura. Padahal kalau dilihat dari jumlah calon konsumen dan ketersediaan bahan baku, maka Indonesia tentunya lebih menguntungkan. Karena itu seorang guru besar sebuah perguruan tinggi terkenal di Indonesia pernah menanyakan hal tersebut pada sebuah kesempatan bertemu dengan pihak manajemen Mercedes Benz di Jerman. 'Mengapa anda lebih memilih Singapura sebagai lokasi pabrik, dan bukan di Indonesia?' Demikian kira-kira pertanyaannya. Jawaban dari pihak manajemen Mercedes cukup mengejutkan sekaligus menyedihkan bagi sang guru besar. Mereka menjelaskan bahwa pertimbangan utama Mercedes dalam memilih lokasi pabrik adalah indeks kualitas SDM di sebuah negara. Dan di Asia, indeks SDM tertinggi memang di Singapura. Indonesia bahkan masih tertinggal agak jauh di dalam aspek ini, sehingga memang tidak bisa bersaing di mata Mercedes. Dan ini memang merupakan hak prerogatif dari perusahaan, untuk menentukan aspek mana yang dijadikan pertimbangan utama. Kebetulan aspek utama dalam pertimbangan Mercedes adalah SDM dan bukanlah kekayaan SDA, sehingga Singapura yang dipilih sebagai lokasi pabrik.

Bukan hanya terkait negara, namun secara lebih detil perlu dipertimbangkan juga terkait wilayah dan local daerah yang akan dipilih. Bukan sekedar memilih Indonesia atau Singapura, namun juga harus memilih dengan tepat apakah di Jakarta atau Lampung, di Bandar Lampung atau Lampung Selatan? Pada gambar 4 diberikan beberapa contoh aspek pertimbangan yang dapat digunakan dalam memilih lokasi pabrik secara umum (Wiendahl et al., 2015).



Gambar 4. Pertimbangan Pemilihan Lokasi

Dalam menentukan lokasi, dikenal beberapa metode yang bisa dipakai. Secara umum ada 2 yaitu metode non-logis yang menggunakan insting dan pertimbangan emosional (biasanya digunakan oleh pemilik perusahaan yang memiliki wewenang besar dalam sebuah keputusan bisnis) dan metode ilmiah yang menggunakan langkah-langkah yang sistematis. Berikut adalah 3 contoh metode ilmiah yang dapat digunakan secara terpisah, atau dapat juga dikombinasikan untuk mendapatkan keputusan yang terbaik.

a. Metode Weighted Table

Untuk mendapatkan lokasi yang terbaik, maka disusun beberapa critical success factors (CSF), yaitu aspek-aspek pertimbangan utama yang digunakan dalam pemilihan lokasi pabrik. Jumlah dan tipe CSF sangat bergantung dari penilaian pengelola perusahaan serta tipe usaha produksi yang dilakukan. Setiap aspek ini kemudian diberikan bobot sesuai dengan Tingkat prioritasnya, yang mana jumlah pembobotan total = 1. Pada tabel, dapat dilihat bahwa ada 3 lokasi yang akan dipilih yaitu A, B dan C. Setiap lokasi diberikan nilai dengan skala 1 - 10, yang dilakukan oleh sekelompok orang pakar untuk meningkatkan nilai validitas dari proses penilaian. Setelah itu nilai dari setiap aspek dikalikan dengan bobot

sehingga didapatkan nilai akhir untuk setiap lokasi dan aspeknya. Keseluruhan nilai dijumlahkan, dan lokasi dengan nilai terbesar akan dipilih sebagai lokasi pabrik. Dalam contoh ini, maka lokasi C lah yang kemudian dipilih (Tabel 2).

Tabel 2. Metode Weighted Table dalam Pemilihan Lokasi Pabrik

Critical Succes Factors (CSF)	Bobot	Nilai (1-10)			Nilai x Bobot		
		Lokasi			Lokasi		
		A	B	C	A	B	C
Pendidikan SDM	0,15	8	7	6	1,2	1,05	0,9
Industri pendukung	0,20	7	8	7	1,4	1,6	1,4
Keamanan wilayah	0,15	6	6	7	0,9	0,9	1,05
Ketersediaan material	0,20	8	9	8	1,6	1,8	1,6
Harga lahan	0,30	7	6	8	2,1	1,8	2,4
Jumlah					6,2	7,15	7,35

b. Break Even Analysis (BEA)

Metode kedua lebih menekankan kepada aspek ekonomi, di mana semua biaya untuk mendirikan sebuah pabrik dihitung kemudian dianalisis kapan biaya tersebut akan impas dari hasil produksi. Tabel 3 di bawah ini memberikan contoh sederhana perhitungan BEA dalam analisis pemilihan lokasi pabrik.

Tabel 3. Metode Break Even Analysis untuk Pemilihan Lokasi

Lokasi	Biaya Tetap	Biaya Variabel / unit	Biaya Total
	F	V	TC = F + V
X	Rp 40.000.000	Rp 75.000	30 jt + (2000x75000) = Rp 190.000.000.
Y	Rp 50.000.000	Rp 45.000	60 jt + (2000x45000) = Rp 140.000.000

Z	Rp 100.000.000	Rp 25.000	110 jt + (2000x25000) = Rp 150.000.000
---	----------------	-----------	--

Asumsi studi kasus yang digunakan adalah jika pabrik membuat sebuah produk dengan harga jual Rp 120.000 per unit, di mana rata-rata jumlah produksi per tahunnya adalah 2000 unit. Terdapat 3 lokasi yaitu X, Y dan Z dengan biaya awal/ tetap dan operasional / variabel yang berbeda untuk dipertimbangkan. Dalam contoh ini dapat dilihat bahwa pilihan dengan biaya terendah adalah lokasi Y, sehingga lokasi Y diprioritaskan sebagai lokasi pabrik berdasarkan metode BEA.

c. Center of Gravitation (CoG)

Metode yang terakhir yaitu CoG menggunakan jarak ke masing-masing lokasi pendukung baik itu lokasi material, distributor atau industri pendukung yang terkait kemudian memilih titik tengah sebagai lokasi pabrik. Tujuan dari pemilihan titik tengah adalah untuk meminimalisir biaya yang dihasilkan dari proses transportasi serta mengefisienkan waktu pengantaran.

3.3 Layout Pabrik

Setelah menentukan lokasi pabrik yang paling ideal, maka Langkah selanjutnya yang perlu dilakukan dalam proses perancangan pabrik adalah menentukan layout pabrik yang akan dibuat. Hal ini perlu dilakukan sebelum membuat desain secara keseluruhan, karena akan berkaitan dengan aspek-aspek prinsip yang akan mendukung efisiensi proses produksi (Wiendahl et al., 2015). Salah satu kelemahan industri kecil dan menengah di Indonesia yang sering kita temui adalah tidak merencanakan layout dengan baik, peralatan pabrik ditambahkan secara acak sesuai dengan waktu pembelian. Di sisi lain, banyak peralatan dan material yang tidak terpakai diletakkan secara sembarang, sehingga tanpa disadari kondisi tersebut mempengaruhi produktivitas dari pabrik.

Beberapa kaidah penting dalam pembuatan pabrik, walaupun belum tentu mencakup seluruhnya, adalah sebagai berikut (Julyanthry et al., 2020):

- a. Lantai, tangga dan tiang penyangga pabrik dipastikan cukup kuat untuk menopang beban dari berbagai mesin produksi yang akan diletakkan di dalamnya. Untuk itu perencana bangunan pabrik perlu mengetahui secara detil mesin produksi apa saja dan berapa jumlahnya yang akan dimasukkan ke dalam pabrik. Walaupun nantinya pembelian mesin akan dilakukan secara bertahap, namun penting untuk mengatur posisi dan metode masuknya mesin sejak awal, agar tidak kesulitan pada waktunya nanti. Terdapat standar tertentu dalam menentukan faktor keamanan karena mesin pabrik nantinya akan menimbulkan getaran dan pergerakan lainnya. Kondisi-kondisi ini menyebabkan bangunan biasa tidak dapat dikonversi menjadi pabrik begitu saja, karena harus memperhitungkan aspek fungsional dan keamanan pada saat operasional pabrik.
- b. Ruang yang cukup luas dan clearance atap yang tinggi, agar sirkulasi udara lancar dan penerangan memadai. Pengoperasian mesin-mesin produksi akan menghasilkan emisi salah satunya gas-gas polutan ke udara. Karena itu ruangan harus cukup luas dan atap cukup tinggi untuk menjaga kesegaran udara, agar kesehatan para operator juga terjaga. Selain itu ruangan yang luas memungkinkan pergerakan manusia dan material tetap lancar, meminimalisir kemungkinan kecelakaan kerja. Ruang jalan bagi operator dan material sebaiknya dibuat terpisah dengan jarak yang cukup agar memperkecil kemungkinan terjadinya tabrakan terutama pada saat volume produksi tinggi. Kemungkinan perpindahan posisi mesin juga perlu diantisipasi, serta menyediakan pintu masuk yang memadai pada saat ada penambahan mesin di kemudian hari.
- c. Menyediakan fasilitas dan peralatan K3 untuk mengantisipasi terjadinya musibah seperti kebakaran, gempa bumi,

sambaran petir atau banjir. Fasilitas yang perlu disediakan antara lain adalah tangga darurat, alur evakuasi yang jelas dan aman, serta rangka besi yang kuat untuk menopang atap.

Jika standar gedung pabrik telah dipenuhi, maka berikutnya adalah menentukan tipe layout yang tepat. Tipe layout pabrik yang akan digunakan akan mengacu pada tipe sistem produksi sebagaimana telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Tujuan dari kajian layout pabrik antara lain adalah:

- a. Mengoptimalkan lahan dan bangunan yang tersedia agar target produksi dapat dicapai
- b. Menjadikan proses produksi yang efisien dengan memastikan aliran material dan manusia berjalan lancar dan aman
- c. Mereduksi waktu transport antar unit, sehingga dapat meminimalisir waktu produksi secara keseluruhan
- d. Mengantisipasi pengembangan dan penambahan proses produksi di masa yang akan datang, di mana layout yang baik akan memiliki tingkat fleksibilitas yang baik
- e. Menjadikan suasana kerja yang aman dan menyenangkan untuk menjaga produktivitas walaupun saat volume produksi tinggi
- f. Mempermudah aktivitas pemantauan dan respon kejadian darurat seperti saat terjadi kerusakan mesin, sehingga teknisi dapat segera melakukan proses perbaikan.

Berikut ini adalah beberapa tipe layout pabrik yang telah banyak digunakan pada berbagai industri manufaktur yang ada.

a. Product Layout

Layout ini memberikan panduan agar mesin-mesin produksi disusun berdasarkan aliran material sepanjang proses produksi, atau dapat dengan kata lain diurutkan berdasarkan urutan proses produksi dari awal hingga akhir (Gambar 5). Susunan mesin dapat berupa garis lurus, atau berbentuk huruf U pada ruang dan jumlah operator yang terbatas, atau menyesuaikan bentuk ruangan yang tersedia (Gambar 6).

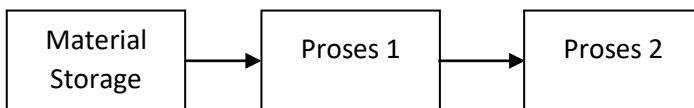
Layout ini biasanya digunakan pada sistem produksi continuous atau in line production.

Kelebihan product layout:

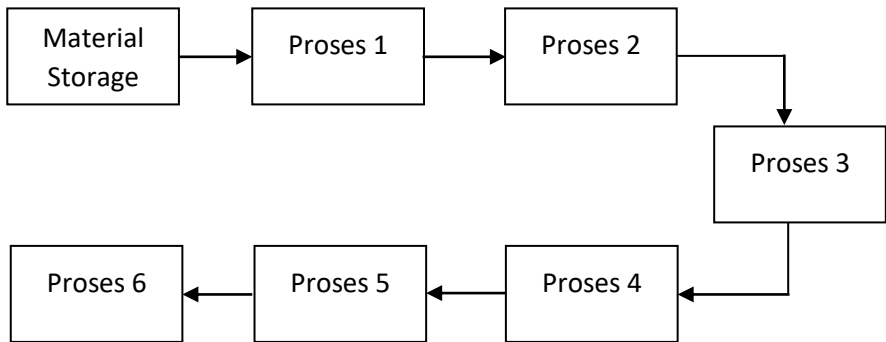
- Mendukung proses produksi agar material mengalir dengan lancar dalam waktu yang relatif singkat
- Aliran produksi dapat dioptimalkan dengan penggunaan sistem perpindahan material (material handling) otomatis namun murah seperti conveyor, dengan kebutuhan campur tangan operator yang rendah.
- Perencanaan dan kontrol produksi yang sederhana
- Tidak rumit untuk perawatannya
- Dapat menggunakan ruangan yang tidak terlalu luas

Kekurangan product layout:

- Kerusakan pada salah satu mata rantai produksi akan menyebabkan sisa rantai produksi juga terganggu
- Memiliki fleksibilitas yang rendah dalam mengantisipasi perubahan produk atau teknologi baru
- Kecepatan produksi ditentukan oleh mesin / unit produksi yang paling lambat. Jika ada perbedaan waktu produksi yang mencolok, mudah terjadi fenomena bottle neck (kemacetan material pada titik tertentu) pada alur produksi.



Gambar 5. Line Product Layout



Gambar 6. U-Shaped Product Layout

b. Process Layout

Jika sebuah pabrik menggunakan process layout, maka mesin-mesin dengan fungsi yang sama akan dikelompokkan pada tempat yang sama membentuk sebuah unit produksi. Setiap unit produksi bisa terdiri dari 1 atau lebih mesin-mesin produksi yang sejenis (Gambar 7). Biasanya layout ini digunakan pada sistem produksi job shop.

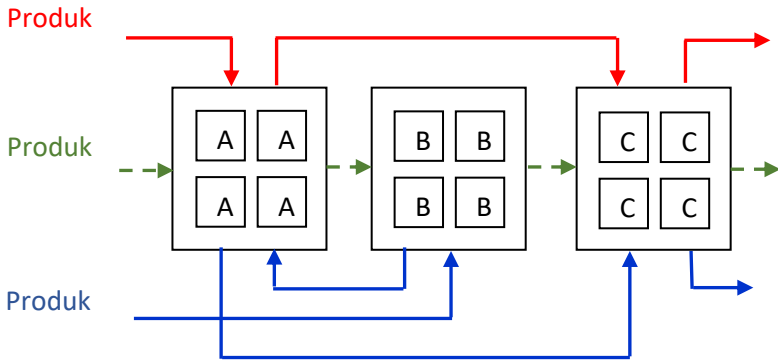
Kelebihan process layout:

- Tingkat utilitas mesin yang lebih baik
- Tingkat fleksibilitas yang tinggi, di mana layout mampu menerima berbagai produk yang berbeda dalam waktu yang bersamaan
- Memungkinkan spesialisasi supervisi dan operator. Seorang ahli dapat ditempatkan pada unit sehingga level error dapat diminimalisir
- Lebih adaptif saat ada penambahan, pergantian atau pengurangan mesin

Kekurangan process layout:

- Proses material handling lebih rumit karena perpindahan material akan bervariasi tergantung dari jenis produk yang sedang dikerjakan.

