



Gita Lentera

INDUSTRY 4.0

INDUSTRY 3.0

INDUSTRY 2.0

Dodi Apriadi, S.E., M.M.

Rahmat aji nuryakin, SE.MM,CHRMP,CHRP,CCLS,CTRS,CCHS,CPS,CTM,CHL.

Dr. Andriani Sariwardani, SE., M.Si.

Moh Yusuf Dawud, S.P.,M.Agr.

Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE..M.M.

Supangat, S.Pd. MM.

Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, ST., MT.

Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBEC.

Zainudin Bonok,ST..MT.

Ayulia Nirwani, S.Pd., M.M.

Suryaningsih, S.E., M.M.

Dr. Ir. Supriyadi, M.M.

MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0



MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI: ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Penulis:

Dodi Apriadi, S.E., M.M.
Rahmat aji nuryakin, SE,MM,CHRMP,CHRP,CCLS,CTRS,CCHS,CPS,CTM,CHL.
Dr. Andriani Sariwardani, SE., M.Si.
Moh Yusuf Dawud, S.P.,M.Agr.
Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE.,M.M.
Supangat, S.Pd, MM.
Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, ST., MT.
Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBEC.
Zainudin Bonok,ST.,MT.
Ayulia Nirwani, S.Pd., M.M.
Suryaningsih, S.E., M.M.
Dr. Ir. Supriyadi, M.M.

Editor:

Dr. Vivi Nila Sari, S.E., M.M.

Penerbit CV. Gita Lentera



Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0

Oleh:

Dodi Apriadi, S.E., M.M.

Rahmat aji nuryakin, SE,MM,CHRM,CHRP,CCLS,CTRS,CCHS,CPS,CTM,CHL.

Dr. Andriani Sariwardani, SE., M.Si.

Moh Yusuf Dawud, S.P.,M.Agr.

Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE.,M.M.

Supangat, S.Pd, MM.

Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, ST., MT.

Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBEC.

Zainudin Bonok,ST.,MT.

Ayulia Nirwani, S.Pd., M.M.

Suryaningsih, S.E., M.M.

Dr. Ir. Supriyadi, M.M.

Editor:

Dr. Vivi Nila Sari, S.E., M.M.

Hak Cipta dilindungi oleh Undang-undang

ISBN: 978-634-7072-02-3

©All right reserved

Layouter : Tim Gita Lentera

Desain Sampul : Tim Gita Lentera

Penerbit : CV. Gita Lentera

Perm. Permata Hijau Regency blok F/1 Kel.

Pisang, Kec. Pauh, Padang, Sumatera Barat

Website: <https://gitalentera.com>

Email: git4lenter4@gmail.com

Anggota IKAPI

042/SBA/2023

Cetakan Pertama, November 2024

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



Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku "Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0" ini dapat hadir di tengah para pembaca. Buku ini dirancang sebagai panduan praktis sekaligus teoritis yang relevan dengan kebutuhan era modern, khususnya dalam memahami dan mengelola proses produksi serta operasi yang kini terintegrasi dengan teknologi canggih.

Tidak hanya berisi teori, buku ini juga dilengkapi dengan studi kasus dari berbagai industri di seluruh dunia yang telah sukses menerapkan teknologi Revolusi Industri 4.0. Dengan gaya penulisan yang lugas, kami berupaya membuat buku ini mudah dipahami oleh pembaca dari berbagai latar belakang. Kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Harapan kami, buku ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat dan inspiratif bagi mereka yang ingin menjadi bagian dari perubahan besar dalam dunia produksi dan operasi.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penyusunan buku ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang luas dan mendalam bagi kemajuan dunia bisnis dan pendidikan di Indonesia.



Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0



SINOPSIS

Buku Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0 menghadirkan panduan komprehensif bagi akademisi, praktisi, dan mahasiswa yang ingin memahami serta menguasai prinsip-prinsip manajemen produksi dan operasi dalam konteks era digital. Di era Revolusi Industri 4.0, teknologi seperti kecerdasan buatan, Internet of Things (IoT), big data, dan robotika telah mengubah cara organisasi memproduksi barang dan jasa. Buku ini membahas bagaimana perusahaan dapat mengintegrasikan teknologi mutakhir untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan daya saing.

Buku ini mengupas Konsep dasar manajemen produksi dan operasi, konsep dan teknologi revolusi industri 4.0, strategi operasi dalam era industri 4.0, perencanaan dan desain produk di era digital, manajemen siklus hidup produk dengan teknologi 4.0, manajemen rantai pasok digital, manajemen kualitas di era industri 4.0 (ronaldo rotti, automasi dan robotika dalam produksi, manajemen kapasitas dan sumber daya di era digital keberlanjutan dan operasi hijau, keamanan dan risiko dalam operasi digital, dan pengembangan keterampilan dan sumber daya manusia.

Melalui pendekatan teoritis yang diperkaya dengan studi kasus, buku ini memberikan wawasan tentang tantangan dan peluang dalam pengelolaan produksi dan operasi di era modern. Pembaca diajak untuk berpikir kritis dan strategis dalam menerapkan solusi inovatif untuk menghadapi dinamika pasar global yang cepat berubah.



Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
SINOPSIS	iv
DAFTAR ISI	v
KONSEP DASAR MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI	1
Oleh: Dodi Apriadi, S.E., M.M.	1
1.1. Konsep Manajemen Produksi	1
1.2. Manajemen Operasi.....	11
KONSEP DAN TEKNOLOGI REVOLUSI INDUSTRI 4.0	16
Oleh: Rahmat Aji Nuryakin, SE., MM., CHRMP., CHRP., CCLS., CTRS., CCHS., CPS., CTM., CHL.	16
2.3. Dampak dari adanya Revolusi Industri 4.0.....	21
2.4. Prinsip Rancangan dalam Revolusi Industri 4.0.....	23
2.5. Pemanfaatan Data dalam Konsep Industri 4.0.....	26
2.6. Teknologi Industri 4.0 Mempengaruhi masa depan pekerjaan.....	29
STRATEGI OPERASI DALAM ERA INDUSTRI 4.0	35
Oleh: Dr. Andriani Sariwardani, SE. M.Si.	35
3.1. Perubahan dan Tantangan di Era Industri 4.0.....	35
3.2. Penerapan Teknologi dalam Strategi Operasi.....	39

3.3. Dampak Penerapan Teknologi di Era Industri 4.0	43
3.4. Model-Model Strategi Operasi di Era Digital	43
PERENCANAAN DAN DESAIN PRODUK DI ERA DIGITAL ..51	
Oleh: Moh Yusuf Dawud, S.P., M.Agr.	51
4.1. Perencanaan Produk.....	51
MANAJEMEN SIKLUS HIDUP PRODUK DENGAN TEKNOLOGI 4.0	63
Oleh: Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE.,M.M.	63
5.1. Pendahuluan	63
5.2. Konsep Dasar Manajemen Siklus Hidup Produk	66
5.3. Peran	69
5.4. Tahapan Siklus Hidup Produk dengan Teknologi 4.0	70
5.5. Masa Depan PLM dengan Teknologi 4.0	70
5.6. Integrasi Dengan Eknologi 5.0 Dan Kecerdasan Buatan Lanjutan.....	72
5.7. Rekapitulasi Pentingnya PLM dalam Era Teknologi 4.0	73
5.8. Peran Krusial Teknologi Digital Dalam Transformasi Manajemen Siklus Hidup Produk.....	74
5.9. Rekomendasi Untuk Perusahaan dalam Mengadopsi Plm Berbasis Teknologi 4.0	75
MANAJEMEN RANTAI PASOK DIGITAL.....	78
Oleh: Supangat, S.Pd., M.M.	78
6.1. Pengertian Rantai Pasok Digital.....	78
6.2. Perkembangan Teknologi dalam Rantai Pasok.	79
6.3. Komponen Kunci dalam Manajemen Rantai Pasok Digital... 80	
6.4. Manfaat Digitalisasi Rantai Pasok.....	88

6.5. Kesimpulan.....	98
MANAJEMEN KUALITAS DI ERA INDUSTRI 4.0	102
Oleh: Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, S.T., M.T.....	102
7.1. Definisi dan Prinsip Dasar Manajemen Kualitas.....	102
7.2. Dimensi Manajemen Kualitas	104
7.3. Teknik dan Metode Manajemen Kualitas.....	106
7.4. Manajemen Kualitas di Era Industri 4.0	110
AUTOMASI DAN ROBOTIKA DALAM PRODUKSI	116
Oleh: Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBec.....	116
8.1. Pendahuluan	116
8.2. Konsep Teoritis.....	118
8.3. Studi Kasus	122
8.4. Aplikasi Praktis Pengguna Automasi dan Robotika	124
8.5. Langkah-langkah Penerapan Automasi dan Robotika	127
MANAJEMEN KAPASITAS DAN SUMBER DAYA DI ERA DIGITAL	132
Oleh: Zainudin Bonok, S.T., M.T.....	132
9.1. Latar Belakang.....	132
9.2. Manajemen Sumber Daya	135
9.3. Manajemen Sumber Daya Manusia di Dunia Digital.....	137
9.4. Metodologi.....	138
9.5. Era digital	138
9.6. Kesimpulan.....	141
MENGUPAS SUSTAINABILITY & GREEN OPERATION PADA ERA INDUSTRI 4.0.....	144
Oleh: Ayulia Nirwani., S.Pd., M.M.	144

10.1. Gambaran Fase Revolusi Industri	144
10.2. Perkembangan Teknologi Meninggalkan Jejak Karbon Yang Merusak Bumi?	148
10.3. Upaya Dalam Mengurangi Dampak Jejak Karbon Dari Pada Kegiatan Industri 4.0.....	151
KEAMANAN DAN RISIKO DALAM OPERASI DIGITAL	158
Oleh: Suryaningsih, S.E., M.M.	158
11.1. Pendahuluan	158
11.2. Risiko dalam Operasi Digital	159
11.3. Keamanan Dalam Operasi Digital	161
11.4. Strategi Pengelolaan Risiko dalam Operasi Digital	163
PENGEMBANGAN KETERAMPILAN DAN SUMBER DAYA MANUSIA	168
Oleh: Dr. Ir. Supriyadi, M.M.	168
12.1. Pendahuluan	168
12.2. Pentingnya Pengembangan Keterampilan SDM dalam Produksi dan Operasi.....	171
12.3. Strategi Pengembangan Keterampilan SDM	173
12.4. Teknologi dan Inovasi dalam Pengembangan SDM	175



KONSEP DASAR MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI

Oleh: Dodi Apriadi, S.E., M.M.