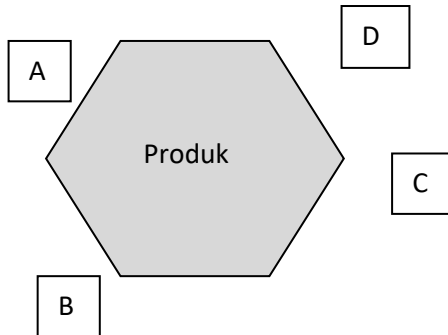
- Perpindahan material yang kompleks sehingga meningkatkan risiko benturan saat transfer material
- Memerlukan sistem penjadwalan dan sistem monitor yang ketat agar target produksi dapat tercapai tepat waktu
- Pada umumnya biaya produksi yang dibutuhkan lebih besar



Gambar 7. Process Layout

c. Fixed Layout

Fixed layout biasanya digunakan untuk proyek pembuatan produk yang berukuran besar. Produk tidak berpindah, namun yang berpindah adalah mesin atau alat produksi di sekitarnya (Gambar 8). Contohnya adalah proses produksi kapal di galangan, atau pembuatan gedung.



Gambar 8. Fixed Layout

Kelebihan fixed layout:

- Fokus pada satu produk sehingga memudahkan pengaturan dan kontrol hasil produksi
- Memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dan memungkinkan pergantian mesin dan alat dalam waktu yang singkat
- Ideal untuk pembuatan produk yang berukuran besar

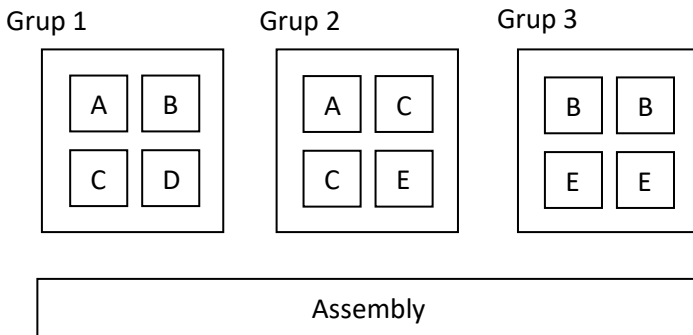
Kekurangan fixed layout

- Memerlukan tenaga ahli yang banyak
- Sulit untuk menduplikasi hasil produksi di tempat yang lain

Memiliki banyak risiko yang tak terduga dikarenakan kondisi alam, perubahan material, kebijakan yang berubah, dan seterusnya.

d. Group / Cell Layout

Group layout merupakan perpaduan antara product dan process layout (Gambar 9). Layout ini banyak digunakan pada sistem batch, di mana tingkat fleksibilitasnya sedang namun kestabilannya juga terjaga. Manajemen sistemnya disebut dengan group technology, di mana komponen-komponen dengan dimensi atau bentuk yang memiliki kesamaan proses akan ditempatkan pada satu grup. Layout ini mampu untuk membuat berbagai produk yang kompleks seperti produk otomotif dan elektronik.



Gambar 9. Group Layout

Kelebihan group layout:

- Memiliki kemampuan untuk mengalirkan material dengan lancar, namun mengadopsi fleksibilitas di waktu yang sama
- Sangat adaptif terhadap perubahan teknologi
- Dapat memanfaatkan ruangan yang terbatas dengan variasi produk yang cukup tinggi

Kekurangan group layout:

- Memerlukan sistem produksi yang mapan dan jumlah mesin produksi yang memadai
- Investasi yang besar di awal
- Tanpa bantuan teknologi dan sistem informasi maka layout ini cukup rumit untuk dikelola.

3.4 Evaluasi Bab 3

Berikan jawaban-jawaban yang terbaik untuk pertanyaan di bawah ini.

1. Mengapa keberadaan industri pemasok di sekitar lokasi merupakan salah satu aspek yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik?
2. Apa kelebihan metode BEA dibandingkan metode WT, dan sebaliknya?
3. Dapatkah sebuah gedung bekas sekolah dipakai untuk pabrik? Jelaskan!
4. Layout apa yang dipakai untuk pengerjaan produksi dengan sistem proyek? Mengapa?
5. Layout apa yang dipakai jika kita hendak membuat sebuah pabrik pakaian? Jelaskan!

Diskusikan bersama teman atau kelompok anda tentang studi kasus di bawah ini.

Buatlah sebuah analisis pemilihan lokasi pabrik dengan metode WT untuk sebuah pabrik makanan kecil untuk anak-anak dengan bahan baku singkong di Lampung. Pilihlah setidaknya 3 lokasi dengan mempertimbangkan aspek harga tanah, kedekatan dengan sumber bahan baku, akses ke kota (Bandar Lampung), akses ke pelabuhan serta ketersediaan perumahan bagi pekerja. Gunakan data-data riil untuk menentukan penilaian anda untuk setiap lokasi, didukung dengan bukti-bukti dari internet.



4 – MANAJEMEN PRODUK

4.1 Pendahuluan

Pada bab sebelumnya telah dipelajari pengelolaan gedung dan sistem peletakan mesin-mesin produksi. Pada bab ini peserta ajar akan mempelajari tentang produk yang akan dibuat, di mana pengelolaan produk dengan berbagai perniknya juga merupakan titik unggul dari sebuah industri manufaktur. Produk yang inovatif dan menjawab kebutuhan konsumen, merupakan beberapa ciri utama produk yang banyak dipilih oleh konsumen pada hari ini. Dengan semakin banyaknya pilihan produk serta permintaan konsumen yang senantiasa berubah, maka pengetahuan tentang manajemen produk menjadi salah satu cabang ilmu untuk dipelajari.

4.2 Perkembangan Variasi Produk dan Segmen Market

Pernahkah kita memperhatikan produk-produk di sekitar kita, dengan berbagai variasinya? Ada produk yang sudah ada sejak lama dan bentuknya tidak berubah. Ada produk lama, namun

bentuknya sudah kesekian kalinya berubah dan mengalami banyak penambahan fitur. Ada pula produk-produk yang hanya eksis dalam waktu yang singkat, setelah itu tidak terlihat lagi di pasaran.

Setelah kita mempelajari materi pada bab ini, maka peserta ajar diharapkan dapat lebih memahami fenomena yang terjadi terkait produk-produk yang ada di sekitarnya, sehingga wawasan yang diperoleh dapat diaplikasikan pada dunia kerja nantinya. Setiap perusahaan memiliki manajemen produk atau *product management*, yang dengannya mereka merancang, melakukan launching, serta mengevaluasi produk yang mereka buat, untuk kemudian dilakukan pengembangan lebih lanjut. Terkait dengan ini maka kita juga mengenal istilah perancangan produk dan pengembangan produk. Pengembangan produk memiliki makna yang lebih luas, di mana proses pengembangan juga meliputi kegiatan monitoring dan perbaikan produk, sedangkan perancangan produk adalah proses yang dilakukan untuk menentukan bentuk, dimensi dan spesifikasi lainnya dari sebuah produk yang akan diluncurkan. Pembahasan lebih detil tentang tahapan perancangan produk akan dibahas bagian selanjutnya.

Yang perlu diperhatikan adalah banyaknya variasi produk dan perkembangannya tadi merupakan sebuah skenario yang telah direncanakan dengan baik oleh produsen, dengan memperhatikan kebutuhan dan keinginan segmen pasar yang dijadikan sasaran. Apa itu segmen pasar? Pasar atau market secara sederhana dapat diartikan sebagai masyarakat yang berpotensi untuk membeli produk. Namun pasar ini sangat luas sehingga sulit untuk dianalisis kebutuhan dan keinginannya, sehingga perlu dipersempit agar kebutuhan dan keinginannya dapat dianalisis secara lebih akurat.

Berikut ini adalah beberapa contoh segmen pasar untuk produk sepatu, misalnya:

- a. Segmen pasar ibu-ibu muda sosialita
- b. Segmen anak laki-laki berusia 4-6 tahun

- c. Segmen lelaki dewasa yang berprofesi sebagai eksekutif perkantoran
- d. Segmen pemain basket yang mengidolakan pemain basket NBA

Para pemain industri pada hari ini telah menyadari bahwa produk yang terlalu umum, atau tidak menysasar suatu segmen secara khusus, justru saat ini tidak terlalu diminati. Kalau dahulu masyarakat terbiasa di kamar mandinya hanya ada 1 jenis shampo untuk digunakan Bersama seluruh anggota keluarga, namun hari ini setidaknya ada beberapa botol shampo untuk anggota keluarga yang berbeda. Dan untuk beberapa jenis produk, segmentasi pasarnya sangat spesifik, seperti yang diilustrasikan pada contoh segmen pasar sepatu di atas.

4.3 Dasar Perancangan Produk

Tahapan perancangan produk secara umum terdiri dari beberapa tahap yaitu (Ulrich & Eppinger, 2008):

- a. Pencarian ide

Ide yang dimaksud di sini bisa berupa ide baru dari nol, maupun ide perbaikan dari produk yang sudah ada. Sarana pencarian ide bisa melalui proses diskusi dan brainstorming, mempelajari produk kompetitor, atau melakukan analisis kebutuhan konsumen melalui survey dan observasi. Namun detil dari metode-metode ini tidak dibahas di dalam buku ini. Hasil akhir dari pencarian ide dapat mengerucut pada 2 atau 3 calon konsep yang nantinya akan diputuskan menjadi 1 konsep final.

- b. Pembuatan konsep

Setelah didapatkan rumusan ide, maka Langkah selanjutnya adalah mengelaborasi ide-ide tersebut menjadi 1 konsep final, termasuk di dalamnya adalah *positioning* produk di antara para kompetitor dan perumusan value produk. Hasil akhir dari proses disebut dengan mission statement.

c. Pembuatan detil rancangan

Dari gambaran umum yang tercantum pada mission statement, konsep produk dikembangkan menjadi detil dimensi, bentuk, material hingga spesifikasi teknisnya. Pada tahap ini para insinyur akan menerjemahkan setiap kebutuhan konsumen menjadi angka-angka spesifikasi seperti seberapa besar kekuatan poros, skala kecepatan yang bisa dicapai, atau ketahanan terhadap perubahan temperature, dan sebagainya. Hasil akhir dari proses ini adalah model produk secara lengkap, dan biasanya sudah siap dengan simulasi perhitungan operasional produk.

d. Pembuatan prototype dan ujicoba

Pembuatan prototype merupakan tahap di mana produk dibuat dalam jumlah terbatas untuk keperluan uji pasar, dan belum secara resmi diluncurkan. Tahap ini diperlukan untuk menguji asumsi-asumsi yang sebelumnya dibuat, serta mendapatkan berbagai situasi yang sebelumnya belum diperhitungkan.

e. Launching produk

Produk diluncurkan ke pasar.

Setelah hasil ujicoba prototype dianggap memenuhi ekspektasi dari tim perancang, maka produk siap diluncurkan ke pasar. Di fase ini proses produksi sesuai dengan hasil perkiraan produksi akan dimulai, dan proses monitoring produk akan dilakukan berdasarkan respon konsumen sejak produk tersebut diluncurkan.

4.4 Analisis Kebutuhan Konsumen

Metode perancangan produk secara lengkap tidak dibahas dalam buku ini, namun di sini akan dibahas secara ringkas tentang analisis kebutuhan konsumen, yang merupakan salah satu aktivitas krusial di awal tahap perancangan. Tujuan dari aktivitas analisis kebutuhan konsumen ini adalah mendapatkan daftar prioritas kebutuhan konsumen untuk dimasukkan ke dalam spesifikasi produk, agar produk nantinya dapat diterima oleh

konsumen. Secara umum, beberapa metode yang sering dipakai untuk mendapatkan kebutuhan konsumen antara lain adalah:

a. Observasi

Kegiatan observasi meliputi proses pengamatan saat konsumen menggunakan produk, di mana konsumen dapat menunjukkan ekspresi ketidakpuasan, kesalahan yang berulang saat penggunaan, atau sebaliknya ekspresi kepuasan serta keberhasilan dalam penggunaan produk. Para observer biasanya berada pada lokasi di mana produk yang diobservasi banyak digunakan, tanpa kemudian berinteraksi langsung dengan para konsumen. Data yang didapatkan merupakan data kualitatif, yaitu pengalaman riil dari para konsumen saat berinteraksi dengan produk.

b. Survey / kuesioner

Survey / kuesioner dapat dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif maupun kualitatif. Data kuantitatif dapat diperoleh dengan melakukan survey kepuasan konsumen berbasis skala penilaian 1 – 5, misalnya. Sedangkan data kualitatif dapat menggunakan opsi pilihan yang bukan berupa angka. Yang perlu diperhatikan dalam survey adalah pemilihan sampel dari populasi yang tepat. Misalnya untuk produk sepeda gunung, maka harus dipastikan bahwa orang-orang yang diminta untuk mengisi kuesioner tersebut adalah orang-orang yang memiliki pengalaman berinteraksi dengan sepeda gunung agar hasil kuesionernya menjadi akurat. Selain itu jumlah sampel harus memenuhi syarat, biasanya dengan menggunakan formula Slovin sebagaimana tersaji pada persamaan 2.

$$n = \frac{N}{1+Ne^2} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana:

n = jumlah sampel

N = jumlah populasi

e = error

c. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada sejumlah orang dari populasi segmen pasar dengan pertanyaan yang struktur, namun juga tidak kaku. Pertanyaan yang digunakan adalah pertanyaan terbuka, sehingga dapat memancing orang yang diwawancarai untuk memberikan respon yang lebih luas, serta menggali permasalahan-permasalahan yang tidak diduga sebelumnya. Untuk proses wawancara tidak disyaratkan jumlah sampel tertentu, namun semakin banyak sampel yang diwawancarai tentunya akan semakin meningkatkan tingkat kepercayaan dari hasil temuan.

d. Online review

Pada masa sekarang selain metode-metode yang telah dikenal sebelumnya, telah berkembang sebuah metode baru untuk menganalisis kebutuhan konsumen, walaupun tingkat akurasi masih didiskusikan oleh para pakar. Metode baru ini adalah dengan mencermati hasil online review seperti yang dilakukan oleh google, review marketplace, komentar di youtube, dan beberapa situs lainnya. Produsen dapat mengakses data ini secara gratis walaupun seringkali data yang didapatkan tidak terstruktur.

Beberapa metode di atas dapat dipergunakan salah satunya atau dipergunakan secara bersamaan sebagai kombinasi untuk mendukung satu sama lain.