1.1. Konsep Manajemen Produksi

Produksi adalah proses atau kegiatan mengubah bahan baku atau input menjadi barang jadi atau output yang memiliki nilai tambah dan dapat digunakan atau dijual. Produksi melibatkan serangkaian langkah atau operasi, mulai dari pengolahan bahan mentah, perakitan komponen, hingga produk akhir yang siap dikonsumsi oleh konsumen. Manajemen produksi diartikan sebagai proses pengelolaan dan pengendalian semua aktivitas yang terkait dengan produksi barang. Ini mencakup perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengawasan sumber daya (seperti bahan baku, tenaga kerja, mesin, dan teknologi) untuk menghasilkan produk secara efisien dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Fungsi manajemen produksi untuk mengelola dan mengontrol proses produksi dengan tujuan menghasilkan barang atau jasa yang memenuhi kebutuhan konsumen secara efisien dan efektif. Sebagai contoh, McDonald's menerapkan penjadwalan yang

efisien untuk memastikan bahwa makanan siap disajikan dalam waktu yang cepat setelah pesanan dibuat, menjaga kesegaran dan kualitas produk. Begitu juga di pabrik Toyota, setiap tahapan produksi diikuti oleh pemeriksaan kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa setiap komponen memenuhi standar yang ditetapkan. Manajemen produksi dan operasi adalah bidang manajemen yang berfokus pada pengelolaan proses produksi dan aktivitas operasional dalam suatu organisasi. Fokus utama dari manajemen ini adalah untuk memastikan bahwa barang dan jasa yang dihasilkan memenuhi standar kualitas, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan tepat waktu dalam penyampaian kepada pelanggan. Menurut Heizer dan Render (2020), "manajemen produksi dan operasi melibatkan perencanaan, pengorganisasian, pengendalian, dan pengawasan semua aktivitas yang terkait dengan proses transformasi input menjadi output dalam bentuk produk atau layanan".

Pada dasarnya, manajemen produksi dan operasi berfungsi untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, baik manusia, mesin, maupun bahan baku, untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan efisiensi maksimal. Salah satu konsep kunci dalam manajemen produksi adalah efisiensi operasional, yang mengacu pada kemampuan organisasi untuk memproduksi barang dan jasa dengan biaya terendah tanpa mengorbankan kualitas. Efisiensi ini dapat dicapai melalui berbagai pendekatan, termasuk perencanaan produksi yang efektif, pemeliharaan peralatan yang baik, dan pengendalian kualitas yang ketat. Chase dan Jacobs mencatat bahwa "efisiensi operasional yang baik dapat memberikan keunggulan kompetitif bagi organisasi dengan memungkinkan mereka menawarkan produk berkualitas tinggi dengan harga yang lebih rendah".

Dalam era globalisasi dan teknologi yang terus berkembang, manajemen produksi dan operasi menghadapi tantangan yang semakin kompleks. Organisasi harus mampu menyesuaikan proses produksinya dengan cepat untuk merespons perubahan permintaan pasar, perkembangan teknologi, dan persaingan global. Salah satu cara untuk mengatasi tantangan ini adalah dengan menerapkan pendekatan lean production, yang bertujuan untuk menghilangkan pemborosan dalam setiap langkah proses produksi. Womack dan Jones menjelaskan bahwa "lean production berfokus pada nilai tambah yang diberikan kepada pelanggan dan berupaya menghilangkan segala bentuk pemborosan, seperti waktu tunggu, inventaris berlebih, dan cacat produk".

Selain itu, teknologi informasi telah menjadi elemen penting dalam manajemen produksi dan operasi. Penggunaan sistem manajemen rantai pasokan (Supply Chain Management/SCM) dan sistem perencanaan sumber daya perusahaan (Enterprise Resource Planning/ERP) memungkinkan organisasi untuk mengintegrasikan berbagai aspek operasional, mulai dari pengadaan bahan baku hingga distribusi produk akhir. Menurut Stevenson, "teknologi informasi memberikan visibilitas yang lebih besar terhadap rantai pasokan, memungkinkan organisasi untuk membuat keputusan yang lebih baik dan lebih cepat dalam mengelola operasi mereka", Sebagai contoh, penggunaan teknologi RFID (Radio Frequency Identification) dalam manajemen inventaris memungkinkan perusahaan untuk melacak lokasi dan jumlah inventaris secara real-time, sehingga dapat mengurangi biaya penyimpanan dan meningkatkan respons terhadap permintaan pelanggan.

Manajemen kualitas total (Total Quality Management/TQM) juga merupakan konsep penting dalam manajemen produksi dan operasi. TQM adalah pendekatan yang berfokus pada peningkatan kualitas di seluruh aspek organisasi, dengan tujuan untuk memenuhi

atau melampaui harapan pelanggan. Implementasi TQM melibatkan semua anggota organisasi, dari manajemen puncak hingga karyawan lini bawah, dalam upaya berkelanjutan untuk meningkatkan proses, produk, dan layanan. Menurut Deming, "TQM tidak hanya tentang mencapai standar kualitas tertentu, tetapi juga tentang menciptakan budaya organisasi yang berkomitmen pada perbaikan berkelanjutan dan kepuasan pelanggan". Sebagai contoh, banyak perusahaan manufaktur yang telah menerapkan metode Six Sigma sebagai bagian dari inisiatif TQM mereka, yang bertujuan untuk mengurangi variabilitas dalam proses produksi dan meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan. Berikut konsep Total Quality Management (TQM) untuk meningkatkan kualitas di setiap bagian produksi.

Unsur-unsur dalam Produksi:

1. Bahan Baku (Input)

Bahan-bahan dasar yang digunakan dalam proses produksi untuk diubah menjadi produk jadi. Sebagai contoh, Baja dan Aluminium yang digunakan untuk membuat rangka mobil, bodi, dan komponen mesin serta karet digunakan untuk membuat ban, segel pintu, dan komponen suspensi.

2. Tenaga Kerja

Manusia yang terlibat dalam proses produksi, mulai dari operator mesin, manajer produksi, hingga pekerja lain yang berperan dalam pengolahan bahan baku menjadi produk akhir.

3. Mesin dan Teknologi

Peralatan dan teknologi yang digunakan untuk memfasilitasi proses produksi, seperti mesin, peralatan manufaktur, dan sistem otomatisasi.

4. Proses Produksi

Tahapan-tahapan yang dilalui bahan baku untuk menjadi produk jadi, termasuk pemrosesan, perakitan, pemurnian, dan pengemasan.

5. Produk Jadi (Output)

Hasil akhir dari proses produksi yang siap untuk digunakan atau dijual kepada konsumen.

6. Nilai Tambah

Peningkatan nilai yang terjadi ketika bahan baku diolah menjadi produk jadi atau kerap disebut juga dengan istilah **hilirisasi**. Nilai tambah ini bisa berupa peningkatan kegunaan, estetika, atau fungsi dari produk sehingga menghasilkan nilai lebih.

Selain efisiensi dan kualitas, fleksibilitas operasional juga menjadi faktor penting dalam manajemen produksi dan operasi. Fleksibilitas ini mengacu pada kemampuan organisasi untuk beradaptasi dengan perubahan dalam permintaan pasar, teknologi, atau lingkungan bisnis tanpa mengorbankan kinerja. Slack, Brandon-Jones, dan Johnston menekankan bahwa "fleksibilitas operasional memungkinkan organisasi untuk mempertahankan keunggulan kompetitifnya dengan cepat menyesuaikan produksi dan operasi sesuai dengan perubahan kondisi pasar". Sebagai contoh, dalam industri fashion, perusahaan seperti Zara dikenal karena fleksibilitasnya yang tinggi dalam merespons tren mode yang berubah dengan cepat, memungkinkan mereka untuk memperkenalkan koleksi baru ke pasar dalam waktu singkat.

Keberlanjutan (sustainability) juga semakin menjadi fokus dalam manajemen produksi dan operasi. Dengan meningkatnya kesadaran tentang dampak lingkungan dari aktivitas produksi, banyak organisasi yang mulai mengadopsi praktik produksi berkelanjutan yang bertujuan untuk mengurangi jejak karbon, mengurangi limbah, dan menggunakan sumber daya alam secara lebih efisien. Heizer dan Render menyatakan bahwa "produksi berkelanjutan tidak hanya penting untuk menjaga kelangsungan hidup planet ini, tetapi juga

dapat memberikan manfaat ekonomi jangka panjang bagi organisasi melalui penghematan biaya dan peningkatan citra merek". Sebagai contoh, perusahaan otomotif seperti Tesla telah memimpin dalam produksi kendaraan listrik yang lebih ramah lingkungan, sementara perusahaan lain berinvestasi dalam teknologi daur ulang dan energi terbarukan untuk mengurangi dampak lingkungan dari operasi mereka.

Manajemen kapasitas juga merupakan elemen penting dari manajemen produksi dan operasi. Manajemen kapasitas mengacu pada proses menentukan dan mengelola jumlah output yang dapat dihasilkan oleh organisasi dalam jangka waktu tertentu. Keputusan terkait kapasitas sering kali melibatkan pertimbangan mengenai investasi dalam peralatan baru, penambahan atau pengurangan tenaga kerja, dan penggunaan teknologi otomatisasi. Chase dan Jacobs menunjukkan bahwa "kapasitas yang dikelola dengan baik memungkinkan organisasi untuk memenuhi permintaan pelanggan tanpa menimbulkan biaya yang tidak perlu, seperti biaya overproduksi atau underutilisasi sumber daya". Misalnya, dalam industri manufaktur, perusahaan harus memastikan bahwa mereka memiliki kapasitas produksi yang cukup untuk memenuhi permintaan selama periode puncak, namun tidak berlebihan hingga menyebabkan biaya penyimpanan yang tinggi selama periode rendah.

Pengelolaan risiko operasional juga menjadi semakin penting dalam manajemen produksi dan operasi, terutama dalam menghadapi ketidakpastian global, seperti pandemi, bencana alam, atau gangguan rantai pasok. Pengelolaan risiko yang efektif memerlukan identifikasi risiko potensial, pengembangan strategi mitigasi, dan penerapan rencana kontingensi untuk meminimalkan dampak negatif terhadap operasi organisasi. Sebagai contoh, selama pandemi COVID-19, banyak perusahaan yang mengalami gangguan

signifikan dalam rantai pasok mereka dan harus menyesuaikan operasi mereka dengan cepat untuk mempertahankan kelangsungan bisnis.

Akhirnya, manajemen produksi dan operasi harus selalu selaras dengan strategi keseluruhan organisasi. Sebagai bagian integral dari proses bisnis, produksi dan operasi harus mendukung pencapaian tujuan strategis organisasi, baik itu melalui inovasi produk, peningkatan efisiensi, atau ekspansi ke pasar baru. Manajemen produksi dan operasi yang efektif harus mendukung strategi bisnis dengan menyediakan kapabilitas operasional yang diperlukan untuk mencapai keunggulan kompetitif. Sebagai contoh, perusahaan teknologi seperti Apple mengintegrasikan manajemen produksi dan operasinya dengan strategi inovasi produk, memastikan bahwa mereka dapat meluncurkan produk-produk baru dengan cepat dan efisien ke pasar global.

Tujuan utama dari manajemen produksi adalah untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan:

1. Memenuhi standar kualitas

Produk harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan dan memenuhi harapan pelanggan. Ini sangat penting karena kualitas produk yang baik akan meningkatkan kepuasan pelanggan, mengurangi biaya karena adanya cacat atau kerusakan produk, serta memperkuat reputasi perusahaan di pasar. Produk berkualitas tinggi membantu membangun reputasi perusahaan sebagai penyedia barang dan jasa yang dapat diandalkan, yang dapat meningkatkan daya saing di pasar. Cara untuk mencapainya dapat dilakukan dengan Menerapkan sistem manajemen kualitas yang robust dan berfokus pada inovasi dan perbaikan produk untuk memenuhi dan melampaui ekspektasi pasar. Sebagai contoh, Adidas memantau kualitas produk pakaian dan alas kakinya dengan melakukan uji coba ketahanan dan kontrol kualitas pada setiap tahap produksi. Misalnya, mereka

menguji kekuatan jahitan, ketahanan bahan terhadap pemakaian, dan keakuratan ukuran untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar global mereka.

2. Diproduksi tepat waktu

Memastikan bahwa produk diproduksi tepat waktu adalah salah satu tujuan utama dari manajemen produksi. Tujuan ini sangat penting untuk menjaga efisiensi operasional dan memenuhi kebutuhan pelanggan secara tepat waktu. Proses produksi harus berjalan sesuai jadwal sehingga produk tersedia saat dibutuhkan oleh pelanggan. Ini terkait dengan kesiapan produk pada waktu yang dijanjikan kepada pelanggan adalah kunci untuk kepuasan pelanggan dan reputasi perusahaan. Keterlambatan dalam pengiriman bisa mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan dan hilangnya kepercayaan. Contohnya pada produksi farmasi Pfizer, Pfizer mengelola produksi obat-obatan dengan jadwal yang ketat untuk memastikan bahwa obat tersedia tepat waktu di pasar. Mereka menggunakan sistem perencanaan produksi yang canggih dan berkoordinasi dengan pemasok bahan baku untuk menghindari penundaan dan memastikan bahwa produk obat tiba di apotek dan rumah sakit sesuai jadwal.

3. Efisien dari segi biaya

Tujuan manajemen produksi untuk mencapai efisiensi dari segi biaya adalah untuk meminimalkan biaya produksi sambil tetap menghasilkan produk berkualitas tinggi. Ini adalah aspek penting dalam memastikan bahwa perusahaan dapat bersaing secara efektif di pasar dan mencapai profitabilitas yang berkelanjutan. Produksi harus dilakukan dengan cara yang meminimalkan biaya tanpa mengorbankan kualitas atau waktu. Hal ini dapat dilakukan dengan mengurangi biaya yang terkait dengan bahan baku, tenaga kerja, dan energi yang digunakan dalam proses produksi untuk meningkatkan profitabilitas atau bisa saja dengan meningkatkan produktivitas

tenaga kerja dan mesin untuk menghasilkan lebih banyak output dengan biaya yang sama atau lebih rendah. Toyota dikenal dengan sistem Lean Manufacturing dan Just-In-Time (JIT), yang membantu mereka mengurangi biaya produksi dengan meminimalkan inventaris dan mengurangi pemborosan. Dengan memproduksi hanya apa yang diperlukan dan tepat pada waktunya, Toyota mengurangi biaya penyimpanan dan mengoptimalkan penggunaan bahan baku serta tenaga kerja.

4. Mengoptimalkan penggunaan sumber daya

Tujuan produksi untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya adalah untuk memaksimalkan efisiensi dalam penggunaan bahan baku, tenaga kerja, dan peralatan selama proses produksi. Hal ini membantu perusahaan dalam mengurangi pemborosan, menurunkan biaya, dan meningkatkan produktivitas. Sumber daya seperti tenaga kerja, mesin, dan bahan baku harus digunakan secara optimal untuk mengurangi pemborosan. Memastikan bahwa bahan baku digunakan secara optimal untuk mengurangi limbah dan pemborosan, serta memaksimalkan hasil produksi dari bahan yang tersedia atau Mengelola tenaga kerja dengan cara yang efisien untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya tenaga kerja yang tidak perlu. Dalam industry manufaktur misalnya, tentu harus didukung oleh peralatan dan mesin yang dapat digunakan secara optimal untuk memaksimalkan output dan mengurangi waktu henti.

Aspek manajemen produksi mencakup berbagai elemen penting yang diperlukan untuk merencanakan, mengorganisasi, dan mengendalikan proses produksi dalam sebuah organisasi. Beberapa aspek kunci dari manajemen produksi:

1. Perencanaan Produksi

- a. Perencanaan Kapasitas: Menentukan jumlah kapasitas produksi yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan produk, termasuk mesin, tenaga kerja, dan bahan baku.

- b. Jadwal Produksi: Menetapkan waktu dan urutan kegiatan produksi untuk memastikan bahwa produk diproduksi tepat waktu.
 - c. Perencanaan Bahan Baku: Memastikan ketersediaan bahan baku yang diperlukan untuk proses produksi dan mengelola inventaris bahan baku.
2. Pengendalian Produksi
- a. Pengendalian Kualitas: Memastikan bahwa produk memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, termasuk inspeksi dan pengujian selama dan setelah proses produksi.
 - b. Pengendalian Proses: Mengawasi dan mengendalikan proses produksi untuk memastikan efisiensi dan efektivitas operasional.
 - c. Pengendalian Biaya: Mengelola biaya produksi untuk memastikan bahwa biaya tetap dalam anggaran dan mengidentifikasi area di mana efisiensi biaya dapat ditingkatkan.
3. Pengawasan Produksi
- a. Pemantauan Proses Produksi: bertujuan untuk memastikan bahwa setiap tahap produksi berjalan sesuai rencana, efisien, dan menghasilkan produk yang berkualitas.
 - b. Pengendalian Kualitas: memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Ini melibatkan berbagai teknik dan proses untuk memantau, mengukur, dan mengendalikan kualitas sepanjang proses produksi.

Manajemen produksi melibatkan berbagai keputusan strategis dan operasional, seperti desain produk, perencanaan kapasitas, pemilihan lokasi pabrik, tata letak fasilitas, pengendalian persediaan, penjadwalan produksi, dan pengendalian kualitas. Dengan manajemen produksi yang efektif, perusahaan dapat meningkatkan

produktivitas, menurunkan biaya produksi, dan meningkatkan daya saing di pasar.

1.2. Manajemen Operasi

Manajemen operasi adalah disiplin yang berfokus pada perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian proses produksi dan layanan untuk memastikan bahwa kegiatan operasional perusahaan berjalan dengan efisien dan efektif. Ini melibatkan pengelolaan semua aspek operasional dari produksi barang hingga penyampaian layanan kepada pelanggan. Manajemen operasi adalah cabang manajemen yang bertanggung jawab untuk merancang, mengendalikan, dan memperbaiki proses produksi dan layanan. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan efisiensi operasional, memenuhi kebutuhan pelanggan, dan mencapai tujuan bisnis dengan memanfaatkan sumber daya secara optimal. Manajemen produksi dikenal juga sebagai proses transformasi faktor input menjadi output dalam suatu rangkaian kegiatan. William J. Stevenson, seorang ahli dalam manajemen operasi, mendefinisikan manajemen operasi sebagai suatu desain, pengendalian, dan pemeliharaan proses produksi dan sistem layanan yang mengubah input menjadi output dengan tujuan untuk menghasilkan barang dan jasa yang memenuhi kebutuhan pelanggan dengan cara yang efisien. Peter Drucker, seorang pakar manajemen terkenal, memberikan pandangan bahwa manajemen operasi merupakan bagian integral dari manajemen umum yang bertanggung jawab untuk merancang dan mengelola proses bisnis yang menghasilkan produk dan layanan, dengan tujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Definisi-definisi ini menunjukkan bahwa manajemen operasi mencakup berbagai aspek, mulai dari perencanaan dan pengendalian proses produksi hingga peningkatan efisiensi dan efektivitas. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan bahwa proses produksi dan layanan dilakukan secara

optimal untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan mencapai tujuan organisasi. Dari segi tujuan manajemen operasi tidak jauh berbeda dengan manajemen produksi. Manajemen operasi memiliki tupoksi yang lebih luas dibandingkan manajemen produksi, karna melibatkan faktor fisik maupun non fisik dalam rangkaian kegiatannya.

Fungsi Utama Manajemen Operasi adalah:

1. Merencanakan semua kegiatan produksi, termasuk penjadwalan, pengadaan bahan baku, dan pengaturan sumber daya untuk memenuhi permintaan pasar.
2. Mengawasi dan memastikan bahwa produk atau layanan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Ini mencakup pemeriksaan kualitas, pengujian produk, dan perbaikan jika diperlukan.
3. Mengelola aliran bahan baku, komponen, dan produk akhir dari pemasok ke pelanggan, termasuk pengaturan logistik dan distribusi.
4. Menjaga peralatan dan fasilitas dalam kondisi optimal untuk memastikan bahwa operasi berjalan lancar dan meminimalkan waktu henti.
5. Mengelola persediaan bahan baku, barang dalam proses, dan produk akhir untuk memastikan bahwa stok cukup untuk memenuhi permintaan tanpa menyebabkan pemborosan.
6. Merancang proses produksi yang efisien dan efektif, termasuk tata letak fasilitas, alur kerja, dan penggunaan teknologi.
7. Melakukan perbaikan berkelanjutan pada proses produksi dan layanan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan meningkatkan kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2021). Operations and supply chain management (15th ed.). McGraw-Hill Education.
- Cheng, J. L. C., & E. M. Tang. (2005). Asian management systems: Chinese, Japanese and Korean styles of business. Routledge.
- Deming, W. E. (2000). Out of the crisis. MIT Press.
- Drucker, Peter F. The Practice of Management. New York: Harper & Row, 1954.
- Heizer, J., & Render, B. (2020). Operations management: Sustainability and supply chain management (12th ed.). Pearson.
- Hutasuhut, M. (2020). Manajemen operasi: Konsep, teori, dan aplikasi. Bumi Aksara.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2004). Strategy maps: Converting intangible assets into tangible outcomes. Harvard Business Review Press.
- Koh, C. L., & Boon, T. L. (2011). Operations management in Asia: Theoretical perspectives and practical insights. Wiley.
- Nugroho, S. (2021). Manajemen produksi dan operasi dalam konteks Indonesia. Penerbit Universitas Indonesia.
- Siswanto, P. (2018). Manajemen produksi dan operasi: Teori dan aplikasi. Graha Ilmu.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2019). Operations management (9th ed.). Pearson.
- Stevenson, W. J. (2018). Operations management (13th ed.). McGraw-Hill Education.
- Stevenson, W. J. (2022). Operations management (14th ed.). McGraw-Hill Education.
- Suharyadi, S., & Soehardjo, E. (2019). Manajemen produksi dan operasi. Salemba Empat.

- Sukirno, S. (2022). Manajemen operasi: Teori dan praktik. Rajawali Pers.
- Wibowo, A. (2017). Dasar-dasar manajemen produksi. Alfabeta.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2017). Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation (3rd ed.). Free Press.

PROFIL PENULIS



Dodi Apriadi, S.E., M.M.
Dosen Manajemen
Universitas Borneo Tarakan

Dodi Apriadi lahir di Paser pada 3 April 1987. Setelah menamatkan pendidikan di SD 023, SLTPN 1, dan SMKN 1 Tanah Grogot dengan jurusan Penjualan, ia melanjutkan ke pendidikan tinggi. Dodi meraih predikat lulusan terbaik pertama dalam Pendidikan Ahli Pemrograman Sistem Informasi di ITS Surabaya (D1) dan kembali meraih prestasi saat menyelesaikan S1 Manajemen di STIE Widya Praja Tanah Grogot. Gelar S2-nya di Universitas Kalimantan Muhammad Arsyad al-Banjari juga ditandai dengan prestasi, meraih peringkat kedua terbaik dalam Magister Manajemen.

Pengalaman kerja Dodi mencakup posisi sebagai Admin Database di Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kabupaten Paser. Kini, ia berkarier sebagai dosen di Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Borneo Tarakan. Selain itu, Dodi juga aktif sebagai penulis dan telah menerbitkan dua buku berjudul "Manajemen Promosi: Strategi Mengoptimalkan Kampanye Periklanan" dan "Manajemen Hubungan Pelanggan di Era Digital."