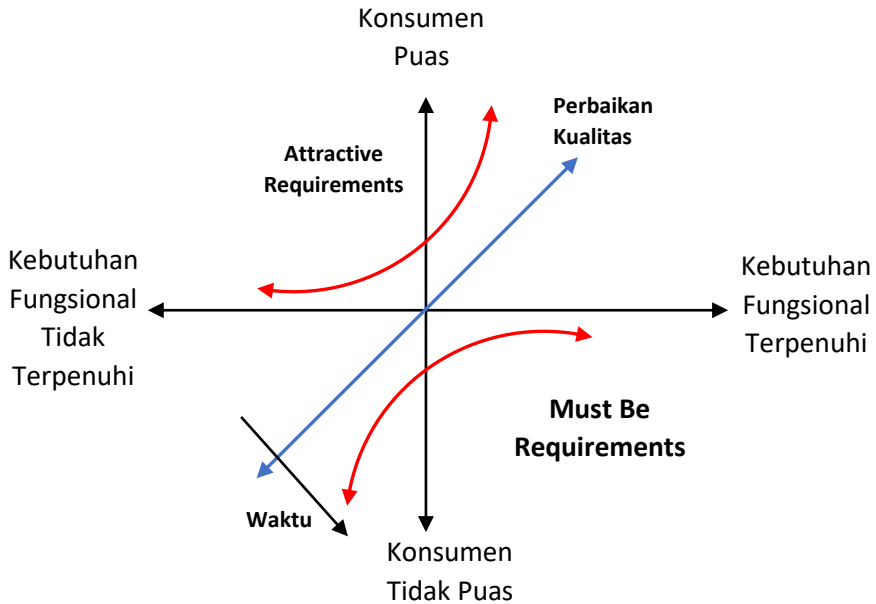
4.5 Metode Kano

Metode Kano merupakan pendekatan yang dikembangkan oleh Profesor Noriaki Kano dari Universitas Tokyo pada tahun 1980-an, yang bertujuan untuk mengklasifikasikan dan menganalisis preferensi pelanggan terhadap fitur-fitur produk. Tujuan utama dari Metode Kano adalah untuk membantu perancang produk dalam memahami kebutuhan dan preferensi pelanggan dengan lebih mendalam. Dengan memahami jenis-jenis fitur yang berbeda, perancang dapat mengalokasikan sumber daya mereka

secara efektif untuk mengembangkan produk yang memenuhi harapan pelanggan, bahkan melebihi ekspektasi mereka.

Metode Kano didasarkan pada konsep bahwa tidak semua fitur produk memiliki dampak yang sama terhadap kepuasan pelanggan (Gambar 10). Kano mengklasifikasikan fitur-fitur ini ke dalam tiga kategori utama (Li et al., 2022):

- a. **Must Be Requirements / Basic Needs (Kebutuhan Dasar):** Jika fitur-fitur yang termasuk dalam kategori ini ada pada sebuah produk, maka tidak akan menambah kepuasan konsumen karena fitur-fitur ini sudah dianggap wajar melekat pada produk tersebut. Namun jika fitur-fitur tersebut tidak ada, maka konsumen akan merasa kecewa atau bahkan sangat kecewa. Contoh dari fitur ini adalah fasilitas SMS pada handphone, atau fasilitas pengaturan temperatur pada AC.
- b. **One-Dimensional Requirements /Performance Needs (Kebutuhan Kinerja):** Fitur-fitur ini memiliki hubungan linier dengan kepuasan pelanggan. Semakin baik kinerja fitur-fitur ini, semakin tinggi kepuasan pelanggan. Namun, kurangnya fitur ini tidak akan menghasilkan ketidakpuasan yang signifikan jika tidak ada harapan terhadapnya. Contoh dari fitur ini adalah fasilitas SMS pada handphone, atau fasilitas pengaturan temperature pada AC.
- c. **Attractive Requirements / Excitement Needs (Kebutuhan Kepuasan):** Fitur-fitur ini tidak diduga oleh konsumen dan sering kali merupakan inovasi atau kejutan. Kehadiran fitur-fitur ini dapat memberikan kepuasan yang besar kepada pelanggan dan membedakan produk dari pesaing. Contohnya adalah fitur-fitur yang memberikan pengalaman tambahan atau nilai estetika yang tinggi.



Gambar 10. Identifikasi Kebutuhan Konsumen dengan Metode Kano

Untuk mengimplementasikan metode ini pada proses pengembangan produk, maka tim pengembang dapat melakukan membuat daftar fitur-fitur yang direncanakan pada sebuah produk, kemudian menanyakan pendapat calon konsumen melalui kuesioner. Ada 2 jenis pertanyaan yang diberikan kepada pengisi kuesioner terkait sebuah fitur, yaitu pertanyaan positif dan negatif. Berarti jika ada 20 fitur yang dianalisis, maka akan ada total 40 pertanyaan. Contoh pertanyaan yang diberikan adalah sebagaimana di bawah ini.

- a. Pertanyaan positif:
Bagaimana perasaan anda jika pada produk ini terdapat fitur 1?
Ops: a. Suka b. Harus c. Netral d. Boleh e. Tidak suka
- b. Pertanyaan negatif:
Bagaimana perasaan anda jika pada produk ini **tidak** terdapat fitur 1?
Ops: a. Suka b. Harus c. Netral d. Boleh e. Tidak suka

Setelah kuesioner ini dilakukan, maka kita dapat mengklasifikasikan apakah fitur-fitur tersebut termasuk dalam kategori A (Attractive), M (Must-be), O (One-dimensional), R (Reverse), Q (Questionable) atau I (Indifference).

Tabel 4. Evaluasi Metode Kano

Kebutuhan Konsumen		Pertanyaan Disfungsional / Negatif				
		Suka	Harus	Netral	Boleh	Tidak Suka
Pertanyaan Fungsional / Positif	Suka	Q	A	A	A	O
	Harus	R	I	I	I	M
	Netral	R	I	I	I	M
	Boleh	R	I	I	I	M
	Tidak Suka	R	R	R	R	Q

Tabel 5. Rekapitulasi Metode Kano

Fitur	A	M	O	R	Q	I	Total
Fitur 1							
Fitur 2							
Fitur 3							
...							

Kategori A, M dan O telah kita ketahui sebelumnya berdasarkan penjelasan sebelumnya. Untuk kategori R, fitur ini saat ada justru menimbulkan ketidakpuasan pada konsumen, karena itu harus dihilangkan. Kategori I menunjukkan bahwa fitur ini tidak penting bagi konsumen, ada atau tidak adanya tidak terlalu memiliki pengaruh. Namun agar hasil analisis menjadi lebih akurat, kategori I harus dicermati dari persentase yang menjawab suka akan keberadaannya, dan seterusnya. Sedangkan kategori Q adalah hasil jawaban yang invalid karena bertentangan antara hasil pertanyaan positif dan negatif atau tidak kongruen. Kategori Q dapat terjadi karena orang yang mengisi kuesioner bisa jadi tidak teliti, atau mungkin tidak serius dalam mengisi

kuesionernya. Setelah jawaban dari semua pengisi kuesioner diolah, maka hasilnya dapat direkapitulasi dalam Tabel 5.

Manfaat Penggunaan Metode Kano:

- a. Memahami Kebutuhan Pelanggan: Metode Kano membantu dalam mengidentifikasi kebutuhan dan preferensi pelanggan dengan lebih baik, sehingga memungkinkan perancang untuk merancang produk yang sesuai dengan harapan mereka.
- b. Prioritisasi Fitur-produk: Dengan memahami perbedaan antara berbagai jenis fitur, perancang dapat memprioritaskan pengembangan dan alokasi sumber daya sesuai dengan dampak yang diharapkan terhadap kepuasan pelanggan.
- c. Inovasi Produk: Melalui identifikasi kebutuhan pelanggan yang tidak terpenuhi, Metode Kano dapat menjadi sumber inspirasi untuk inovasi dan pengembangan produk yang baru dan berbeda dari yang ada di pasar.

4.6 Bill of Material (BOM)

Perancangan produk secara detail dapat dilakukan setelah analisis kebutuhan konsumen selesai dilaksanakan. Perancangan produk nantinya akan menentukan secara rinci beberapa poin berikut:

- a. Bentuk dan dimensi produk
- b. Tekstur dan warna permukaan
- c. Jenis material yang dipakai
- d. Kekuatan, kekerasan permukaan, serta sifat-sifat mekanik lainnya
- e. Metode penyambungan atau perakitan antar komponen

Tahapan perancangan produk tidak dibahas pada buku ini. Namun hasil dari perancangan produk ini biasanya akan berupa beberapa dokumen yang terkait satu sama lainnya, di antaranya walaupun tidak terbatas di dalamnya adalah:

- a. Gambar Teknik
Memberikan informasi dalam bentuk dokumen 2 dimensi, biasanya dicetak dalam kertas putih atau kertas kalkir.

Informasi yang tercakup di dalamnya sebenarnya sudah cukup lengkap seperti bentuk, dimensi, jenis material dan kebutuhan akan pengerjaan khusus pada komponen produk. Namun gambar teknik tidak selalu mudah untuk dipahami oleh orang awam karena menggunakan simbol dan metode penggambaran khusus.

b. Model 3D – exploded view

Untuk menutupi kekurangan gambar teknik seperti dijelaskan sebelumnya, maka dewasa ini para insinyur telah menggunakan model 3D yang dapat disajikan melalui komputer, sehingga produk hasil rancangan dapat dilihat dari berbagai sisi. Hal ini membuat model 3D mudah dipahami bahkan bisa mensimulasikan gerak atau fungsi produk dengan piranti lunak tertentu. Selain itu produk juga dapat disajikan dalam mode exploded view untuk menyajikan informasi produk per komponen dengan lebih jelas. Untuk melihat contoh exploded view, dapat dicari pada mesin pencari di internet.

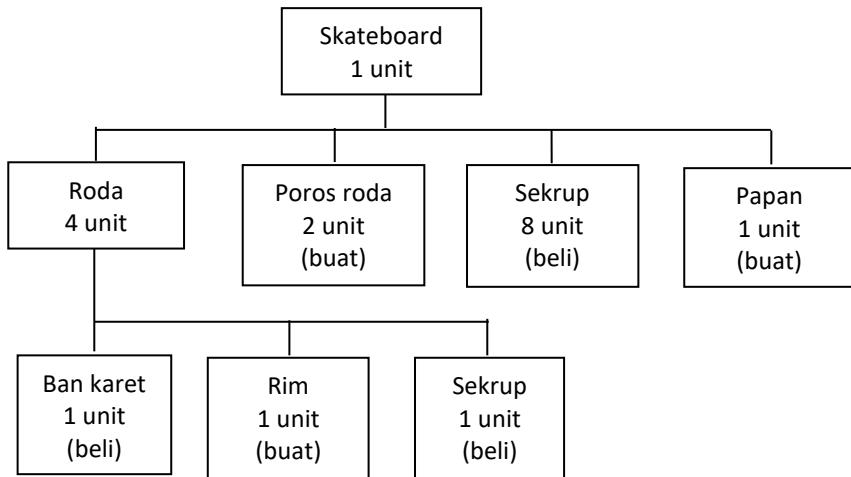
c. Bill of Material

Bill of Material atau BOM merupakan dokumen yang menggambarkan rincian kebutuhan material dari sebuah produk. BOM akan sangat membantu dalam pembuatan rencana pembelian material serta proses produksi, termasuk pada saat merancang klasifikasi komponen dalam konsep group technology.

d. Simulasi gerak dan data uji sifat produk

Pada beberapa piranti lunak perancangan sudah terdapat fitur tambahan untuk menganalisis kekuatan dan melakukan simulasi gerak model 3D yang telah dibuat. Hal ini akan sangat membantu untuk melakukan analisis lebih lanjut dari kualitas produk yang dirancang.

Pada sub bab ini akan disajikan secara lebih detil terkait BOM. Contoh BOM dalam bentuk model pohon (tree) dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Bill of Material Model Pohon

BOM yang ditampilkan di atas masih amat mendasar, di mana bom tersebut dapat memperlihatkan secara sederhana kebutuhan material dari sebuah produk, kemudian menjelaskan keputusan perusahaan untuk membeli atau membuat komponen yang dibutuhkan tersebut. Namun BOM juga dapat dilengkapi dengan lebih banyak informasi misalnya:

- a. Nama dan kode komponen
- b. Deskripsi komponen
- c. Jenis material
- d. Level BOM
- e. Satuan ukuran
- f. Volume
- g. Keputusan beli atau buat (berikut metode pengadaannya)
- h. Nama divisi penanggungjawab atau nama pemasok komponen
- i. Estimasi biaya

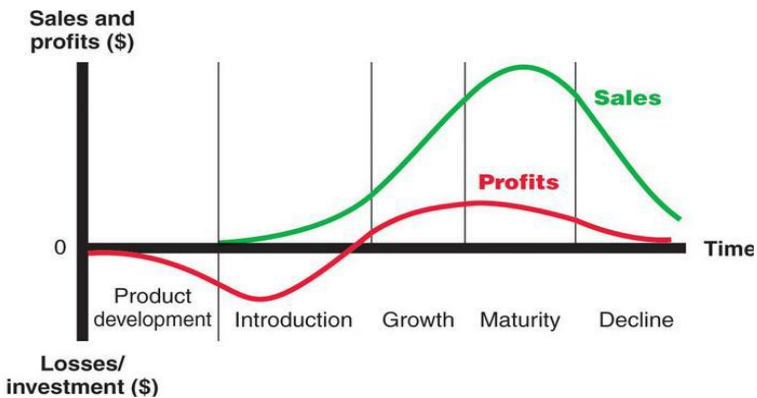
BOM yang lebih lengkap seperti ini dapat disajikan dalam bentuk tabel sehingga dapat memuat lebih banyak informasi yang dibutuhkan untuk proses perencanaan produksi, sebagaimana yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

Tabel 6. Contoh BOM dalam Tabel

BOM Level		Kode	Nama	Qty	Desc	Biaya
0			Skateboard	1		
	1	C002	Papan	1		
	1	C003	Poros	2		
	1	C004	Roda	4		
	1	C005	Sekrup X	8		
		2	CL01	Ban	4	
		2	CL02	Rim	4	
		2	CL03	Sekrup Y	4	

4.7 Siklus Hidup Produk

Dalam rangkaian aktivitas manajemen produk, maka produsen juga perlu untuk memahami siklus hidup dari produk yang dibuatnya untuk membuat perencanaan produksi yang tepat. Yang dimaksud dengan siklus hidup produk adalah fase-fase yang dilalui oleh sebuah produk dimulai dari fase pengembangan, fase peluncuran / launching, fase pemasaran sampai akhirnya produk tersebut tidak lagi diproduksi (Cao & Folan, 2012). Gambaran dari keseluruhan siklus hidup sebuah produk dan komparasinya dengan biaya yang dikeluarkan oleh produsen dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 12. Siklus Hidup Produk

Pada Gambar 12 dapat terlihat dua sumbu yang menggambarkan siklus hidup produk, yaitu sumbu horizontal yang menunjukkan waktu sedangkan sumbu vertikal menunjukkan tingkat penjualan serta pendapatan (di atas sumbu horizontal = 0) atau pengeluaran (di bawah sumbu horizontal = 0) dari produsen secara finansial. Garis hijau menunjukkan tingkat penjualan produk, sedangkan garis merah menunjukkan level finansial. Terdapat 5 fase yaitu fase pengembangan produk, introduction, growth, maturity dan decline. Keterangannya adalah sebagai berikut.

a. Fase Pengembangan Produk

Ini adalah fase analisis kebutuhan konsumen dan perancangan produk sebagaimana yang telah kita bahas sebelumnya. Pada fase ini belum ada penjualan sehingga produsen juga tidak mendapatkan pendapatan, justru terdapat pengeluaran untuk proses pengembangan yang meliputi biaya pekerja, biaya penelitian, pembuatan prototype dan lainnya. Hal ini menyebabkan kurva merah turun berada di bawah horizontal = 0 dan merupakan posisi investasi dan 'minus' secara finansial.

b. Fase Introduction

Setelah fase pengembangan produk selesai dan produk mulai diluncurkan, maka penjualan mulai terjadi dan pendapatan mulai ada. Namun di fase awal ini biasanya cukup banyak pengeluaran untuk proses peluncuran yang meliputi biaya iklan, event dan endorse, sehingga secara finansial pada fase ini biasanya masih minus. Namun jika penjualan terus positif maka diharapkan pada fase ini akan tercapai break-even point (BEP) yaitu di mana biaya-biaya pada proses pengembangan dan peluncuran akan tertutupi secara impas oleh perolehan penjualan. Pada grafik ditandai saat kurva merah tepat menyentuh sumbu horizontal = 0.

c. Fase Growth

Setelah produk mulai dikenal oleh pasar dan penjualan terus meningkat, maka perbandingan antara pendapatan dan pengeluaran akan mulai menjadi positif sehingga produsen

mulai mendapatkan profit. Fase inilah yang dikenal sebagai fase growth atau pertumbuhan. Pada fase ini aktivitas pemasaran serta observasi produk tetap dilakukan, dengan harapan bahwa penjualan masih terus dapat ditingkatkan.

d. Fase Maturity

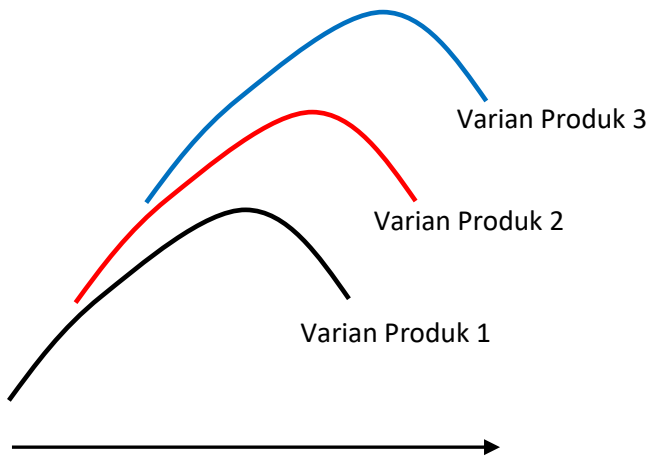
Fase maturity atau fase kedewasaan adalah saat produk telah dikenal oleh pasar dan penjualan telah mencapai puncaknya.

e. Fase Decline

Setelah puncak penjualan, maka produsen dapat mengamati kapan saat nilai penjualan ini menurun dan kemudian tidak naik lagi, inilah yang disebut sebagai fase decline atau penurunan. Ini adalah sifat alami dari sebuah produk, yang tidak harus dihindari namun disiasati dengan baik agar produsen tetap bertahan dalam bisnis. Pada akhirnya produk akan tidak terjual lagi dan stok pun akan habis atau tersisa namun tetap tidak terjual. Ini adalah akhir dari siklus hidup sebuah produk.

Siklus hidup untuk setiap jenis berbeda. Ada produk yang memiliki siklus hidup yang sangat Panjang, di mana mungkin kita pernah melihat produk tersebut sudah ada dari dulu hingga sekarang tetap tidak berubah dan masih ada yang membeli. Sebaliknya ada produk yang siklusnya sangat pendek. Namun tidak selalu produk yang siklus hidupnya pendek ini buruk dari sudut pandang bisnis. Bahkan beberapa jenis produk pada saat ini sengaja untuk diperpendek siklus hidupnya, dengan tujuan agar terjadi pembelian produk yang baru lagi.

Maka pada hari ini produsen memiliki semboyan: 'daripada produk kita dibunuh oleh kompetitor, maka lebih baik kita sendiri yang membunuhnya'. Maksud dari semboyan ini adalah untuk mengakhiri siklus hidup produk lama, maka produsen perlu untuk senantiasa melakukan inovasi dan memunculkan varian baru untuk menjawab kebutuhan konsumen yang cepat berubah. Strategi ini dapat dilihat melalui grafik siklus hidup produk yang bertumpuk seperti yang ditampilkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Siklus Hidup Produk Bertumpuk

Dari ilustrasi tersebut kita dapat melihat bahwa proses pengembangan varian produk baru telah mulai dilakukan pada saat produk lama masih berada pada fase growth, tidak menunggu fase dewasa apalagi fase decline. Dengan demikian produsen senantiasa mendapatkan penjualan puncak sepanjang tahun dari varian produk yang berbeda. Ini adalah strategi manajemen produk yang telah banyak dilakukan oleh industri dewasa ini, yang menyebabkan konsumen terkadang begitu banyak mendapatkan informasi terkait produk-produk di sekitarnya. Contoh produk dengan siklus hidup yang amat pendek seperti ini misalnya adalah produk smartphone, di mana jarak waktu antara varian yang lama dengan yang berikutnya hanya beberapa bulan saja.

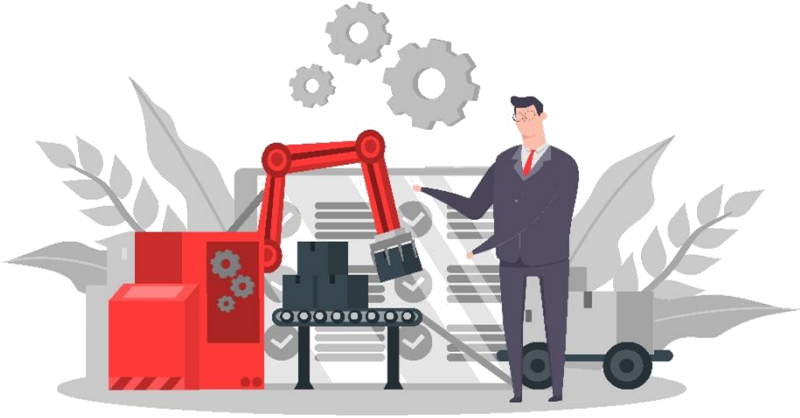
4.8 Evaluasi Bab 4

Berikan jawaban-jawaban yang terbaik untuk pertanyaan di bawah ini.

1. Jelaskan perbedaan antara konsep pengembangan dan perancangan produk!
2. Jelaskan segmen-segmen pasar yang ada pada pasar sepeda motor pada saat ini. Merk dan tipe apa yang ditargetkan untuk setiap segmen tersebut?
3. Apa fungsi dari penggunaan metode Kano pada proses perancangan produk?
4. Apa yang dimaksud dengan produk memiliki siklus hidup yang pendek? Berikan contoh produknya serta analisis singkat mengapa siklus hidupnya pendek!
5. Apa yang dimaksud dengan strategi siklus hidup bertumpuk pada pengembangan produk

Diskusikan bersama teman atau kelompok anda tentang studi kasus di bawah ini.

Buatlah sebuah analisis kebutuhan konsumen pada produk motor listrik. Buatlah daftar fitur-fitur yang sekiranya dibutuhkan pada sebuah motor listrik, kemudian lakukan survey singkat kepada setidaknya 20 orang teman anda dengan menggunakan metode Kano. Presentasikan hasil temuan anda di depan kelas, dengan menjelaskan fitur-fitur mana yang akan dimasukkan ke dalam produk rancangan baru, dan fitur mana yang tidak dimasukkan.



5 – PERENCANAAN DAN EVALUASI PRODUKSI

5.1 Pendahuluan

Perencanaan dan pengendalian produksi adalah bahasan yang amat penting dalam keilmuan manajemen manufaktur. Di industri, pekerjaan ini biasanya ditangani oleh divisi PPIC atau Production Planning and Inventory Control, menggunakan metode-metode yang sudah baku dan dibantu oleh piranti lunak komputer. Pada bab ini akan dibahas konsep peramalan, perencanaan serta pengendalian produksi untuk tingkat dasar, sehingga para peserta ajar diharapkan memiliki pemahaman yang baik saat menangani pekerjaan yang terkait nantinya di dunia kerja.

5.2 Peramalan Produksi / Forecasting

Secara khusus dalam konteks manufaktur, forecasting adalah proses untuk memperkirakan jumlah produk yang akan dibuat pada periode tertentu, sehingga dalam waktu bersamaan memprediksi kebutuhan akan berbagai sumber daya dan

komponen produksi di masa depan berdasarkan analisis data historis, tren pasar, permintaan pelanggan, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi produksi. Tujuan utama dari aktivitas forecasting dalam manufaktur adalah untuk membantu perusahaan merencanakan produksi secara efisien, mengelola persediaan dengan tepat, mengatur kapasitas produksi, dan mengantisipasi fluktuasi permintaan pasar.

Dengan demikian kita dapat merinci bahwa perusahaan manufaktur dapat melakukan beberapa hal di bawah ini melalui forecasting:

- a. Merencanakan volume produksi: memperkirakan jumlah produk yang harus diproduksi dalam periode tertentu berdasarkan kondisi pasar, permintaan pelanggan dan estimasi penjualan.
- b. Mengelola logistik: mengantisipasi kebutuhan suplai bahan baku, suku cadang, dan komponen lainnya untuk menghindari kelebihan atau kekurangan persediaan yang dapat menyebabkan biaya tambahan atau gangguan produksi.
- c. Perencanaan sumber daya: memutuskan kapasitas faktor produksi yang diperlukan untuk memenuhi permintaan pasar yang diproyeksikan, termasuk pengaturan mesin produksi, peralatan pendukung dan tenaga kerja.
- d. Seleksi pemasok dan perencanaan sistem distribusi: mengestimasi kebutuhan pemasok dan rute distribusi berdasarkan proyeksi produksi dan permintaan pelanggan.

Dengan menggunakan data historis dan teknik forecasting yang tepat, perusahaan manufaktur dapat mengurangi risiko ketidakpastian, meningkatkan efisiensi operasional, dan meningkatkan responsibilitas terhadap perubahan pasar.

Berikutnya kita akan mengkaji beberapa metode yang sering dipakai dalam forecasting. Contoh yang diberikan di buku ini merupakan contoh-contoh dasar, sedangkan aplikasi di lapangan dapat menjadi lebih kompleks sesuai dengan karakter industri dan pasar.

Pada dasarnya peramalan dapat diklasifikasikan dalam 2 metode umum, yaitu metode kualitatif dan metode kuantitatif (Suhardi, 2018).

- a. Metode Kualitatif: metode peramalan yang berbasis pada intuisi dan penilaian subyektif dari seseorang atau sekelompok orang yang dianggap pakar atau memiliki wewenang dalam bisnis tersebut. Intuisi ini bisa muncul dari pengalaman maupun analisis pasar yang penuh dengan ketidakpastian, atau pada saat perusahaan hendak meluncurkan produk baru sehingga belum memiliki data historis penjualan sebelumnya. Dalam pengembangannya, beberapa pakar telah membuat sistematika metode kualitatif sehingga menjadi lebih ilmiah dan lebih dapat diterima secara obyektif, misalnya dengan menggunakan pendekatan SWOT (analisis Strength, Weakness, Opportunity dan Threats) serta teknik Delphi yang menggunakan survey dan analisis para pakar terhadap hasil survey tersebut.
- b. Metode Kuantitatif: metode peramalan jenis ini menggunakan data-data produksi atau penjualan sebelumnya sebagai bahan analisis penentuan volume produksi berikutnya. Metode ini masih terbagi lagi menjadi beberapa metode khusus, di mana di dalam buku ini akan disajikan beberapa contoh metode dasar yang mudah untuk digunakan, namun selain itu masih ada metode lain yang lebih kompleks dan akurat, bahkan terus berkembang seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan.

1) Metode Naif

Metode ini menganggap bahwa prediksi volume produksi periode berikutnya adalah sama dengan periode terakhir, tanpa memperhitungkan efek dari aspek yang lain. Contohnya diberikan pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Forecasting dengan Metode Naif

Bulan	Jan	Feb	Maret	April	Mei
Volume Penjualan	1210	1090	1322	1225	1156
Estimasi Produksi	-	1210	1090	1322	1225

2) Metode Simple Average (SA)

Metode ini memperkirakan volume produksi dengan menghitung rata-rata seluruh nilai penjualan pada waktu sebelumnya. Contohnya dapat dilihat pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 8. Forecasting dengan Metode SA

Bulan	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni
Volume Penjualan	1210	1090	1322	1225	1156	-
Estimasi Produksi	-	-	-	-	-	1200

3) Metode Simple Moving Average (SMA)

Jika pada metode sebelumnya nilai rata-rata diambil dari keseluruhan data yang tersedia, maka pada metode ini menggunakan data yang terbatas misalnya 3 bulanan atau 5 bulanan, dan nilainya terus bergerak mengikuti penambahan waktu. Berikut ini adalah contohnya.

Tabel 9. Forecasting dengan Metode SMA

Bulan	Penjualan	Est. SMA 3 bulanan	Est. SMA 5 bulanan
Jan	1210	-	-
Feb	1090	-	-
Mar	1322	-	-
Apr	1225	1207,3	-
May	1156	1212,3	-
Jun	1203	1234,3	1200,6
Jul	1006	1194,7	1199,2
Aug	1310	1121,7	1182,4
Sep	1295	1173,0	1180
Oct	1220	1203,7	1194
Nov	1055	1275,0	1206,8

4) Metode Weighted Moving Average (WMA)

Metode ini hampir sama dengan metode SMA, namun data dari setiap waktu dianggap berbeda. Misalnya pada contoh perhitungan estimasi 3 bulanan di bawah ini, di mana bulan-1 (bulan minus 1) diberi bobot 50%, bulan-2 berbobot 30% dan bulan-3 20%. Maka peramalan produksi pada bulan ke-4 adalah penjumlahan dari perkalian bulan-bulan sebelumnya dengan bobot (weight / W) masing-masing.