KONSEP DAN TEKNOLOGI REVOLUSI INDUSTRI 4.0

**Oleh: Rahmat Aji Nuryakin, SE., MM., CHRMP., CHRP.,
CCLS., CTRS., CCHS., CPS., CTM., CHL.**

2.1. Pengertian Revolusi Industri 4.0

Dengan adanya berbagai perubahan yang terjadi di dunia saat ini dimana segala hal menjadi berkembang dengan pesat begitu pula dengan bidang industri. Belakangan ini kata industri 4.0 sering diutarakan oleh banyak orang. Namun apa sebenarnya yang dimaksud dengan industri 4.0 tersebut. Istilah ini pertama kali didengar saat Hannover Fair tepatnya pada tanggal 4 hingga 8 April 2011, yang digunakan oleh pemerintah Jerman untuk memajukan bidang industri yang ada saat itu ke tingkat selanjutnya dengan adanya bantuan dari teknologi.

Revolusi industri 4.0 atau juga yang biasa dikenal dengan istilah “cyber physical system” ini sendiri merupakan sebuah fenomena dimana terjadinya kolaborasi antara teknologi siber dengan teknologi otomatisasi. Dengan adanya revolusi ini sendiri membawa banyaknya perubahan di berbagai sektor. Seperti yang pada awalnya banyak perusahaan yang membutuhkan tenaga kerja dalam jumlah yang besar, sekarang dapat digantikan dengan penggunaan mesin

teknologi. Berikut penjelasan lebih lanjut mengenai industri 4.0 yang saat ini terjadi di kehidupan masyarakat.

Revolusi Industri 4.0 atau yang sering disebut dengan cyber physical system merupakan revolusi yang menitikberatkan pada otomatisasi serta kolaborasi antara teknologi siber. Revolusi 4.0 ini sendiri muncul di abad ke-21 dengan ciri utama yang ada adalah penggabungan antara informasi serta teknologi komunikasi ke dalam bidang industri. Dengan kemunculan revolusi ini, mengubah banyak hal di berbagai sektor. Dimana yang pada awalnya membutuhkan banyak pekerja untuk menjalankan operasionalnya, sekarang digantikan dengan penggunaan mesin berteknologi yang sangat tinggi.

Menurut Kanselir Jerman yaitu Angela Merkel pada tahun 2014 yang menyatakan arti dari revolusi industri 4.0 sebagai sebuah transformasi komprehensif dari segala aspek produksi yang terjadi di dunia industri melalui penggabungan antara teknologi digital serta internet dengan industri konvensional. Selain itu, menurut Schlechtendahl dkk (2015) mendefinisikan revolusi industri yang menekankan pada unsur kecepatan dari ketersediaan sebuah informasi, yaitu sebuah lingkungan industri dimana seluruh entitasnya dapat selalu terhubung serta mampu berbagai informasi dengan mudah antara satu sama lain.

Adanya revolusi industri membuat adanya perubahan dalam cara hidup, bekerja, serta berhubungan manusia yang dibahas secara lengkap pada buku Revolusi Industri Keempat dibawah ini.

2.2. Jenis Teknologi di Dalam Revolusi Industri 4.0

Di tengah terjadinya revolusi industri 4.0, terdapat 9 teknologi yang menjadi pilar utama dalam pengembangan setiap industri yang ada menjadi siap digital, sebagai berikut.

1. Internet of Things atau IoT

Teknologi yang pertama dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Internet of Things atau IoT yang merupakan sebuah konsep dimana sebuah objek yang memiliki kemampuan untuk dapat mentransfer data yang ada melalui jaringan tanpa diperlukannya interaksi antar manusia.

IoT sendiri merupakan sebuah sistem yang menggunakan berbagai perangkat komputasi, mekanis, serta mesin digital yang menjadi satu kesatuan yang terhubung. Sistem Internet of Things didalamnya sendiri terdapat empat komponen yang terdiri dari perangkat sensor, konektivitas, pemrosesan data, serta antarmuka pengguna.

Salah satu contoh produk dari teknologi IoT ini adalah Jarvis yang dapat mematikan lampu ketika sudah pagi hari. Selain itu beberapa aplikasi lain yang memanfaatkan IoT adalah Gowes yang menggunakan IoT untuk bike sharing, eFishery yang menggunakan IoT untuk memberi pakan ikan secara otomatis, Qlue yang menggunakan IoT untuk smart city, serta Hara yang menggunakan IoT untuk pangan serta pertanian.

2. Big Data

Teknologi yang kedua dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Big Data. Big Data merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan volume data dalam jumlah yang besar, baik data yang terstruktur maupun tidak terstruktur.

Big Data sendiri telah digunakan pada banyak bisnis dan dapat membantu sebuah perusahaan menentukan arah bisnisnya. Berikut beberapa penyedia layanan yang termasuk ke dalam penggunaan teknologi Big Data di Indonesia, sebagai berikut.

- a. Sonar Platform
- b. Paques Platform
- c. Warung Data
- d. Dattabot

3. Augmented Reality

Teknologi yang ketiga dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Augmented Reality atau yang dikenal dengan AR.

AR merupakan sebuah teknologi dimana menggabungkan antara benda dunia maya dua dimensi dengan benda tiga dimensi yang ada ke dalam sebuah lingkungan nyata tersebut, kemudian memproyeksikan benda maya yang ada tersebut ke dalam waktu nyata.

Beberapa aplikasi yang menggunakan teknologi AR atau Augmented Reality ini adalah aplikasi chatbot serta pengenalan wajah atau yang lebih dikenal face recognition.

4. Cyber Security

Teknologi yang keempat dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Cyber Security yang merupakan sebuah bentuk upaya untuk melindungi segala informasi yang dimiliki dari adanya cyber attack. Cyber attack sendiri merupakan segala jenis tindakan yang sengaja dilakukan untuk mengganggu kerahasiaan atau confidentiality, integritas atau integrity, serta ketersediaan atau availability sebuah informasi.

5. Artificial Intelligence atau AI

Teknologi yang kelima dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Artificial Intelligence atau yang bisa disebut dengan AI. AI sendiri merupakan sebuah bentuk teknologi komputer maupun sebuah mesin yang memiliki kecerdasan layaknya seorang manusia.

Fungsi utama dari adanya Artificial Intelligence adalah kemampuannya yang dapat digunakan untuk mempelajari data yang diterima secara berkesinambungan. Dengan semakin banyaknya data yang diterima maupun dianalisis, maka akan semakin baik pula dalam melakukan sebuah prediksi.

6. Additive Manufacturing

Teknologi yang keenam dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Additive Manufacturing yang merupakan sebuah terobosan baru yang ada di bidang industri manufaktur dan sering dikenal menggunakan printer 3D.

Dengan kemajuan era teknologi saat ini dan berkembangnya era digital saat ini, gambar atau desain digital yang telah dibuat dapat dijadikan sebagai barang nyata dengan ukuran maupun bentuk yang dapat disesuaikan seperti halnya yang dapat Grameds baca pada buku Revolusi Industri 4.0 dibawah ini.

7. Simulation

Teknologi yang ketujuh dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah Simulation yang merupakan bentuk perwakilan dari operasi waktu ke waktu. Simulasi seringkali digunakan untuk berbagai konteks, seperti dalam simulasi teknologi yang digunakan untuk optimalisasi kinerja, teknik keselamatan, pengujian, serta pelatihan.

8. System Integration

Teknologi yang kedelapan dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah system integration atau sistem integrasi yang merupakan sebuah rangkaian penghubung antara beberapa sistem baik secara fisik maupun fungsional. Sistem tersebut juga yang akan menggabungkan antara komponen sub sistem yang ada dalam satu sistem sehingga dapat menjamin setiap fungsi yang ada dapat bekerja dengan baik sebagai satu kesatuan dari sistem yang ada.

9. Cloud computing

Teknologi yang kesembilan dalam pengembangan yang terjadi di revolusi industri 4.0 adalah cloud computing yang merupakan sebuah teknologi yang menjadikan internet saat ini sebagai pusat pengelolaan data maupun aplikasi. Dengan adanya cloud computing ini, para pengguna komputer diberikan hak akses untuk dapat masuk ke dalam server virtual yang dapat digunakan sebagai konfigurasi server melalui internet. Terdapat tiga jenis model layanan dari cloud computing atau komputasi awan ini sendiri, yang terdiri sebagai berikut.

SaaS yang merupakan singkatan dari *Cloud Software as a Service* merupakan sebuah layanan yang diberikan untuk menggunakan aplikasi yang telah disediakan oleh infrastruktur awan.

PaaS yang merupakan singkatan dari *Cloud Platform as a Service* yang merupakan sebuah layanan yang diberikan untuk menggunakan platform yang telah diberikan, sehingga pengembang yang menggunakannya hanya perlu fokus pada pengembangan sebuah aplikasi.

IaaS yang merupakan singkatan dari *Infrastructure as a Service* yang merupakan sebuah layanan yang diberikan untuk menggunakan infrastruktur yang telah disediakan, dimana seseorang dapat memproses, menyimpan, berjaringan, serta memakai sumber daya yang diperlukan..

Berikut ini beberapa aplikasi yang dihasilkan oleh penggunaan teknologi cloud computing yang ada di Indonesia adalah K-Cloud, CloudKilat, Dewaweb, dan masih banyak lagi.

2.3. Dampak dari adanya Revolusi Industri 4.0

Terjadinya revolusi ini sendiri membuat banyak sektor industri mendapatkan kemudahan. Namun, selain adanya dampak positif tersebut, terdapat pula dampak negatif yang terjadi akibat revolusi

ini. Berikut beberapa dampak positif serta negatif dari adanya Revolusi Industri 4.0 .

1. Dampak Positif Revolusi Industri 4.0

Kemudahan dalam mengakses informasi dikarenakan dapat menggunakan gadget maupun teknologi lainnya. Efektivitas dalam bidang produksi dengan mengganti tenaga manusia yang ada dan menggantinya dengan teknologi mesin. Selain mengurangi biaya produksi karena mengurangi penggunaan tenaga kerja, dengan menggunakan teknologi dapat meningkatkan hasil produksi.

Dapat meningkatkan pendapatan nasional karena dapat memproduksi barang dalam waktu yang relatif singkat dengan kualitas yang baik. Peningkatan peluang kerja bagi tenaga ahli, hal ini dikarenakan walaupun menggunakan mesin tetap saja membutuhkan tenaga ahli manusia untuk menggerakkannya.

2. Dampak Negatif Revolusi Industri 4.0

Lebih rentan terhadap serangan siber, hal ini dikarenakan proses produksinya menggunakan mesin teknologi, oleh sebab sangat penting untuk memiliki sistem keamanan yang baik. Butuh biaya besar dalam investasi alat serta pekerja, hal ini dikarenakan harus mengeluarkan uang untuk membeli alat terlebih dahulu serta pelatihan keterampilan pegawai agar dapat menjalankannya.

Adanya urbanisasi, dimana meningkatnya jumlah populasi masyarakat yang ada di kota besar. Berdampak untuk lingkungan, hal ini dikarenakan dengan penggunaan mesin yang ada dapat menghasilkan polusi udara, limbah dalam jumlah besar, serta hal negatif lainnya yang dapat merusak lingkungan.