Tabel 10. Forecasting dengan Metode WMA

Bulan	Penjualan	Est. SMA 3 bulanan					
		W	April	W	Mei	W	Juni
Jan	1210	0,2	242				
Feb	1090	0,3	327	0,2	218		
Mar	1322	0,5	661	0,3	396,6	0,2	264,4
Apr	1225	est.:	1230	0,5	612,5	0,3	367,5
May	1156			est.:	1227,1	0,5	578
Jun	1203					est.:	1209,9

Akurasi nilai forecasting atau peramalan dapat diukur dengan menghitung simpangan / varian yang terjadi antara nilai forecasting dengan nilai penjualan yang terjadi. Perusahaan dapat memilih metode yang paling sesuai dengan kebutuhan, dengan simpangan yang sekecil mungkin. Semakin akurat sebuah proses forecasting, maka ini akan menimbulkan banyak keuntungan, antara lain akan dipaparkan di bawah ini.

- a. Peningkatan layanan terhadap konsumen
Dengan dapat memenuhi permintaan konsumen secara konsisten, perusahaan dapat meningkatkan kepuasan konsumen dan membangun loyalitas jangka panjang.
- b. Meningkatkan efisiensi operasional
Dengan meminimalkan ketidakpastian dalam perencanaan dan pengelolaan operasi, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasionalnya dan mengurangi biaya produksi.
- c. Semakin tepat dalam mengelola logistik

Dengan meramalkan permintaan dengan akurat, perusahaan dapat mengelola logistik dengan lebih baik, menghindari kelebihan stok yang tidak perlu dan kekurangan stok yang merugikan.

d. Meningkatkan ketangguhan organisasi

Dengan memiliki pemahaman yang lebih baik tentang kondisi pasar dan tren industri, perusahaan dapat mengembangkan strategi yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan lingkungan yang terjadi.

Dengan demikian, forecasting bukan hanya merupakan alat prediksi, tetapi juga merupakan bagian integral dari proses pengambilan keputusan dan manajemen risiko yang efektif dalam sebuah organisasi. Dengan menggunakan teknik-teknik forecasting yang tepat dan memperhatikan faktor-faktor yang relevan, perusahaan dapat memanfaatkan keuntungan kompetitif dan mengoptimalkan kinerja operasionalnya di pasar yang dinamis.

5.3 Pemilihan Proses Produksi

Pemilihan proses produksi adalah proses pengidentifikasian dan pemilihan metode atau teknologi yang paling sesuai untuk memproduksi produk tertentu. Ini melibatkan pemahaman mendalam tentang karakteristik produk, spesifikasi teknis, dan kebutuhan pasar, serta evaluasi terhadap berbagai pilihan proses produksi yang tersedia.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan proses produksi:

a. Karakteristik produk

Sifat fisik, dimensi, kompleksitas, dan keunikan produk memiliki dampak langsung pada pilihan proses produksi yang tepat. Produk yang kompleks mungkin memerlukan proses produksi yang lebih fleksibel dan canggih.

b. Volume produksi

Volume produksi merupakan faktor penting dalam menentukan proses produksi yang paling sesuai. Volume

tinggi mungkin menguntungkan untuk menggunakan proses produksi berkelanjutan atau otomatisasi, sementara volume rendah dapat membenarkan penggunaan proses produksi yang lebih kustom dan fleksibel.

- c. **Teknologi yang tersedia**
Ketersediaan teknologi dan peralatan membatasi opsi proses produksi yang dapat digunakan. Pemilihan proses produksi harus mempertimbangkan infrastruktur teknologi yang ada dan kemungkinan investasi tambahan yang diperlukan.
- d. **Kualifikasi tenaga kerja**
Keterampilan dan keahlian tenaga kerja yang tersedia juga mempengaruhi pilihan proses produksi. Pemilihan proses produksi harus sesuai dengan tingkat keterampilan dan kapasitas tenaga kerja yang ada.
- e. **Kebutuhan pelanggan**
Permintaan dan preferensi pelanggan merupakan pertimbangan utama dalam pemilihan proses produksi. Proses produksi harus mampu memenuhi standar kualitas dan waktu yang diinginkan oleh pelanggan.

Tabel 11. Kecocokan Proses dan Bahan Baku

	Cast Iron	Carbon Steel	Alloy Steel	Stainless Steel	Aluminium	Copper Alloys	Zinc Alloys	Thermoplastics	Thermosets
Sand Casting									
Investment Casting									
Die Casting									
Injection Moulding									
Hot Extrusion									
Machining									

Sheet Metal Forming								
Thermoforming								

Pemahaman akan kecocokan antara proses dan material, tipe fitur serta tingkat kompleksitas produk adalah beberapa pertimbangan teknis yang dapat dipelajari dalam bidang keilmuan Teknik Mesin. Untuk itu cukup banyak buku yang dapat dijadikan referensi, di antaranya yang direkomendasikan adalah yang memuat tabel perbandingan sebagaimana disajikan pada Tabel 11 (Boothroyd et al., 2002). Warna sel putih pada tabel menandakan bahwa proses tersebut dapat dilakukan, warna abu-abu terang menandakan bahwa proses tidak direkomendasikan atau ada proses yang lebih baik untuk mengerjakannya, sedangkan warna sel abu-abu gelap menandakan bahwa proses tersebut tidak dapat dilakukan. Selain itu pada Tabel 12 berikut dapat dilihat beberapa karakteristik proses dilihat karakteristik hasil produknya (Boothroyd et al., 2002).

Tabel 12. Karakter Khusus Proses Produksi

Proses	Ukuran produk (umum rata-rata)	Toleransi dimensi (umum rata-rata)	Kualitas permukaan
Sand Casting	Bobot: 0,1 kg - 450 ton Tebal min 3,2 mm	$\pm 0,2$ mm	Cukup
Investment Casting	Bobot: 28 gr - 50 kg Tebal min 0,6 mm	$\pm 0,05$ mm	Baik
Die Casting	Tebal min 0,6 mm	$\pm 0,05$ mm	Baik
Injection Moulding	Tebal min 0,7 mm	$\pm 0,07$ mm	Sangat Baik
Hot Extrusion	Tebal min 1,5% dari circ. Diameter	$\pm 0,2$ mm	Baik

Sebuah komponen bisa jadi diproduksi dengan beberapa alternatif proses produksi. Karena itu perusahaan perlu untuk dapat memilih proses yang terbaik dari berbagai sisi. Berikut ini adalah beberapa strategi untuk mendapatkan proses yang tepat.

a. Analisis produk

Melakukan analisis menyeluruh terhadap karakteristik produk, termasuk spesifikasi teknis, dimensi, dan fitur unik yang mempengaruhi pemilihan proses produksi yang tepat.

b. Evaluasi pilihan proses

Menganalisis berbagai opsi proses produksi yang tersedia, termasuk proses produksi berkelanjutan, batch production, custom manufacturing, dan lainnya, serta membandingkan keunggulan dan keterbatasan masing-masing.

c. Pemodelan dan simulasi

Menggunakan pemodelan dan simulasi untuk memprediksi kinerja berbagai opsi proses produksi dalam berbagai skenario dan kondisi operasional.

d. Pertimbangkan faktor ekonomi

Melakukan analisis biaya-manfaat untuk memastikan bahwa proses produksi yang dipilih memiliki tingkat pengembalian investasi yang sesuai dengan tujuan bisnis dan kebutuhan pasar.

e. Pengambilan keputusan berbasis data

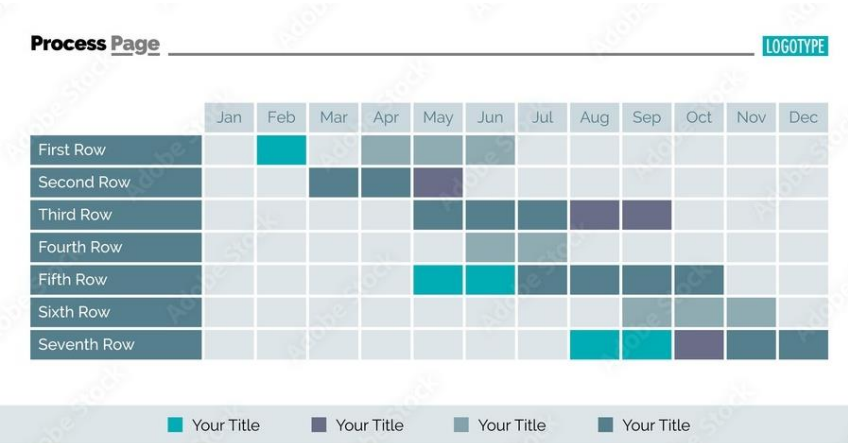
Menggunakan data dan informasi yang akurat untuk membuat keputusan yang rasional dan terukur dalam pemilihan proses produksi, dengan mempertimbangkan risiko dan peluang yang terkait.

5.4 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan merupakan aktivitas yang penting dalam sistem manufaktur, karena dapat menentukan tercapai atau tidaknya target yang telah ditetapkan sebelumnya. Melalui proses penjadwalan dapat diketahui pula kecukupan fasilitas dan alat produksi yang tersedia, yang nantinya dapat berujung pada keputusan atau penambahan alat / mesin produksi. Banyak usaha

mikro kecil dan menengah di Indonesia yang tidak melakukan proses penjadwalan dengan baik, yang berimbas pada tidak tercapainya target pada waktu yang telah ditetapkan. Terutama pada manufaktur dengan sistem MTO atau ETO, hal ini akan membuat konsumen kecewa dan memberikan reputasi yang buruk kepada perusahaan.

Metode penjadwalan akan sangat bergantung pada sistem produksi yang dipakai. Jika memakai sistem MTS atau ATO, maka salah satu metode yang dipakai adalah metode line balancing. Sedangkan jika sistemnya adalah MTO atau ETO, maka dapat dipakai penjadwalan dengan sistem Gantt Chart misalnya (Gambar 14).



Gambar 14. Template Gantt Chart

Sumber: stock.adobe.com (lisensi gratis); akses pada 29/02/2024

Gantt Chart adalah alat visual yang digunakan dalam manajemen proyek untuk menggambarkan jadwal kegiatan serta kemajuan yang telah dicapai dalam proyek tersebut. Nama Gantt Chart diambil dari nama Henry Gantt, seorang insinyur mekanik dan manajer proyek Amerika Serikat yang pertama kali mengembangkan teknik ini pada awal abad ke-20. Pada perkembangannya, Gantt Chart telah dimodifikasi dengan banyak variasi sesuai

kebutuhan, termasuk untuk kebutuhan penjadwalan penggunaan mesin-mesin produksi di pabrik.

Gambar di atas merupakan contoh template Gantt Chart, di mana untuk penjadwalan operasional mesin pabrik, template tersebut dapat diubah dengan menggunakan bagian kolom untuk membuat daftar mesin yang tersedia, kemudian bagian baris (mendatar) berisi waktu penggunaannya. Berikut ini adalah beberapa keuntungan penggunaan Gantt Chart dalam penjadwalan produksi.

- a. Visualisasi jadwal: Gantt Chart menyajikan jadwal proyek secara visual dalam bentuk grafik batang horizontal, yang memungkinkan tim proyek untuk dengan mudah melihat urutan kegiatan, durasi, dan tanggal mulai dan selesai setiap kegiatan. Ini membantu dalam memahami jadwal proyek secara keseluruhan dengan lebih jelas dan cepat.
- b. Penyusunan jadwal yang efektif: dengan Gantt Chart, manajer proyek dapat menyusun jadwal proyek secara sistematis dengan menentukan urutan kegiatan, estimasi waktu, dan ketergantungan antar kegiatan. Ini membantu dalam mengidentifikasi jalur kritis dan memprioritaskan tugas-tugas yang paling penting.
- c. Monitoring kemajuan proyek: Gantt Chart memungkinkan pemantauan kemajuan proyek dengan mudah. Tim proyek dapat memperbarui status kegiatan secara berkala dan membandingkannya dengan jadwal yang telah ditetapkan. Hal ini memungkinkan untuk mengidentifikasi keterlambatan atau perubahan yang terjadi dalam proyek dengan cepat, sehingga tindakan perbaikan dapat diambil sesuai kebutuhan.
- d. Komunikasi yang efektif: Gantt Chart adalah alat komunikasi yang efektif di antara anggota tim proyek, pemangku kepentingan, dan pihak terkait lainnya. Grafik yang jelas dan terstruktur memungkinkan untuk berbagi informasi tentang jadwal proyek dengan mudah dan memastikan bahwa semua pihak terlibat memiliki pemahaman yang sama tentang proyek.

- e. Manajemen sumber daya: dengan menggunakan Gantt Chart, manajer proyek dapat mengelola sumber daya dengan lebih efisien. Mereka dapat melihat bagaimana sumber daya didistribusikan di antara berbagai kegiatan, mengidentifikasi potensi overlapping atau konflik dalam penggunaan sumber daya, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya sesuai kebutuhan.
- f. Perencanaan dan pengaturan ulang: Gantt Chart memungkinkan untuk merencanakan ulang proyek dengan mudah ketika terjadi perubahan dalam kebutuhan atau kondisi proyek. Dengan hanya memodifikasi jadwal yang ada, manajer proyek dapat menyesuaikan rencana proyek sesuai dengan perubahan yang terjadi.

5.5 Line balancing

Pada bagian sebelumnya telah dibahas terkait layout pabrik, dan pada sub bab ini akan lebih jauh dibahas terkait bagaimana layout yang benar dapat secara khusus mempengaruhi produktivitas. Line balancing adalah metode yang digunakan untuk mendistribusikan beban kerja secara merata di berbagai stasiun kerja dalam suatu garis produksi.

Line balancing memiliki peran penting dalam lingkungan manufaktur di mana efisiensi dan produktivitas sangatlah penting. Dengan memastikan setiap stasiun kerja dalam alur produksi bekerja pada kapasitas maksimumnya tanpa menyebabkan bottle neck, maka line balancing diperlukan untuk mengoptimalkan operasi tersebut. Aplikasi dari metode ini akan mengurangi waktu yang tidak produktif dan memperpendek waktu siklus, sehingga sumber daya dapat dioptimalkan dan mengurangi biaya produksi.

Pada intinya, line balancing mengikuti beberapa prinsip dasar:

- a. Distribusi pekerjaan yang merata: Tujuan utama dari line balancing adalah untuk mendistribusikan beban kerja secara merata di antara stasiun kerja untuk mencegah pembebanan

berlebihan pada stasiun tertentu sementara menghilangkan waktu tidak produktif di tempat lain.

- b. Penyusunan berurutan: Stasiun kerja disusun secara berurutan untuk memfasilitasi aliran bahan dan produk yang lancar di sepanjang garis produksi, meminimalkan waktu penanganan dan transportasi.
- c. Optimalisasi waktu siklus: Menyeimbangkan garis melibatkan optimalisasi waktu siklus di setiap stasiun kerja untuk sesuai dengan waktu-waktu maksimum yang diperbolehkan per unit untuk memenuhi permintaan konsumen.
- d. Fleksibilitas dan adaptabilitas: Strategi line balancing harus fleksibel untuk menyesuaikan fluktuasi permintaan pelanggan, perubahan produk, atau kondisi operasional lainnya yang mungkin terjadi.

Beberapa formula yang dipakai pada metode line balancing antara lain adalah sebagai berikut.

- 1. Menghitung jumlah unit kerja minimum untuk penyelesaian target produksi tepat waktu.

$$TM = \frac{\sum t}{c} \text{ (unit) (3)}$$

Di mana:

TM = jumlah stasiun / unit kerja minimal

$\sum t$ = total waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas produksi

c = waktu siklus

Dengan mengetahui jumlah unit kerja minimum maka perusahaan dapat meminimalisir biaya untuk pekerja, dengan mendapatkan hasil kerja yang sesuai dengan target.

- 2. Menghitung idle time, yaitu total waktu non-produktif dari semua unit kerja

$$IT = n.c - \sum t \text{ (menit)(4)}$$

Di mana:

IT = idle time

n = jumlah stasiun / unit kerja

3. Menghitung efisiensi, yaitu rasio atau perbandingan antara waktu produktif dan total waktu

$$E = \frac{\sum t}{n.c} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Di mana

E = efisiensi

4. Menghitung balance delay, kebalikan dari efisiensi

$$BD = 100\% - E (\%) \dots\dots\dots(6)$$

Di mana

BD = balance delay

Contoh Studi Kasus Line Balancing

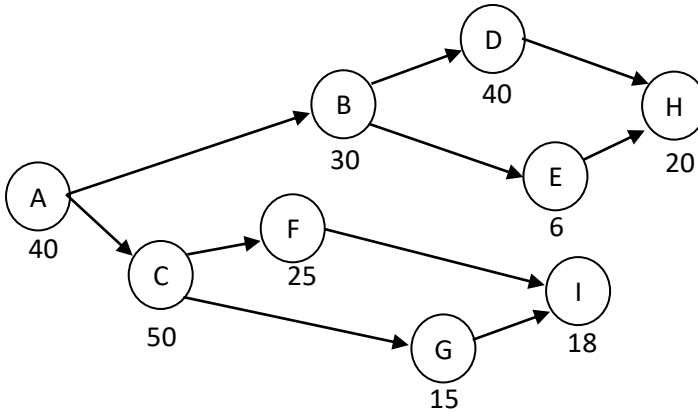
Sebuah perusahaan pembuat peralatan pertanian memiliki sebuah produk mesin penyebar pupuk (MPP), dan mereka sedang mendesain alur produksi untuk mesin tersebut agar waktu produksinya menjadi sesingkat mungkin. Berikut ini adalah informasi terkait proses produksi MPP.

Tabel 13. Daftar Elemen Kerja

Elemen Kerja	Keterangan	Waktu Produksi (detik)	Proses Pendahulu
A	Memasang baut kerangka penyangga ke hopper	40	Tidak ada
B	Menyisipkan poros penggerak	30	A
C	Memasang dudukan mesin	50	A
D	Memasang agitator	40	B
E	Memasang tongkat kendali	6	B
F	Memasang flywheel	25	C
G	Memasang alas bawah	15	C
H	Memasang panel control	20	D, E
I	Memasang label	18	F, G
	Total	244	

Solusi:

Berdasarkan urutan kerja, kita dapat membuat diagram alur produksi sebagaimana di bawah ini. Dimulai dari A sebagai proses yang paling awal, kemudian proses B dan C, dan seterusnya.



Gambar 15. Diagram Alur Produksi

Problem lanjutan:

Perusahaan telah membuat estimasi kebutuhan produksi MPP untuk tahun depan. Berdasarkan estimasi tersebut, direncanakan bahwa akan diproduksi 2400 unit MPP per pekan setidaknya untuk 3 bulan ke depan. Pabrik akan beroperasi selama 40 jam dalam satu pekannya.

- Berapa waktu siklus alur produksi tersebut?
- Berapa jumlah unit kerja minimal yang bisa dibentuk untuk rencana produksi tersebut?
- Berapa efisiensi dari alur produksi yang direncanakan ini?

Solusi:

- Pertama kita konversi terlebih dulu output rate (2400 unit per pekan) menjadi rate per jam.

$$c = \frac{1}{r} = \frac{1 \text{ jam}}{60 \text{ unit}} = \frac{1 \text{ menit}}{\text{unit}} = 60 \text{ detik/unit.}$$

- b. Setelah itu kita dapat menghitung jumlah unit kerja minimum, dengan membulatkan hasilnya (selalu) ke atas untuk menjaga agar target dapat dicapai.

$$TM = \frac{\sum t}{c} = \frac{244 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 4,067 \text{ atau } 5 \text{ unit kerja}$$

- c. Sehingga efisiensi dapat dihitung:

$$E = \frac{\sum t}{n.c} = \frac{244 \text{ detik}}{5 \times 60} = 81,3\%$$

Ketika jumlah unit kerja minimum telah bisa ditentukan, maka tugas selanjutnya adalah mengatur pekerjaan apa yang harus dilakukan oleh setiap unit kerja, agar alur produksi ini bisa bekerja optimal? Untuk melakukan ini digunakan metode Ranked Positional Weight Technique (RPWT).

Langkah-langkah pengerjaan metode RPWT adalah sebagai berikut:

- a. Membuat diagram urutan proses produksi
- b. Untuk setiap elemen kerja, berikan jumlah waktu pengerjaan ditambah jumlah seluruh proses yang mengikutinya. Dengan melakukan ini dapat diketahui beban waktu prioritas untuk setiap elemen kerja.
- c. Pilihlah elemen kerja dengan beban waktu prioritas yang terbesar, kemudian susun ke bawah berdasarkan prioritas yang sama.
- d. Tentukan stasiun kerja yang akan melaksanakan elemen-elemen kerja pada daftar, dengan ketentuan:
 - Total waktu pada 1 stasiun kerja tidak melebihi siklus waktu maksimal
 - Semua elemen kerja diberikan pada stasiun kerja yang berdekatan

Berdasarkan gambar dan tabel sebelumnya, maka untuk studi kasus di atas kita dapat melakukan RPWT sebagai berikut.

Tabel 14. Pengurutan Elemen Kerja Berbasis RPWT

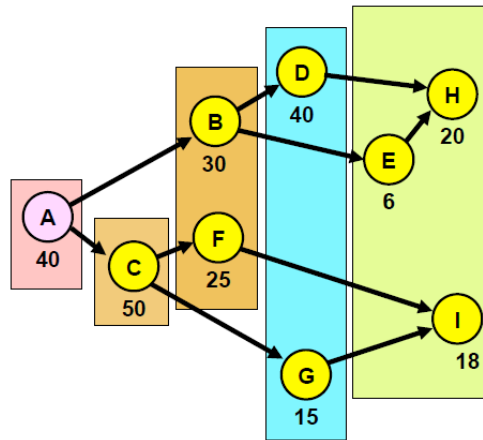
Elemen Kerja	Waktu Proses	Ranked Positional Weight
A	40	244
B	30	96
C	50	108
D	40	60
E	6	26
F	25	43
G	15	33
H	20	20
I	18	18

Berdasarkan tabel di atas, maka kita dapat menyusun stasiun yang bertugas untuk melakukan elemen-elemen kerja tersebut. Perlu diingat bahwa pada hasil perhitungan sebelumnya, didapatkan jumlah stasiun kerja yang diperlukan adalah 5 unit, sedangkan waktu siklusnya adalah 60 detik.

Tabel 15. Pengelompokan Elemen Kerja ke dalam Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Kandidat Elemen	Pilihan	Waktu Kumulatif	Idle Time
S1	A	A	40	20
S2	B, C	C	50	10
S3	B, F, G	B	30	30
	E, F, G	F	55	5
S4	D, E, G	D	40	20
	E, G	G	55	5
S5	E, I	I	18	42
	E	E	24	36
	H	H	44	16

Maka pembagian kerja kepada setiap unit dapat kita gambarkan dengan gambar berikut.



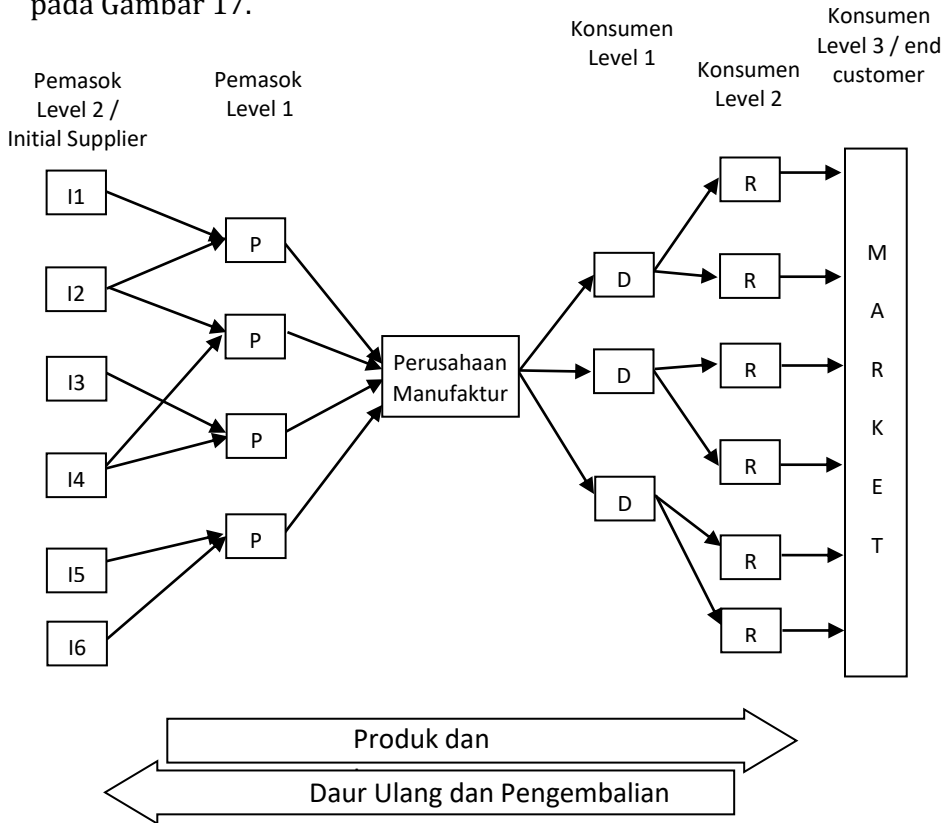
Gambar 16. Hasil Akhir Analisis Line Balancing

Dari Gambar 16 dapat dilihat bahwa stasiun kerja 1 (S1) hanya mengerjakan proses A, S2 mengerjakan proses C, S3 mengerjakan proses B dan F, S4 mengerjakan proses D dan G, sedangkan S5 mengerjakan 3 proses yaitu proses H, E dan I. Pengaturan layout produksi dapat disesuaikan dengan hasil ini, yaitu S1 hingga S5 diletakkan secara berurutan dengan peletakan mesin dan alat produksi yang sesuai dengan tugas masing-masing.

5.6 Manajemen Rantai Pasok

Rantai pasok atau rantai suplai merupakan kata serapan dari istilah supply chain, yang mana bidang ilmu manajemen yang membahas terkait hal ini disebut sebagai supply chain management (SCM). Di masa di mana perbedaan harga menjadi begitu krusial seperti sekarang, SCM telah menjadi kajian yang penting untuk menentukan keunggulan industri manufaktur. SCM akan sangat menentukan harga yang didapatkan oleh konsumen akhir / end customer, di mana jumlah mata rantai distribusi produk perlu diperhatikan dengan sangat teliti. Selain itu, bahasan SCM juga meliputi rantai suplai bahan baku pada fase proses produksi. Dimulai dari industri hulu sebagai penghasil material

mentah yang melakukan ekstraksi material dari alam, kemudian pengolahan lebih lanjut oleh industri komponen, hingga akhirnya menjadi suplai logistic bagi industri manufaktur. Berdasarkan gambaran ini, maka alur rantai pasok dapat digambarkan seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Skema Rantai Pasok Perusahaan Manufaktur

Pihak perusahaan perlu untuk memperhatikan beberapa hal terkait rantai suplai bahan bakunya, antara lain:

- a. Kemampuan pemasok untuk mengirimkan bahan baku produksi tepat waktu

Faktor ini menjadi penting agar waktu produksi ideal dapat dicapai. Waktu produksi akan berkaitan dengan biaya produksi dan penyampaian produk kepada konsumen

(delivery), yang nantinya juga akan menentukan tingkat kepuasan konsumen.

- b. Kemampuan pemasok untuk mengirimkan bahan baku yang sesuai dengan spesifikasi desain

Hal ini berkaitan dengan aspek fungsional produk, yang jika material tidak memenuhi spesifikasi yang diminta maka akan mengurangi kemampuan fungsional produk. Pemasok yang handal akan memiliki kemampuan untuk memenuhi kebutuhan produksi dan menjaga kualitas yang sama dalam pengiriman yang berulang.

- c. Kemampuan pemasok untuk mengirimkan bahan baku dalam jumlah yang memenuhi target produksi

Terkadang kita menemui pemasok yang mampu memenuhi spesifikasi material, namun tidak mampu memenuhi volume yang diminta. Pihak perusahaan manufaktur masih dapat mencari solusi dengan mencari pemasok tambahan, yang terkadang hal ini bisa menjadi poin yang positif. Namun kemampuan masing-masing pemasok dalam memenuhi volume pengiriman sesuai yang dijanjikan juga harus dipastikan sejak awal pembuatan kontrak agar tidak mengganggu pemenuhan target produksi.

- d. Kemampuan pemasok untuk melakukan perubahan secara cepat sebagai respon dari perubahan yang terjadi di dalam perusahaan manufaktur

Perubahan adalah sebuah keniscayaan dalam bisnis, termasuk dalam industri manufaktur. Walaupun target produksi telah ditentukan di awal periode, namun adanya perubahan di tengah periode masih amat mungkin untuk terjadi, misalnya untuk merespon berbagai peluang yang muncul tiba-tiba. Karena itu tingkat fleksibilitas sebuah perusahaan manufaktur juga harus diikuti oleh fleksibilitas pemasoknya, dan hal ini seringkali ditentukan oleh tingkat penggunaan teknologi yang memungkinkan terjadinya proses perubahan tersebut.

- e. Kemampuan pemasok untuk menyesuaikan layanan sesuai dengan regulasi pemerintah

Hal lain yang tidak kalah penting adalah pemasok harus senantiasa melakukan proses pengecekan terkait kesesuaian pasokan dengan peraturan yang berlaku. Hal ini meliputi jenis produk, pengepakan, hingga proses pengiriman dari pemasok ke perusahaan tujuan.