2.4. Prinsip Rancangan dalam Revolusi Industri 4.0

Dalam membantu perusahaan untuk dapat mengidentifikasi serta mengimplementasikan skenario ke dalam revolusi industri 4.0 terdapat empat prinsip rancangan, yang terdiri dari sebagai berikut.

1. Interoperabilitas atau kesesuaian

Prinsip rancangan yang pertama adalah interoperabilitas atau kesesuaian yang terdiri dari kemampuan mesin, sensor, perangkat, serta manusia untuk berhubungan maupun berkomunikasi dengan satu sama lain lewat IoT atau Internet of Things maupun IoP atau Internet of People.

2. Transparansi informasi

Prinsip rancangan yang kedua adalah transparansi informasi yang merupakan bentuk dari kemampuan sistem informasi untuk menciptakan salinan dunia fisik dan membuatnya ke bentuk virtual yang dilakukan dengan cara memperkaya model pabrik digital yang ada menggunakan data sensor. Prinsip ini sendiri membutuhkan pengumpulan data sensor dalam bentuk mentah agar dapat menghasilkan sebuah informasi konteks yang memiliki nilai yang tinggi.

3. Bantuan teknis

Prinsip rancangan yang ketiga adalah bantuan teknis yang terbagi menjadi dua, yaitu:

Kemampuan sebuah sistem bantuan yang digunakan dalam membantu seseorang dengan mengumpulkan serta membuat sebuah visualisasi dari informasi yang ada secara menyeluruh agar dapat membuat keputusan yang bijak serta menyelesaikan masalah genting dalam waktu singkat.

Kemampuan sistem siber-fisik yang dapat digunakan untuk membantu manusia secara fisik yang dapat dilakukan dengan

serangkaian tugas yang kurang menyenangkan, terlalu berat, atau bahkan tidak aman bagi manusia untuk melakukannya.

4. Keputusan mandiri

Prinsip rancangan yang keempat adalah keputusan mandiri yang merupakan kemampuan sistem siber-fisik yang ada agar dapat membuat keputusan mandiri serta melakukan tugasnya sendiri. Jika terjadi sebuah pengecualian, gangguan, maupun tujuan yang berseberangan, maka tugas akan didelegasikan ke atasan.

Contoh Penerapan Industri 4.0

Contoh dari penerapan industri 4.0 di Indonesia sendiri dapat kita lihat pada industri makanan serta minuman, tekstil, otomotif, elektronik, serta kimia. Salah satu contohnya adalah adanya kebijakan e-sart IKM, yang diberikan kepada pelaku usaha agar dapat mempromosikan produk yang ditawarkannya melalui platform digital agar proses pemasarannya bisa lebih masif. Selain itu, terdapat lima contoh industri yang lahir karena adanya perkembangan teknologi digital, sebagai berikut.

1. E-commerce

Contoh yang pertama adalah e-commerce yang merupakan transformasi dari industri retail yang tersentuh pengaruh teknologi yang kemudian berubah menjadi hal tersebut. Pada awalnya, e-commerce merupakan sebuah platform yang digunakan untuk transaksi jual beli antar pengguna yang sama sekali tidak ada sangkut pautnya dengan pengusaha besar.

Salah satu platform e-commerce terlama yang ada di Indonesia seperti Tokobagus, Kaskus FJB, serta Berniaga. Namun, dengan seiring berjalannya waktu serta perkembangan teknologi dan infrastruktur logistik, industri e-commerce ini menjadi sangat menjanjikan dan berkembang hingga masuk ke industri retail konvensional.

Hal ini terjadi dikarenakan, penggunaan e-commerce memberikan pengalaman berbelanja yang lebih mudah untuk digunakan serta nyaman dibandingkan dengan cara yang lama.

2. Agregator Layanan

Contoh kedua adalah agregator layanan, yang dimulai dari agregator properti, transportasi, layanan kesehatan, hingga reksa dana. Semua hal tersebut sekarang dapat diakses melalui sentuhan jari dan gadget yang kamu miliki.

Jika sebelumnya, seseorang harus mencari berbagai informasi serta sebagai sebuah perusahaan yang harus menunggu datangnya klien, dengan perkembangan yang ada menjadi kebalikan. Dengan adanya agregator layanan terdapat keuntungan lain yaitu adanya transparansi data.

Hal ini dikarenakan agregator mengumpulkan berbagai data dari berbagai vendor layanan menjadi satu, sehingga bagi para konsumen dapat dengan mudah menentukan pilihan yang mereka inginkan. Selain itu, melalui agregator seseorang dapat dengan mudah mengakses serta penggunaannya yang lebih praktis.

3. Agency Digital Marketing

Contoh ketiga adalah agency digital marketing yang bertugas untuk mengeksekusi berbagai strategi pemasaran digital yang dimiliki perusahaan berdasarkan tujuan atau objektif yang ingin dicapai. Dengan berkembang pesatnya industri ini, semakin banyak agensi pemasaran digital yang bermunculan, hal ini dikarenakan pemasaran digital merupakan sebuah metode pemasaran yang efektif dan juga terkendali.

Hal tersebut yang membuat banyak perusahaan serta organisasi yang memanfaatkan jasa pemasaran digital yang terpercaya. Dibandingkan dengan melatih karyawannya, mereka lebih memilih untuk memanfaatkan jasa pihak ketiga karena lebih efisien dan menghemat waktu.

4. Pembayaran Digital

Contoh keempat adalah pembayaran digital. Hal ini dapat kita lihat melalui industri pembayaran digital yang saat ini terus menerus bertumbuh. Hingga saat ini, terdapat lebih dari 10 vendor pembayaran digital yang beroperasi di Indonesia dengan fitur dan keunggulannya yang berbeda masing-masing.

Pembayaran digital ini tumbuh dengan pesat karena memberikan kemudahan serta keamanan bagi penggunaanya dalam melakukan transaksi. Dengan menggunakan layanan ini, pengguna dapat dengan mudah membayar tanpa memerlukan membawa barang lain saat keluar rumah dan hanya memerlukan gadget yang dibawanya setiap hari.

5. Kursus Online

Contoh kelima adalah kursus online. Hal ini juga didukung dengan adanya pandemi saat ini yang sudah terjadi sejak awal 2020. Oleh sebab itu, industri di bidang ini semakin tumbuh dengan pesat, karena masyarakat yang tidak memiliki pilihan lain untuk menuntut ilmu dan menerima informasi ditengah keadaan ini.

Namun, perkembangan kursus online yang pesat ini juga bisa dikarenakan memberikan pengalaman belajar yang berbeda jika kita bandingkan dengan pendidikan pada umumnya. Hal ini dikarenakan, kursus online dapat dilaksanakan kapan dan dimanapun.

2.5. Pemanfaatan Data dalam Konsep Industri 4.0

Industri 4.0 adalah revolusi industri keempat yang mengintegrasikan mesin, perangkat elektronik, dan sistem lainnya yang terhubung secara real time melalui Internet of Things (IoT) dan komputasi cerdas. Dalam konsep Industri 4.0, data berperan penting dalam mengoptimalkan efisiensi dan produktivitas industri. Oleh karena itu, Industri 4.0 memungkinkan perusahaan mengumpulkan

data yang besar dan beragam dari semua proses industri, termasuk produksi, pengiriman, distribusi, dan pelanggan.

Industri 4.0 memiliki peran data dalam industri 4.0 dapat dibagi menjadi beberapa aspek, yaitu:

1. Pengamatan dan Prediksi

Pada Industri 4.0, perusahaan dapat memantau pengoperasian dan kinerja perangkat, mesin, dan pabrik secara real time. Data yang dikumpulkan ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah, memprediksi kegagalan, dan memantau performa produk secara real time. Hal ini dapat membantu perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi, serta merespons masalah atau gangguan dengan lebih cepat.

2. Analisis Data

Data yang terkumpul dapat dianalisis untuk memberikan informasi dan wawasan penting yang dapat membantu perusahaan dalam pengambilan keputusan. Analisis data dapat memberikan informasi tentang tren pasar, permintaan pelanggan atau kinerja produk yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas industri.

3. Pengelolaan Otomatis

Pada Industri 4.0, data digunakan untuk mengontrol mesin dan sistem secara otomatis melalui sistem online. Data tersebut dapat memicu fungsi otomatis dalam sistem atau mesin, seperti menyesuaikan suhu, kelembapan, atau kecepatan produksi, yang meningkatkan produksi secara signifikan.

4. Peningkatan Kualitas

Data dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dengan mengumpulkan informasi tentang kelemahan produk, memprediksi masalah kualitas, dan memantau kinerja produk secara real time. Dengan data yang terkumpul, perusahaan dapat mengambil tindakan yang tepat dan mengurangi kegagalan produk.

5. Pelanggan

Data juga dapat membantu perusahaan lebih memahami pelanggan, termasuk kebutuhan dan preferensi mereka. Informasi ini dapat digunakan untuk mengembangkan produk yang lebih baik, meningkatkan pengalaman pelanggan, dan mempercepat pengiriman produk ke pelanggan.

Penerapan data dalam konsep Industri 4.0 memberikan banyak manfaat bagi perusahaan, seperti peningkatan efisiensi, produktivitas dan kualitas produk, serta pengalaman pelanggan yang lebih baik. Namun, hal tersebut tentunya tidak terlepas dari tantangan dan kendala yang harus diatasi dalam penerapan data di Industri 4.0, antara lain:

1. Keamanan Data dan Informasi

Banyak data dikumpulkan dan digunakan di Industri 4.0, termasuk informasi sensitif seperti desain produk, jadwal produksi, dan informasi pelanggan. Oleh karena itu, keamanan informasi menjadi tantangan utama dalam penerapan Industri 4.0. Bisnis perlu memastikan bahwa data mereka aman dan terlindungi dari serangan dunia maya atau kebocoran data.

2. Terbatasnya Sumber Daya

Penerapan Industri 4.0 membutuhkan investasi infrastruktur teknologi dan sumber daya manusia. Tidak semua perusahaan memiliki sumber daya yang cukup untuk mengembangkan dan menerapkan teknologi terkini di Industri 4.0, sehingga perusahaan harus merencanakan pengembangan teknologi dan sumber daya manusia dengan cermat untuk menerapkan konsep Industri 4.0 secara efektif.

3. Kompleksitas Data

Industri 4.0 mengumpulkan data yang besar dan kompleks dari berbagai sumber dan alat. Data memerlukan analisis dan pemrosesan lanjutan untuk mengubahnya menjadi informasi yang berguna. Oleh

karena itu, perusahaan harus mampu mengelola dan menganalisis data secara efektif untuk memanfaatkan potensi Industri 4.0.

Secara umum, Industri 4.0 menawarkan peluang yang sangat baik bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas industri melalui penggunaan data. Namun implementasi Industri 4.0 juga membutuhkan kerja keras dan perhatian terhadap beberapa tantangan dan kendala. Oleh karena itu, perusahaan harus mempertimbangkan manfaat dan risiko penerapan Industri 4.0 dan memastikan memiliki sistem yang andal dan pakar yang kompeten untuk memanfaatkan data dan teknologi digital.