Prinsip-prinsip manajemen rantai pasokan adalah pedoman atau aturan yang digunakan untuk mengelola dan mengoptimalkan kinerja rantai pasokan. Berikut adalah beberapa prinsip manajemen rantai pasokan yang umumnya digunakan:

- a. Keterpaduan: Rantai pasokan harus dikelola sebagai satu kesatuan terpadu, dari awal hingga akhir, dengan tujuan mencapai efisiensi dan efektivitas maksimal.
- b. Kolaborasi: Kerjasama yang erat antara semua pihak yang terlibat dalam rantai pasokan, termasuk pemasok, produsen, distributor, dan pelanggan, sangat penting untuk meningkatkan kinerja dan responsibilitas rantai pasokan secara keseluruhan.
- c. Visibilitas: Transparansi dan visibilitas yang tinggi atas seluruh rantai pasokan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik, meminimalkan risiko, dan meningkatkan efisiensi operasional.
- d. Responsif: Rantai pasokan harus mampu menyesuaikan diri dengan perubahan permintaan pasar dan kebutuhan pelanggan dengan cepat dan efektif.
- e. Fleksibilitas: Kemampuan untuk beradaptasi dengan perubahan dalam permintaan, teknologi, atau kondisi pasar dengan cepat dan tanpa gangguan merupakan prinsip penting dalam manajemen rantai pasokan.
- f. Optimalisasi biaya: Mengelola rantai pasokan dengan cara yang paling efisien untuk mengurangi biaya secara keseluruhan tanpa mengorbankan kualitas atau layanan.
- g. Inovasi: Terus mendorong inovasi dalam proses, teknologi, dan strategi manajemen rantai pasokan untuk meningkatkan kinerja dan daya saing.

- h. Keberlanjutan: Memperhatikan dampak sosial, lingkungan, dan ekonomi dari keputusan dan kegiatan rantai pasokan untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang.
- i. Pengelolaan risiko: Mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengelola risiko-risiko yang terkait dengan rantai pasokan, termasuk gangguan operasional, perubahan harga, dan ketidakstabilan pasar.
- j. Fokus pada nilai pelanggan: Memastikan bahwa semua kegiatan rantai pasokan berkontribusi pada penciptaan nilai bagi pelanggan akhir, baik dalam hal kualitas produk, keandalan, atau pengalaman pelanggan secara keseluruhan.

Strategi rantai pasokan modern terus berkembang seiring dengan perkembangan teknologi, perubahan dalam perilaku konsumen, dan dinamika pasar global. Beberapa strategi rantai pasokan modern yang saat ini banyak digunakan meliputi:

- a. Integrasi digital: Menerapkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan visibilitas, kolaborasi, dan efisiensi dalam rantai pasokan. Ini mencakup penggunaan platform berbasis cloud, analisis data besar (big data analytics), Internet of Things (IoT), dan otomatisasi proses.
- b. Rantai pasokan berbasis permintaan: Menggunakan pendekatan yang responsif terhadap permintaan pelanggan dengan memonitor tren dan pola pembelian untuk memperkirakan permintaan di masa depan. Ini memungkinkan perencanaan produksi dan persediaan yang lebih akurat.
- c. Kemitraan strategis: Membangun kemitraan jangka panjang dengan pemasok, mitra logistik, dan pelanggan untuk meningkatkan kolaborasi, berbagi risiko, dan menciptakan nilai bersama.
- d. Manufaktur berbasis layanan: Menggeser fokus dari penjualan produk fisik ke penyediaan layanan dan solusi, yang memungkinkan pendapatan berkelanjutan dan hubungan pelanggan yang lebih kuat.

- e. Rantai pasokan berkelanjutan: Memperhatikan dampak lingkungan, sosial, dan ekonomi dari operasi rantai pasokan, dan mengadopsi praktik yang bertanggung jawab secara sosial dan lingkungan, seperti penggunaan bahan ramah lingkungan dan manajemen limbah yang efisien.
- f. Manufaktur kustomisasi dan fleksibel: Menyesuaikan operasi produksi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara individual, dengan memungkinkan perubahan cepat dalam desain dan spesifikasi produk.
- g. Logistik terkonsolidasi: Mengoptimalkan jaringan logistik untuk mengurangi biaya, meningkatkan efisiensi, dan mengurangi jejak karbon melalui konsolidasi pengiriman, rute yang dioptimalkan, dan penggunaan transportasi yang ramah lingkungan.
- h. Manajemen risiko dan ketahanan: Mengidentifikasi dan mengelola risiko yang mungkin terjadi dalam rantai pasokan, serta membangun ketahanan terhadap gangguan seperti bencana alam, konflik politik, atau perubahan regulasi.
- i. Keterlibatan pelanggan: Melibatkan pelanggan dalam proses desain produk, perencanaan permintaan, dan pengembangan inovasi untuk menciptakan hubungan yang lebih erat dan memenuhi kebutuhan mereka dengan lebih baik.
- j. Analisis prediktif dan kecerdasan buatan: Menggunakan algoritma dan teknologi kecerdasan buatan untuk menganalisis data dan meramalkan tren, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat waktu dan efektif dalam rantai pasokan.

5.7 Evaluasi Produksi dengan Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE (Overall Equipment Effectiveness) adalah sebuah metrik yang digunakan dalam manufaktur untuk mengukur seberapa efektif sebuah peralatan atau mesin dalam melakukan proses produksi, ditemukan oleh Seiichi Nakajima pada tahun 1960. Beberapa tujuan dari penggunaan OEE adalah sebagai berikut:

- a. Mengukur efisiensi proses produksi pada sebuah unit produksi, sehingga dapat dijadikan tolak ukur perencanaan perbaikan di masa yang akan datang.
- b. Mengidentifikasi titik-titik produksi yang tidak efisien hingga menyebabkan bottleneck / kemacetan, sehingga dapat dibuat keputusan untuk mengatasi hal tersebut.

Perhitungan OEE melibatkan 3 aspek utama yaitu availability, performance efficiency dan rate of quality product, yang semuanya dinyatakan dalam persentase (%). Penjelasan dari masing-masing aspek tersebut adalah sebagai berikut.

a. Availability (A)

Availability adalah rasio antara waktu runtime produksi yang benar-benar terjadi dengan waktu produksi yang direncanakan sebelumnya. Rasio ini mencerminkan kemampuan mesin untuk menjalankan rencana produksi yang telah dibuat sebelumnya. Perbedaan antara waktu operasi riil dengan waktu yang direncanakan adalah karena terjadinya kerusakan (breakdown) dan waktu setup yang terlalu lama. Cara menghitung availability disajikan dalam persamaan berikut.

$$Availability = \frac{Planned\ Time - Stop\ Time}{Planned\ Time} \dots\dots\dots(7)$$

b. Performance Efficiency (PE)

PE adalah rasio untuk mengukur perbandingan antara waktu siklus ideal dengan waktu siklus yang riil. Hal ini digunakan untuk mendeteksi jika ada waktu pengerjaan yang lebih lambat dari seharusnya, misalnya disebabkan oleh pergerakan mesin yang melambat, sehingga perlu untuk dicarikan solusi. Rumus perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$PE = \frac{ideal\ cycle\ time\ x\ unit}{actual\ run\ time} \dots\dots\dots(8)$$

c. Rate of Quality Product (RoQ)

RoQ merupakan rasio antara produk yang memenuhi standar sehingga layak jual dibandingkan dengan hasil produksi total. Rumusnya adalah di bawah ini.

$$RoQ = \frac{\text{Good unit}}{\text{Total unit}} \dots\dots\dots(9)$$

Setelah ketiga aspek tersebut didapatkan, kita dapat menghitung nilai OEE sebagai berikut.

$$OEE = A \times PE \times RoQ \dots\dots\dots(10)$$

5.8 Evaluasi Bab 5

Berikan jawaban yang terbaik untuk pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Buatlah forecasting produksi 3 bulanan dengan metode SMA untuk data penjualan produk pada tabel di bawah ini.

Bulan	Penjualan Produk
Jan	350
Feb	400
Mar	450
Apr	370
Mei	300
Jun	360

2. Jika kita berasumsi bahwa setiap bulan (pada no. 1) memiliki pembobotan berbeda, yaitu untuk bulan minus 1 berbobot 40%, bulan minus 2 30% dan yang bulan minus 3 juga 30%, maka bagaimana hasil forecastingnya?
3. Apa saja kelebihan melakukan penjadwalan produksi menggunakan Gantt Chart?
4. Lakukanlah analisis line balancing untuk data sebagai berikut. Perusahaan PT X memproduksi lampu hemat energi. Adapun total waktu yang diperlukan untuk merangkai (assemblies) komponen-komponen lampu selama 80 menit, waktu kerja yang diberikan perusahaan adalah 8 jam sehari, dan tingkat produksi harian adalah 30 unit/hari serta terdapat tabel waktu performansi untuk setiap tugas operasi sebagaimana tertulis pada tabel di bawah ini.

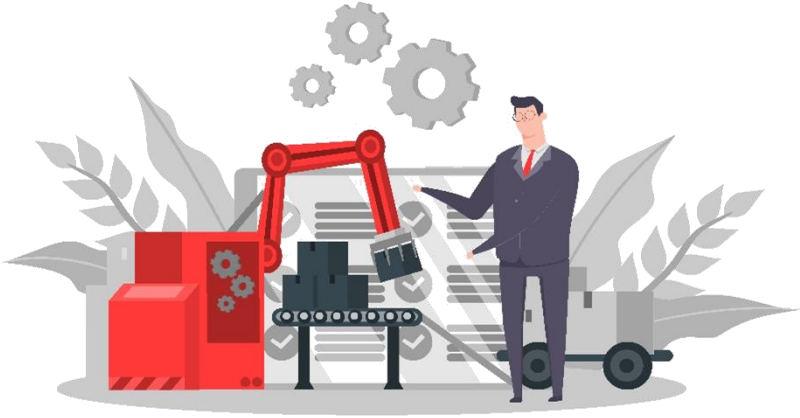
Tugas	Tugas yang mendahului	Waktu (menit)
A	-	11
B	A	14
C	B	16
D	B	12
E	C, D	10

F	E	6
G	E	11
Total		80

- a. Buatlah diagram alur produksi untuk data produksi di atas.
 - b. Hitunglah waktu siklusnya.
 - c. Berapa jumlah stasiun kerja yang efisien?
 - d. Berapa idle time yang terjadi?
 - e. Hitunglah efisiensinya.
5. Apa saja komponen utama dalam sebuah rantai pasok perusahaan manufaktur?
 6. Bagaimana cara untuk mengoptimalkan rantai pasok agar menjadi keunggulan dari sebuah industri?

Diskusikan studi kasus berikut bersama teman atau kelompok anda.

Sebuah perusahaan merencanakan proses produksi untuk produk sepeda gunung. Di antara komponen yang diputuskan untuk dibuat sendiri, maka komponen kerangka utama menjadi fokus perhatian karena komponen ini akan menjadi pertimbangan utama bagi konsumen untuk memilih sebuah sepeda. Buatlah daftar proses apa saja yang dibutuhkan untuk membuat sebuah kerangka sepeda, dan tentukan bagaimana urutan proses tersebut dalam alur produksi.



6 – MANUFAKTUR AGILE DAN BERKELANJUTAN

6.1 Pendahuluan

Dewasa ini teknologi telah berkembang dengan sangat pesat dan telah mempengaruhi berbagai sektor kehidupan termasuk sektor industri manufaktur. Pada bab pertama telah dijelaskan arah tren manufaktur di masa yang akan datang, sehingga industri manufaktur harus memiliki ketangguhan dan ketangkasan untuk senantiasa berubah secara adaptif dengan kondisi pasar dan perkembangan teknologi. Namun perubahan yang cepat ini juga telah berimbas secara berlipat terhadap lingkungan hidup hingga membahayakan kehidupan manusia di masa yang akan datang, dan sektor manufaktur berperan besar dalam melakukan hal tersebut. Karena itu dunia manufaktur hari ini juga harus mengadopsi konsep keberlanjutan (sustainability) dalam operasionalnya.

6.2 Agile Manufacturing

Agile manufacturing adalah suatu pendekatan dalam dunia manufaktur yang menekankan pada fleksibilitas, adaptabilitas,

dan responsif terhadap perubahan dalam lingkungan bisnis yang cepat berubah (Gunasekaran, 1999). Pada masa sebelumnya masyarakat industri telah mengenal Lean Manufacturing, yang menekankan pada proses mengurangi pemborosan dan perbaikan kecil secara terus-menerus. Selain itu, Lean Manufacturing membuat struktur yang stabil untuk menjaga kualitas, namun terkadang menjadi lebih lambat dalam merespon perubahan. Contoh ekstrim yang dapat dibandingkan adalah antara perusahaan Toyota (representasi Lean Manufacturing) dan perusahaan Tesla (Agile Manufacturing). Kemampuan kedua sistem ini untuk mengungguli satu sama lain masih akan memerlukan waktu untuk dinilai. Berikut ini adalah beberapa poin dasar teori Agile Manufacturing:

a. Fokus pada pelanggan

Agile manufacturing menempatkan pelanggan sebagai pusat perhatian. Perubahan permintaan dan preferensi pelanggan diakui sebagai fakta yang tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, proses manufaktur harus dirancang untuk secara cepat menyesuaikan dan memenuhi kebutuhan pelanggan.

b. Fleksibilitas dalam proses

Proses manufaktur dalam pendekatan Agile dirancang untuk bisa menyesuaikan diri dengan perubahan kebutuhan, baik itu dalam hal volume produksi, variasi produk, atau metode produksi yang digunakan.

c. Kolaborasi dan tim kerja

Agile manufacturing menghargai pentingnya kolaborasi antara berbagai fungsi dalam perusahaan, termasuk departemen desain, produksi, pemasaran, dan manajemen. Tim kerja bersifat lintas-fungsional dan mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan yang terjadi.

d. Penggunaan teknologi dan automasi

Teknologi memainkan peran kunci dalam memungkinkan fleksibilitas dan responsifitas dalam proses manufaktur. Penggunaan teknologi informasi, otomatisasi, dan sistem

kontrol cerdas membantu dalam mengelola perubahan dan meningkatkan efisiensi produksi.

- e. Pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi
Agile manufacturing bertujuan untuk mengurangi pemborosan, termasuk waktu, tenaga kerja, material, dan sumber daya lainnya. Hal ini dicapai dengan mempercepat waktu siklus, mengurangi persediaan, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya.
- f. Iterasi dan pembelajaran berkelanjutan
Pendekatan Agile mendorong iterasi cepat dalam pengembangan produk dan proses manufaktur. Perusahaan belajar dari pengalaman mereka dan melakukan perbaikan terus-menerus untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, dan responsifitas mereka terhadap perubahan pasar.
- g. Manajemen Risiko
Agile manufacturing mengakui bahwa ketidakpastian dan risiko merupakan bagian tak terpisahkan dari lingkungan bisnis. Oleh karena itu, manajemen risiko menjadi fokus penting dalam memastikan bahwa perusahaan dapat menanggapi perubahan dan tantangan dengan cepat dan efektif.
- h. Pengambilan keputusan berbasis data
Agile manufacturing mendorong pengambilan keputusan yang didasarkan pada data dan informasi yang akurat. Analisis data digunakan untuk mengidentifikasi peluang dan ancaman, serta untuk memantau kinerja proses produksi secara real-time.
- i. Sikap terbuka terhadap inovasi
Perusahaan yang menerapkan pendekatan Agile harus memiliki sikap terbuka terhadap inovasi dan perubahan. Mereka harus siap untuk mengadopsi teknologi baru, metode baru, dan praktik terbaik untuk mempertahankan daya saing mereka dalam pasar yang berubah dengan cepat.
- j. Komitmen terhadap kualitas
Meskipun Agile manufacturing menekankan pada fleksibilitas dan responsifitas, komitmen terhadap kualitas tetap menjadi prioritas utama. Perusahaan harus memastikan bahwa

produk dan layanan yang mereka hasilkan tetap memenuhi standar kualitas yang tinggi.

Dengan menerapkan prinsip-prinsip dasar ini, perusahaan dapat menciptakan lingkungan manufaktur yang responsif, efisien, dan inovatif, yang memungkinkan mereka untuk bersaing dengan sukses dalam pasar yang dinamis.

Dalam aplikasinya, secara praktis sistem Agile dapat direalisasikan dengan beberapa sistem pendukung, antara lain:

a. Sistem Fleksibel Manufacturing

Sistem ini menggunakan berbagai peralatan produksi canggih yang mampu merespon perubahan yang dinamis dalam dunia manufaktur. Pada fase desain sistem ini diwakili oleh penggunaan CAD dan CAE, di fase produksi dengan penggunaan CAM dan CNC, dan seterusnya. Berbagai inovasi pendukung lainnya misalnya sistem material handling yang fleksibel seperti penggunaan tangan robot dan smart conveyor.

b. Sistem Design Thinking

Sistem ini merupakan pola perancangan produk yang mampu untuk membuat produk dalam waktu yang amat singkat walaupun tingkat errornya cukup tinggi. Design thinking menekankan pada iterasi atau perulangan, namun dengan melakukan perbaikan berbasis analisis kebutuhan konsumen di setiap perulangannya (Dorst, 2011). Konsep design thinking ini banyak digunakan untuk pembuatan piranti lunak, namun masih memungkinkan untuk produk lainnya bahkan jasa.

c. Sistem Teknologi Digital

Industri yang agile akan membutuhkan bantuan teknologi digital untuk membuat keseluruhan proses bisa dikontrol secara komprehensif dan melakukan perubahan dengan efisien. Sistem fleksibel manufacturing pada poin sebelumnya juga membutuhkan support teknologi digital, bahkan dewasa ini konsep manufaktur berbasis internet of things (IoT) atau

IoT Manufacturing juga telah dikembangkan oleh para pakar (Saravanan et al., 2022).

d. Sistem kerja yang fleksibel dan dinamis

Manajemen manufaktur yang dipakai juga harus memiliki kemampuan untuk merespon perubahan dengan cepat, sehingga layout, sistem kerja dan struktur organisasi juga harus mendukung hal ini. Tata letak pabrik harus memungkinkan perubahan posisi atau bahkan penggantian alat sewaktu-waktu, inventori yang serendah mungkin (pada lean manufacturing dapat menggunakan sistem Kanban atau JIT) serta struktur organisasi yang ramping agar keputusan dapat diambil dengan cepat tanpa birokrasi yang panjang dan rumit.

6.3 Permasalahan Lingkungan di Sektor Industri

Aktivitas manufaktur berkontribusi cukup besar kepada dampak lingkungan secara keseluruhan, setelah sektor transportasi perkotaan. Permasalahan lingkungan adalah perihal yang cukup kompleks, di mana pencemaran yang terjadi meliputi pencemaran udara, air dan tanah. Limbah yang dihasilkan juga meliputi limbah gas, cair maupun padat (Mostafa & Dumrak, 2015). Berikut ini adalah beberapa contoh, namun tidak meliputi semuanya, dari limbah industri manufaktur.

a. Limbah Padat:

- Serbuk logam: Limbah serbuk logam umumnya dihasilkan dari proses pemotongan, penggilingan, dan pembentukan logam.
- Sisa produk: Sisa produk atau bahan mentah yang tidak sesuai atau rusak selama proses produksi.
- Pembungkus dan kemasan: Limbah dari kemasan produk, seperti kardus, plastik, dan styrofoam.
- Pelapisan dan cat: Limbah dari proses pelapisan dan pengecatan, seperti surplus cat dan pelarut.

- Sampah umum: Sampah dan limbah non-produksi, seperti kertas, plastik, dan limbah makanan dari area produksi dan kantor.
- b. Limbah Cair:
- Air limbah industri: Limbah cair dari proses pencucian, pendinginan, pelarutan, dan proses kimia.
 - Minyak dan lemak: Limbah minyak, lemak, dan zat-zat pelumas dari mesin dan proses produksi.
 - Limbah asam dan alkali: Limbah dari proses kimia yang menggunakan larutan asam atau basa.
 - Limbah berbahaya: Limbah cair yang mengandung bahan-bahan berbahaya seperti logam berat, pestisida, atau zat kimia beracun.
- c. Limbah Gas:
- Gas buang: Limbah gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, seperti gas karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂).
 - Asap dan uap: Limbah gas berupa asap dan uap dari proses pemanasan, pengeringan, dan pengecatan.
- d. Limbah Khusus:
- Limbah elektronik: Limbah elektronik dari peralatan dan komponen elektronik yang tidak terpakai atau rusak.
 - Limbah berbahaya: Limbah khusus yang mengandung bahan-bahan berbahaya seperti baterai, lampu neon, atau bahan kimia beracun.
 - Limbah medis: Limbah medis dari industri farmasi atau produksi peralatan medis.

Setiap industri manufaktur memiliki komposisi limbah yang berbeda, dengan volume dan frekuensi yang berbeda pula. Di Indonesia terdapat beberapa peraturan yang harus diperhatikan terkait permasalahan limbah ini, antara lain:

- a. Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah: Undang-undang ini memberikan landasan hukum

bagi pengelolaan sampah secara terpadu, termasuk limbah dari industri manufaktur. Undang-undang ini mengatur tentang prinsip-prinsip pengelolaan sampah, tanggung jawab produsen atas limbah yang dihasilkan, serta mekanisme pengelolaan limbah berbasis hijau (green waste management).

- b. Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3): Peraturan ini mengatur pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, termasuk limbah yang dihasilkan oleh industri manufaktur. Peraturan ini mencakup prosedur pengelolaan, penyimpanan, transportasi, dan pembuangan limbah B3.
- c. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/6/2016 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun: Peraturan ini merupakan turunan dari Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 dan memberikan pedoman teknis lebih lanjut terkait pengelolaan limbah B3.
- d. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.84/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2016 tentang Pedoman Penilaian Kinerja Pengelolaan Limbah B3: Peraturan ini mengatur tentang penilaian kinerja pengelolaan limbah B3, termasuk kriteria dan indikator yang digunakan dalam penilaian tersebut.
- e. Peraturan Daerah tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup: Beberapa daerah di Indonesia juga memiliki peraturan daerah yang mengatur pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pengelolaan limbah industri.

Penting bagi perusahaan manufaktur untuk mematuhi peraturan-peraturan ini dalam pengelolaan limbahnya, termasuk dalam hal pemilahan, penyimpanan, transportasi, dan pembuangan limbah. Pelanggaran terhadap peraturan tersebut dapat mengakibatkan sanksi hukum yang berat serta dapat merugikan lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat.

Selain limbah-limbah yang dijelaskan di atas, indikator permasalahan lingkungan yang lain yang dihasilkan oleh industri manufaktur juga meliputi hal-hal lain, seperti di bawah ini.

- a. Emisi CO₂ atau yang disamakan dalam bentuk CO₂eq. Terkait emisi ini, maka seluruh aktivitas seperti aktivitas transportasi material dari supplier ke pabrik, penggunaan AC di ruangan pabrik, serta aktivitas para pekerja juga dihitung sebagai emitter karbon.
- b. Konsumsi energi, yang nantinya akan berhubungan dengan kelangkaan sumber energi fosil yaitu minyak dan gas bumi. Sedangkan penggunaan listrik akan ditentukan oleh proses pembangkitan listriknya apakah menggunakan bahan yang tidak ramah lingkungan seperti batu bara, atau sudah menggunakan sumber energi terbarukan seperti tenaga angin, solar cell atau pembangkit listrik tenaga air.
- c. Konsumsi sumber daya alam seperti air bersih dan tanah. Beberapa industri mengkonsumsi air bersih dalam jumlah yang amat besar sehingga mempengaruhi ketersediaan air tanah, yang tentunya berpengaruh pada kehidupan di sekitarnya. Selain itu penggunaan lahan yang seharusnya bisa digunakan sebagai lahan hijau, atau bahkan proses pengerukan lahan sehingga mengurangi kemampuan tanah untuk menjadi salah satu unsur utama penopang makhluk hidup di dalam sebuah ekosistem.

6.4 Prinsip dan Strategi Manufaktur Berkelanjutan

Konsep sustainability atau keberlanjutan mencakup 3 prinsip utama yaitu lingkungan, sosial dan ekonomi. Konsep ini dapat diterapkan dalam berbagai sektor kehidupan termasuk manufaktur. Terminology sustainable manufacturing nantinya mengarah kepada industri manufaktur yang ramah lingkungan, ramah sosial, namun juga tetap menguntungkan secara ekonomi bagi para stakeholder-nya. Berikut ini adalah beberapa strategi yang dapat diterapkan untuk mencapai konsep manufaktur berkelanjutan.

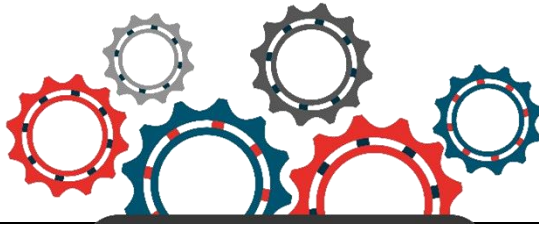
- a. Penggunaan Bahan Baku Berkelanjutan: Mengadopsi penggunaan bahan baku yang ramah lingkungan dan dapat didaur ulang. Hal ini dapat mengurangi jejak karbon, pemakaian sumber daya alam yang berlebihan, dan dampak negatif terhadap lingkungan.
- b. Efisiensi Energi: Menerapkan teknologi dan praktik-produksi yang efisien dalam penggunaan energi. Contohnya adalah menggunakan sistem pencahayaan LED, peralatan yang hemat energi, dan proses produksi yang lebih efisien.
- c. Manajemen Limbah: Mengelola limbah produksi dengan baik, termasuk daur ulang limbah, pemrosesan limbah berbahaya, dan meminimalkan pemborosan. Pengelolaan limbah yang efektif dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
- d. Desain Produk Berkelanjutan: Mengembangkan produk dengan desain yang ramah lingkungan, tahan lama, dan dapat didaur ulang. Desain produk berkelanjutan juga mencakup pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya dan bahan yang sulit terurai.
- e. Penggunaan Teknologi Hijau: Menerapkan teknologi hijau dalam proses produksi, seperti sistem pengolahan air limbah, penggunaan energi terbarukan (solar, angin, dll.), dan penggunaan teknologi ramah lingkungan lainnya.
- f. Kemitraan dengan Pemasok Berkelanjutan: Berkolaborasi dengan pemasok yang memiliki praktik berkelanjutan, seperti penggunaan bahan baku ramah lingkungan, proses produksi yang efisien energi, dan manajemen limbah yang baik.
- g. Penggunaan Packaging Ramah Lingkungan: Menggunakan bahan kemasan yang dapat didaur ulang atau ramah lingkungan, serta mengurangi penggunaan kemasan berlebihan atau tidak ramah lingkungan.
- h. Pelatihan dan Kesadaran Karyawan: Melakukan pelatihan terkait keberlanjutan kepada karyawan, serta meningkatkan kesadaran tentang pentingnya praktik berkelanjutan dalam operasional sehari-hari.

- i. Pengukuran Kinerja Berkelanjutan: Mengukur dan memantau kinerja berkelanjutan perusahaan secara teratur, termasuk dalam hal penggunaan energi, manajemen limbah, emisi gas rumah kaca, dan dampak lingkungan lainnya.
- j. Partisipasi dalam Inisiatif Berkelanjutan: Berpartisipasi dalam inisiatif atau sertifikasi berkelanjutan, seperti ISO 14001 (Manajemen Lingkungan) atau sertifikasi Carbon Neutral, untuk menunjukkan komitmen perusahaan terhadap praktik-produksi yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

6.5 Evaluasi Bab 6

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini dengan sebaik-baiknya!

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan agile manufacturing?
2. Bagaimana menerapkan konsep agile manufacturing pada UMKM di Indonesia?
3. Apa saja contoh limbah pada sebuah industri sepatu?
4. Teknologi apa yang dapat digunakan untuk mengurangi polusi udara dari cerobong pabrik?
5. Apa contoh dari hasil desain produk yang ramah lingkungan?



Referensi

- Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2002). *Product Design for Manufacture and Assembly* (2nd ed.). Marcel Dekker.
- Cao, H., & Folan, P. (2012). Product life cycle: the evolution of a paradigm and literature review from 1950–2009. *Production Planning & Control*, 23(8), 641–662. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.577460>
- Chryssolouris, G. (1992). *Manufacturing Systems*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2213-0>
- Dorst, K. (2011). The core of 'design thinking' and its application. *Design Studies*, 32(6), 521–532. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2011.07.006>
- Groover, M. P. (2013). *Fundamentals of Modern Manufacturing* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: A framework for research and development. *International Journal of Production Economics*, 62(1–2), 87–105. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00222-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00222-9)
- Julyanthry, Valentine Siagian, & Asmeati. (2020). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Yayasan Kita Menulis.

- Li, Y., Ghazilla, R. A. R., & Abdul-Rashid, S. H. (2022). QFD-Based Research on Sustainable User Experience Optimization Design of Smart Home Products for the Elderly: A Case Study of Smart Refrigerators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph192113742>
- Mostafa, S., & Dumrak, J. (2015). Waste Elimination for Manufacturing Sustainability. *Procedia Manufacturing*, 2, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.003>
- Panuju, A. Y. T. (2023). Profesi Teknik Mesin. In *Teknik Mesin* (1st ed., pp. 1–12). Mafy Media Literasi Indonesia.
- Saravanan, G., Parkhe, S. S., Thakar, C. M., Kulkarni, V. V., Mishra, H. G., & Gulothungan, G. (2022). Implementation of IoT in production and manufacturing: An Industry 4.0 approach. *Materials Today: Proceedings*, 51, 2427–2430. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.604>
- Suhardi. (2018). *Pengantar Manajemen dan Aplikasinya* (A. Eliyana, Ed.). Gava Media.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2008). *Product Design and Development* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Wiendahl, H.-P., Reichardt, J., & Nyhuis, P. (2015). *Handbook Factory Planning and Design*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46391-8>
- Zaman, U. K. uz, Siadat, A., Baqai, A. A., Naveed, K., & Kumar, A. A. (2023). *Handbook of Manufacturing Systems and Design*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003327523>