2.6. Teknologi Industri 4.0 Mempengaruhi masa depan pekerjaan

Kita berada di ambang perubahan besar dalam sejarah manusia yaitu Revolusi Industri 4.0. Era ini ditandai dengan integrasi teknologi canggih seperti otomatisasi dan kecerdasan buatan (AI) ke dalam semua aspek kehidupan dan industri. Dalam Revolusi Industri 4.0, otomatisasi tidak hanya mengubah cara kita bekerja, tetapi juga bagaimana kita hidup dan berinteraksi dengan dunia.

Otomatisasi dan AI menawarkan potensi luar biasa untuk menggantikan tugas-tugas rutin yang sebelumnya dilakukan oleh manusia. Menurut laporan McKinsey & Company 2017 lalu, otomatisasi dapat meningkatkan produktivitas hingga 40% di berbagai sektor industri. Bayangkan mesin yang dapat bekerja tanpa henti, mengatur dan melakukan pekerjaan lebih cepat dan lebih efisien daripada manusia. Ini bukan sekadar impian masa depan; ini adalah realitas yang sedang berkembang di sekitar kita.

Dampak potensial dari otomatisasi terhadap industri dan ekonomi sangatlah besar. Data dari studi lanjutan McKinsey tentang “Otomasi dan masa depan pekerjaan di Indonesia: Pekerjaan yang hilang, muncul dan berubah” menunjukkan bahwa adopsi teknologi ini dapat memicu pertumbuhan produk domestik bruto (PDB) sebesar

1,2% per tahun. Selain itu, otomatisasi berpotensi menciptakan lapangan kerja baru, meningkatkan pendapatan, dan mendorong inovasi di berbagai bidang. Sektor-sektor seperti konstruksi, manufaktur, layanan kesehatan, akomodasi, kuliner, pendidikan, dan ritel diperkirakan akan melihat peningkatan permintaan tenaga kerja berkat otomatisasi.

Namun, otomatisasi juga membawa tantangan tersendiri. Tidak semua tugas dapat diotomatisasi, dan banyak pekerjaan akan mengalami transformasi signifikan. Pekerjaan yang membutuhkan interaksi manusia, seperti dalam industri pertambangan, kehutanan, dan instalasi mesin, masih memerlukan keahlian dan ketangkasan manusia yang tidak dapat digantikan oleh robot.

Dengan data dan tren yang mendukung, kita dapat melihat bahwa Revolusi Industri 4.0 bukan hanya tentang mengotomatisasi pekerjaan, tetapi juga tentang membuka peluang baru bagi pertumbuhan ekonomi dan pengembangan manusia. Ini adalah kesempatan bagi kita untuk beradaptasi, belajar, dan memanfaatkan teknologi untuk menciptakan masa depan yang lebih cerah dan produktif.

1. Manfaat Otomatisasi bagi Perekonomian dan Dunia Pekerjaan

Dampak positif dari otomatisasi tidak hanya terbatas pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada peningkatan pendapatan dan penciptaan lapangan kerja. Meskipun ada kekhawatiran bahwa otomatisasi akan mengurangi jumlah pekerjaan, kenyataannya adalah bahwa teknologi ini menciptakan jenis pekerjaan baru dan menggeser fokus pekerjaan yang ada. Studi McKinsey memperkirakan bahwa otomatisasi dapat meningkatkan pendapatan global sebesar \$6 triliun hingga \$8 triliun pada tahun 2030, berkat produktivitas yang lebih tinggi dan inovasi yang didorong oleh teknologi.

Inisiatif seperti MORE (Mobile Online Real-time Exchange) dari MUM menjadi pelopor dalam mengurangi pengangguran melalui

pemanfaatan teknologi. MORE memberikan akses pelatihan dan peluang kerja bagi tenaga kerja di sektor informal dan usaha mikro, membantu menurunkan tingkat pengangguran di Indonesia menjadi 5,86% pada Februari 2024. Dengan memberikan pelatihan berbasis teknologi dan menghubungkan pekerja dengan pengusaha, MORE berkontribusi pada penciptaan lapangan kerja baru dan meningkatkan kualitas hidup pekerja, menunjukkan bahwa otomatisasi dan teknologi dapat secara signifikan mengurangi pengangguran dan meningkatkan pendapatan.

Beberapa sektor industri diperkirakan akan mengalami peningkatan permintaan tenaga kerja sebagai akibat langsung dari otomatisasi. Sektor seperti konstruksi dan layanan kesehatan akan terus berkembang seiring dengan kebutuhan infrastruktur yang meningkat dan teknologi medis yang lebih canggih yang memerlukan tenaga profesional terampil. Otomatisasi tidak hanya menggantikan pekerjaan manual, tetapi juga menciptakan peluang bagi peran-peran baru yang membutuhkan keterampilan teknis dan analitis yang lebih tinggi.

Dengan penerapan teknologi seperti self-service checkout misalnya, peran tradisional seperti kasir mungkin berkurang, tetapi muncul kebutuhan akan pekerja yang mampu mengelola dan memelihara sistem otomatis tersebut. Ini menciptakan dinamika baru dalam dunia pekerjaan, di mana keterampilan teknologi dan kemampuan adaptasi menjadi sangat penting, menunjukkan bahwa otomatisasi dapat meningkatkan kualitas pekerjaan dan menciptakan peluang baru bagi tenaga kerja yang siap beradaptasi.

Dengan data dan tren yang mendukung, kita dapat melihat bahwa Revolusi Industri 4.0 dan otomatisasi tidak hanya membawa perubahan pada industri dan ekonomi, tetapi juga menciptakan peluang baru bagi dunia pekerjaan sekaligus kesempatan bagi pekerja untuk meningkatkan keterampilan, beradaptasi dengan teknologi

baru, dan mengambil peran aktif dalam membentuk masa depan yang lebih produktif dan inovatif.

2. Tantangan dan Batasan Otomatisasi di Dunia Pekerjaan dalam Revolusi Industri 4.0

Revolusi Industri 4.0 membawa banyak manfaat, tetapi tidak semua pekerjaan dapat diotomatisasi sepenuhnya. Otomatisasi parsial, di mana mesin mengambil alih beberapa tugas tetapi manusia tetap memegang kendali atas aspek-aspek lain, menjadi lebih umum daripada otomatisasi penuh. Menggunakan contoh yang sama, misalnya self-service checkout di ritel mengurangi kebutuhan kasir, tetapi masih memerlukan pekerja untuk manajemen dan bantuan teknis. Sekitar 60% pekerjaan memiliki setidaknya 30% aktivitas yang bisa diotomatisasi, menunjukkan perubahan besar dalam cara kerja.

Perubahan ini menciptakan peluang bagi tenaga kerja yang siap beradaptasi dan meningkatkan keterampilan teknis dan analitis. Pekerjaan yang sebelumnya manual kini membutuhkan pemahaman teknologi dan analisis data. Meskipun ada tantangan dalam mengotomatisasi beberapa sektor, Revolusi Industri 4.0 membuka pintu bagi inovasi dan peningkatan keterampilan, memungkinkan manusia bekerja lebih cerdas dan efisien, serta menciptakan masa depan pekerjaan yang lebih cerah dan penuh peluang.

3. Masa Depan Pekerjaan dalam Era Otomatisasi

Masa depan pekerjaan akan melihat pergeseran dari pekerjaan manual ke peran yang lebih berfokus pada layanan dan kreativitas, dengan sektor-sektor seperti konstruksi, manufaktur, layanan kesehatan, akomodasi, kuliner, pendidikan, dan ritel mengalami peningkatan permintaan tenaga kerja.

Dengan pandangan optimis, adaptasi manusia dan industri terhadap perubahan ini akan menciptakan masa depan pekerjaan yang lebih cerah. Pekerja yang meningkatkan keterampilan mereka

dalam teknologi dan analisis data akan menemukan diri mereka dalam posisi yang lebih kuat di pasar kerja.

Investasi dalam pendidikan dan pelatihan yang relevan akan menjadi kunci untuk memastikan bahwa tenaga kerja siap menghadapi tantangan dan memanfaatkan peluang yang muncul. Dengan demikian, Revolusi Industri 4.0 tidak hanya tentang menggantikan pekerjaan manusia dengan mesin, tetapi juga tentang memungkinkan manusia untuk bekerja lebih cerdas, efisien, dan kreatif, menciptakan dunia kerja yang lebih dinamis dan inovatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Afina Hasya dkk, Manajemen Operasional, Duta Sain Indonesia, Sidoarjo , Edisi Pertama, 2024.
- Anwar dkk, Pengantar Manajemen Operasional , Seval Literindo Kreasi ,Lombok Barat , Edisi Pertama, 2024.
- Abdurazzaq hasibuan dkk, Manajemen Operasi Dan Produksi , Sada Kurnia Pustaka,Lombok Serang Banten , Edisi Pertama, 2023.

PROFIL PENULIS

**Rahmat Aji Nuryakin, SE., MM.,
CHRMP., CHRP., CCLS., CTRS., CCHS., CPS., CTM., CHL.**



STRATEGI OPERASI DALAM ERA INDUSTRI 4.0

Oleh: Dr. Andriani Sariwardani, SE. M.Si.

3.1. Perubahan dan Tantangan di Era Industri 4.0

Era Industri 4.0 membawa perubahan dan tantangan signifikan bagi perusahaan dan strategi operasinya. Berikut ini adalah beberapa perubahan dan tantangan yang dihadapi di era ini:

1. Perubahan di Era Industri 4.0

a. Digitalisasi dan Automasi

- **Penggunaan Teknologi Digital:** Industri 4.0 ditandai dengan peralihan ke teknologi digital, di mana berbagai proses operasional diotomatisasi menggunakan perangkat lunak, sistem sensor, dan robotika.
- **Otomasi Berbasis Robotika:** Penggunaan robot untuk menggantikan tenaga manusia dalam aktivitas berulang dan fisik yang berat, yang meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kesalahan manusia.

b. *Internet of Things* (IoT)

- **Integrasi Sistem IoT:** IoT memungkinkan berbagai perangkat dan mesin untuk saling terhubung dan berbagi data secara real-time. Ini mempermudah pengawasan dan pengendalian operasi dari jarak jauh, serta memungkinkan

analisis kinerja secara terus-menerus.

- Peningkatan Transparansi Data: Dengan IoT, data dari berbagai titik dalam rantai produksi dapat dikumpulkan dan diolah untuk memberikan wawasan berharga tentang efisiensi operasi.

c. *Big Data dan Analytics*

- Pengumpulan dan Analisis Data Skala Besar: Industri 4.0 mendorong pengumpulan data dalam jumlah besar dari berbagai sumber. Pengolahan data ini menggunakan algoritma AI dan machine learning untuk mendapatkan informasi penting yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan operasional.
- Optimalisasi Proses: Data analitik memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi bottleneck, mengoptimalkan sumber daya, dan meningkatkan kualitas produk secara berkelanjutan.

d. *Artificial Intelligence (AI) dan Machine Learning*

- Otomasi Kognitif: AI memfasilitasi otomatisasi kognitif, di mana mesin dapat mempelajari pola dan membuat keputusan berdasarkan data yang mereka terima. Ini mempercepat proses operasional dan memperbaiki keputusan bisnis yang diambil.
- Peramalan dan Pemeliharaan Prediktif: AI memungkinkan perusahaan untuk memprediksi kebutuhan pemeliharaan mesin sebelum terjadi kerusakan, mengurangi downtime dan meningkatkan keandalan operasional.

e. *Cloud Computing*

- Aksesibilitas Data dan Sistem: Penggunaan *cloud computing* memungkinkan data operasional untuk diakses kapan saja dan dari mana saja. Ini memberikan fleksibilitas dan

kolaborasi yang lebih besar di seluruh bagian perusahaan, termasuk rantai pasokan global.

- **Skalabilitas:** Perusahaan dapat dengan mudah mengembangkan kapasitas komputasi dan penyimpanan mereka seiring dengan pertumbuhan bisnis.
- f. **Manufaktur Cerdas (*Smart Manufacturing*)**
- **Produksi Terintegrasi:** Penerapan manufaktur cerdas memungkinkan integrasi penuh antara proses produksi, dari tahap desain hingga distribusi, menghasilkan alur kerja yang lebih efisien dan responsif terhadap perubahan pasar.
 - **Customization:** Industri 4.0 memungkinkan perusahaan memproduksi produk yang lebih disesuaikan dengan permintaan pelanggan secara efisien, melalui teknologi seperti 3D printing dan desain modular.

2. Tantangan di Era Industri 4.0

Tantangan di Era Industri 4.0

- a. **Investasi Teknologi yang Tinggi**
- **Biaya Implementasi Teknologi:** Adopsi teknologi seperti AI, IoT, dan robotika memerlukan investasi awal yang besar, baik untuk infrastruktur maupun untuk pelatihan tenaga kerja. Hal ini menjadi tantangan bagi perusahaan kecil dan menengah.
 - **Pemeliharaan dan Pengembangan Teknologi:** Setelah diimplementasikan, perusahaan perlu memastikan teknologi tersebut diperbarui dan dipelihara secara berkala, yang juga membutuhkan alokasi sumber daya yang signifikan.
- b. **Kesenjangan Keterampilan (Skills Gap)**
- **Kurangnya SDM Terampil:** Era Industri 4.0 membutuhkan tenaga kerja yang memiliki keterampilan teknologi digital,

analitik, dan pemrograman yang memadai. Kurangnya tenaga kerja dengan kemampuan tersebut menjadi tantangan besar bagi perusahaan.

- Retraining dan Upskilling: Perusahaan harus berinvestasi dalam pelatihan ulang (retraining) tenaga kerja mereka agar mampu beradaptasi dengan perubahan teknologi dan sistem baru.
- c. Keamanan Data dan Cybersecurity
- Risiko Serangan Siber: Dengan meningkatnya ketergantungan pada sistem digital dan konektivitas, perusahaan menjadi lebih rentan terhadap serangan siber yang dapat mengganggu operasional dan mencuri data penting.
 - Keamanan Jaringan IoT: Sistem IoT yang terhubung dapat menjadi titik lemah dalam keamanan jaringan jika tidak dikelola dengan baik, sehingga memerlukan langkah-langkah keamanan yang lebih kompleks.
- d. Manajemen Perubahan dan Organisasi
- Resistensi terhadap Perubahan: Transformasi digital sering kali menghadapi resistensi dari karyawan yang enggan menerima perubahan cara kerja tradisional, terutama jika teknologi baru dianggap mengancam pekerjaan mereka.
 - Reorganisasi Proses Bisnis: Implementasi teknologi Industri 4.0 sering kali memerlukan perubahan dalam struktur dan proses bisnis yang ada, yang dapat menimbulkan gangguan sementara.
- e. Kompleksitas Manajemen Data
- Volume Data yang Sangat Besar: Jumlah data yang dihasilkan oleh teknologi Industri 4.0 seperti IoT dan Big Data sangat besar. Perusahaan harus mampu memproses dan menganalisis data ini secara efektif untuk mengambil

keputusan yang tepat.

- **Data Privacy:** Pengelolaan data pribadi, terutama data konsumen, menjadi tantangan tersendiri, karena perusahaan harus memastikan bahwa mereka mematuhi aturan privasi dan regulasi terkait seperti GDPR.
- f. **Sustainability dan Lingkungan**
- **Dampak Lingkungan:** Meskipun teknologi Industri 4.0 bisa meningkatkan efisiensi, dampak lingkungan dari teknologi baru seperti perangkat elektronik dan energi yang digunakan dalam produksi cerdas juga menjadi perhatian.
 - **Teknologi Ramah Lingkungan:** Perusahaan menghadapi tantangan untuk mengadopsi teknologi yang tidak hanya efisien, tetapi juga ramah lingkungan guna mendukung agenda keberlanjutan.

Di era Industri 4.0, banyak inovasi yang mengubah cara bisnis beroperasi dan meningkatkan efisiensi, kesalahan, dan kustomisasi. Namun, perusahaan yang menghadapi masalah seperti biaya investasi teknologi, keterbatasan keterampilan, keamanan data, dan ketakutan terhadap perubahan agar dapat memanfaatkan penuh potensi revolusi ini.

3.2. Penerapan Teknologi dalam Strategi Operasi

Penerapan teknologi dalam strategi operasi di era Industri 4.0 memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan daya saing perusahaan. Teknologi yang beragam seperti *Internet of Things (IoT)*, *Artificial Intelligence (AI)*, *Big Data*, dan robotika memberikan kontribusi besar terhadap optimalisasi proses operasional. (Darwin Raja Unggul Saragih, 2024)

Dalam bukunya (Sutawidjaya, 2019) menyatakan bahwa di era

Industri 4.0, penerapan teknologi dalam strategi operasi menjadi semakin penting, karena memungkinkan integrasi antara teknologi digital dan fisik dalam proses produksi dan bisnis. Berikut adalah beberapa penerapan teknologi kunci dalam strategi operasi di era Industri 4.0:

1. *Internet of Things (IoT)*

- Pemantauan Real-Time: Sensor IoT yang terhubung ke mesin dan perangkat memungkinkan perusahaan memantau produksi dan operasional secara real-time. Ini membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum menjadi kritis, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan pemeliharaan prediktif.
- Manajemen Inventaris Otomatis: IoT juga dapat digunakan untuk mengelola inventaris dengan lebih efisien melalui pelacakan stok secara otomatis, mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan stok.

2. *Artificial Intelligence (AI)* dan *Machine Learning (ML)*

- Otomasi Proses: AI dan ML digunakan untuk mengotomatiskan proses yang kompleks dalam produksi, perencanaan, dan distribusi. Teknologi ini dapat membantu mengidentifikasi pola dalam data dan membuat keputusan yang lebih cerdas dalam manajemen operasi.
- Pemeliharaan Prediktif: AI digunakan untuk memprediksi kegagalan mesin berdasarkan data historis, yang memungkinkan perbaikan sebelum kerusakan terjadi, mengurangi downtime dan biaya pemeliharaan.

3. *Big Data* dan Analitik

- Optimalisasi Rantai Pasok: Data besar yang dikumpulkan dari seluruh ekosistem operasi dapat dianalisis untuk membuat rantai pasokan lebih efisien, baik dalam hal logistik,

pengadaan, maupun manajemen inventaris.

- Pengambilan Keputusan Berbasis Data: Dengan menganalisis data dalam jumlah besar, perusahaan dapat mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat, berdasarkan tren dan prediksi pasar, serta permintaan pelanggan.

4. *Cloud Computing*

- Aksesibilitas Data: Teknologi cloud memungkinkan akses data dari berbagai lokasi secara real-time. Ini membantu kolaborasi lintas departemen dan bahkan lintas negara, serta mengurangi kebutuhan akan infrastruktur IT fisik yang mahal.
- Skalabilitas Operasional: Perusahaan dapat dengan mudah meningkatkan atau mengurangi kapasitas teknologi yang mereka butuhkan, tanpa harus melakukan investasi besar pada infrastruktur fisik.

5. *Manufacturing Execution System (MES)*

Kontrol Produksi Secara Digital: MES adalah sistem berbasis teknologi yang membantu perusahaan dalam mengelola dan memantau proses produksi secara digital. Dengan MES, perusahaan dapat memantau kualitas, performa, dan pemanfaatan sumber daya dengan lebih efisien.

6. Robotika dan Otomasi Cerdas

- Robotika Kolaboratif: Robot-robot cerdas yang dapat bekerja bersama manusia (cobots) semakin banyak digunakan dalam lini produksi untuk meningkatkan efisiensi dan presisi tanpa menghilangkan kebutuhan akan keahlian manusia.
- *Automated Guided Vehicles (AGVs)*: Kendaraan yang dikendalikan secara otomatis (AGVs) membantu dalam manajemen logistik internal, seperti pemindahan barang di pabrik atau gudang tanpa intervensi manusia.

7. 3D Printing (*Additive Manufacturing*)

- **Produksi Kustomisasi:** Teknologi cetak 3D memungkinkan produksi barang secara kustom sesuai kebutuhan pelanggan tanpa harus mengubah lini produksi secara signifikan. Ini memberi fleksibilitas lebih tinggi dalam desain produk dan prototyping.
- **Efisiensi Material:** 3D printing menggunakan material secara lebih efisien, mengurangi limbah produksi, dan menciptakan proses manufaktur yang lebih ramah lingkungan.

8. *Augmented Reality (AR)* dan *Virtual Reality (VR)*

- **Pelatihan dan Simulasi:** AR dan VR digunakan dalam pelatihan tenaga kerja, memungkinkan simulasi operasi tanpa risiko fisik dan biaya tinggi. Misalnya, teknisi dapat dilatih dalam lingkungan VR sebelum melakukan perawatan mesin di dunia nyata.
- **Dukungan Teknis:** Dalam operasional sehari-hari, AR dapat membantu pekerja melihat instruksi atau visualisasi secara langsung saat mereka bekerja di mesin atau perangkat.

9. *Blockchain*

- **Keamanan dan Transparansi Rantai Pasok:** Blockchain memberikan transparansi dan keamanan dalam pelacakan produk dari bahan baku hingga barang jadi. Teknologi ini memudahkan pelacakan asal barang, mencegah pemalsuan, dan memastikan keaslian produk.
- **Otomasi Kontrak Cerdas (Smart Contracts):** Blockchain juga digunakan untuk otomatisasi kontrak antara pemasok dan produsen, mengurangi waktu dan biaya transaksi.

10. *Cyber-Physical Systems (CPS)*

- **Integrasi Dunia Fisik dan Digital:** CPS menggabungkan komponen fisik dan digital dalam jaringan cerdas yang dapat

memantau dan mengontrol proses produksi secara otomatis. Misalnya, mesin-mesin cerdas yang dapat berkomunikasi satu sama lain untuk mengoptimalkan produksi tanpa campur tangan manusia.

3.3. Dampak Penerapan Teknologi di Era Industri 4.0

Adapun dampak dari penerapan teknologi di Era Industri 4.0 di kutip oleh (Tinkes, 2021) adalah :

- a. Efisiensi Operasional: Teknologi memungkinkan operasional yang lebih cepat, hemat biaya, dan lebih terukur.
- b. Kustomisasi dan Fleksibilitas: Produksi dapat lebih disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pelanggan, tanpa mengorbankan skala besar.
- c. Pengurangan Waktu Henti dan Kerugian: Sistem prediktif dan otomatisasi mengurangi waktu henti serta meminimalkan kerugian akibat kesalahan atau ketidakakuratan manusia.
- d. Keberlanjutan: Teknologi seperti IoT dan big data dapat digunakan untuk meminimalkan limbah, mengoptimalkan penggunaan energi, dan meningkatkan keberlanjutan dalam operasional.

Dengan penerapan teknologi yang canggih, perusahaan di era Industri 4.0 mampu berinovasi dan bersaing dalam skala global dengan lebih efektif.

3.4. Model-Model Strategi Operasi di Era Digital

Di era digital, strategi operasi telah berkembang untuk mengakomodasi integrasi teknologi dan transformasi digital yang cepat. Model-model strategi operasi yang muncul di era digital lebih berfokus pada fleksibilitas, efisiensi, inovasi, dan adaptasi terhadap perubahan pasar dan teknologi. (Bambang D. Suseno, 2023)

Berikut adalah beberapa **model strategi operasi** yang relevan di era digital:

1. *Lean Manufacturing 4.0*

- Definisi: *Lean Manufacturing* berfokus pada pengurangan pemborosan dan peningkatan efisiensi dengan memaksimalkan nilai bagi pelanggan. Dalam konteks era digital, *Lean Manufacturing 4.0* menggabungkan prinsip lean dengan teknologi digital seperti IoT, AI, dan big data untuk meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas.
- Penerapan: Penggunaan sensor IoT untuk memantau proses produksi, analitik data untuk mengidentifikasi pemborosan, dan AI untuk meningkatkan manajemen rantai pasokan dan pemeliharaan prediktif. Contoh lainnya adalah penggunaan robotika kolaboratif (cobots) dalam produksi untuk mengurangi kesalahan manual.

2. *Agile Operations*

- Definisi: Model operasi yang gesit dan responsif terhadap perubahan, baik dari sisi permintaan pelanggan maupun perubahan pasar. Tujuannya adalah beradaptasi dengan cepat terhadap situasi yang tidak terduga dengan proses yang fleksibel.
- Penerapan: Dalam era digital, teknologi seperti cloud computing dan platform digital memungkinkan perusahaan untuk mengubah atau menyesuaikan proses mereka dengan cepat. Agile operations sering digunakan dalam industri teknologi, manufaktur yang berorientasi pada produk khusus, dan perusahaan yang mengutamakan inovasi cepat.

3. *Smart Manufacturing*

- Definisi: *Smart manufacturing* mengacu pada penggunaan

teknologi seperti IoT, AI, big data, dan analitik canggih untuk menciptakan sistem produksi yang mandiri dan terhubung. Sistem ini mengoptimalkan kinerja produksi dengan memanfaatkan data real-time.

- Penerapan: Sensor cerdas, robotika, dan sistem pemantauan otomatis digunakan untuk mengelola seluruh rantai produksi. Data yang dihasilkan oleh sensor diproses menggunakan AI untuk mendukung keputusan otomatis dan memperbaiki aliran proses produksi.

4. *Mass Customization*

- Definisi: Model ini memungkinkan produksi massal namun tetap memberikan opsi kustomisasi kepada pelanggan. Dengan memanfaatkan teknologi digital, perusahaan dapat menyesuaikan produk atau layanan sesuai kebutuhan individu tanpa mengorbankan skala produksi.
- Penerapan: Teknologi seperti 3D printing, desain modular, dan *platform e-commerce* memfasilitasi kustomisasi produk berdasarkan permintaan pelanggan, sambil tetap menjaga efisiensi produksi skala besar. Contoh industri yang menerapkan ini adalah fashion dan otomotif.

5. *Digital Twin*

- Definisi: Digital twin adalah representasi digital dari aset fisik, proses, atau sistem yang memungkinkan simulasi dan pemantauan kinerja di dunia nyata secara real-time. Ini digunakan untuk pengoptimalan, perencanaan, dan prediksi operasional.
- Penerapan: Dalam manufaktur, digital twin digunakan untuk memodelkan pabrik, peralatan, atau produk guna memantau kinerjanya secara real-time dan menguji skenario operasional. Teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi

dan memperpanjang umur aset dengan memprediksi perbaikan sebelum terjadi kerusakan.

6. *Cloud-Driven Operations*

- Definisi: Model ini memanfaatkan teknologi cloud untuk menjalankan operasi perusahaan, mulai dari manajemen rantai pasok, manajemen produksi, hingga layanan pelanggan. Cloud computing memungkinkan akses data dan aplikasi secara cepat, skalabilitas, dan kolaborasi yang lebih baik.
- Penerapan: Platform berbasis cloud digunakan untuk mengelola dan menyimpan data operasional, memungkinkan tim di berbagai lokasi untuk mengakses dan bekerja secara real-time. Ini juga mendukung penggunaan *software-as-a-service* (SaaS) untuk berbagai fungsi bisnis, termasuk pengelolaan hubungan pelanggan (CRM) dan perencanaan sumber daya perusahaan (ERP).

7. *Platform-Based Operations*

- Definisi: Strategi ini menggunakan model platform yang menghubungkan berbagai pemangku kepentingan (produsen, pemasok, konsumen) melalui ekosistem digital. Perusahaan memanfaatkan platform untuk menciptakan nilai melalui koneksi yang efisien antara pengguna dan penyedia.
- Penerapan: Contoh perusahaan dengan model ini adalah Amazon dan Alibaba, yang mengelola ekosistem platform yang memungkinkan ribuan pemasok untuk menjual produk kepada konsumen dengan efisiensi tinggi melalui pengelolaan rantai pasokan digital.

8. *End-to-End Supply Chain Visibility*

- Definisi: Model operasi ini berfokus pada memberikan visibilitas menyeluruh dari hulu ke hilir dalam rantai pasokan,

didukung oleh teknologi digital seperti blockchain, IoT, dan analitik canggih untuk memastikan transparansi dan optimalisasi.

- Penerapan: *Blockchain* digunakan untuk memastikan transparansi dalam pelacakan produk dari bahan mentah hingga ke tangan konsumen, sementara IoT digunakan untuk memonitor kondisi produk selama pengiriman, terutama pada barang-barang sensitif seperti makanan dan obat-obatan.

9. *Servitization*

- Definisi: Model ini melibatkan penggabungan layanan dengan produk untuk menciptakan penawaran yang lebih menarik bagi pelanggan. Dengan menggunakan teknologi digital, perusahaan dapat menyediakan layanan tambahan seperti pemantauan produk secara real-time, dukungan teknis otomatis, dan kontrak layanan berbasis penggunaan.
- Penerapan: Contoh penerapan model ini adalah dalam industri permesinan, di mana perusahaan menawarkan layanan pemeliharaan berbasis kondisi mesin yang dipantau secara digital, atau dalam industri otomotif dengan menawarkan layanan berbasis data kendaraan yang terkoneksi.

10. *Omnichannel Operations*

- Definisi: *Omnichannel* adalah model operasi yang memberikan pengalaman pelanggan yang mulus dan terintegrasi di berbagai saluran (online, toko fisik, aplikasi mobile, dll.). Teknologi digital memungkinkan integrasi dan otomatisasi berbagai titik interaksi dengan pelanggan.
- Penerapan: Perusahaan ritel seperti Walmart dan Starbucks menggunakan strategi omnichannel untuk memastikan

pelanggan dapat berbelanja atau mendapatkan layanan dengan mudah melalui platform digital, seperti aplikasi mobile, web, atau toko fisik, dengan pengalaman yang konsisten.

11. *Circular Economy*

- Definisi: Model operasi berbasis ekonomi sirkular fokus pada daur ulang, penggunaan kembali, dan pengurangan limbah dalam proses operasional. Teknologi digital memungkinkan perusahaan melacak siklus hidup produk dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
- Penerapan: IoT dan big data dapat digunakan untuk memantau keberlanjutan rantai pasokan, sementara teknologi seperti 3D printing meminimalkan limbah produksi dengan hanya menggunakan bahan sesuai kebutuhan.

12. *Resilient Operations*

- Definisi: Strategi ini bertujuan membangun operasi yang tangguh dan dapat menghadapi gangguan, baik karena krisis ekonomi, bencana alam, atau pandemi. Fokusnya adalah pada fleksibilitas dan kemampuan untuk memulihkan diri dengan cepat.
- Penerapan: Penggunaan teknologi digital seperti AI dan analitik prediktif membantu perusahaan merencanakan skenario krisis dan membangun rantai pasokan yang lebih kuat dengan diversifikasi sumber pemasok.

Strategi operasi di era digital memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kecepatan, fleksibilitas, efisiensi, dan kualitas dalam proses bisnis. Perusahaan yang sukses dalam mengadopsi model-model operasi digital ini memiliki peluang besar untuk unggul dalam persaingan dan menghadapi dinamika pasar yang terus berubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad H Sutawidjaya, L. C. N. (2019). *Operasi Strategi & Proses Manajemen : Pendekatan Praktis untuk Industri 4.0*. Mitra Wacana Media.
- Bambang D. Suseno. (2023). *Manajemen Strategis Era Digital Terintegrasi Riset Dan Kontekstual*. Eureka Media Aksara,.
- Darwin Raja Unggul Saragih. (2024). *Manajemen Operasional Strategi Dan Praktik Terbaik*. PT. Literasi Nusantara Abadi Grup.
- Tinkes, I. N. (2021). *Manajemen strategi di era revolusi industri 4.0*. Deepublish Publisher.

PROFIL PENULIS



Dr. Andriani Sariwardani, SE. M.Si.
Dosen Magister Manajemen Pendidikan
Universitas Bina Bangsa

Dr. Andriani Sariwardani, SE., M. Si lahir di Jakarta pada tanggal 3 Desember 1969. Menyelesaikan studi doktoral di Universitas Negeri Jakarta mengambil konsentrasi Manajemen Pendidikan, lulus tahun 2011. Pengalaman kerja penulis, menjadi wakil ketua I di STIE Sailendra Jakarta, Ketua di STIE Sailendra, pernah mengajar di SMA Yadika 9 Bekasi dan SMA Toga Terang Bekasi. Pernah mengajar di STIAM I Bekasi dan mengajar di Universitas Pradita. Sekarang ini jenjang kepangkatan penulis, Lektor 300.



PERENCANAAN DAN DESAIN PRODUK DI ERA DIGITAL

Oleh: Moh Yusuf Dawud, S.P., M.Agr.

4.1. Perencanaan Produk

Desain atau rancangan adalah bentuk suatu rencana yang akan dilakukan oleh produsen sehingga menghasilkan perencanaan berupa proposal, gambar, model, maupun deskripsi guna menghasilkan sebuah objek, sistem, komponen atau struktur usaha yang akan dilakukan (Halim, dkk, 2014). Desain produk dapat diartikan sebagai kegiatan yang berhubungan dengan merancang, merencana, membangun, atau merekayasa. Kegiatan merancang desain bisa ditemukan di berbagai bidang kehidupan manusia. Seseorang atau suatu kelompok merencanakan sebuah desain yang sempurna untuk menghasilkan atau mendapatkan hasil yang sesuai dengan harapan atau tujuan suatu organisasi. Bentuk akhir atau produknya pun bermacam-macam, tidak hanya berupa sebuah peralatan atau mesin, melainkan bisa berupa sesuatu yang tidak berbentuk, seperti perangkat lunak, sistem kerja, model animasi 3D, dan sebagainya.

Informasi umum dalam pelaksanaan suatu perencanaan produksi agar sesuai dengan harapan produsen serta keinginan konsumen, maka perlu adanya Identifikasi Customer Needs (WHATS) (Moh Yusuf Dawud & Darsan, 2020). Identifikasi harapan konsumen

diharapkan mampu menghasilkan suatu perencanaan serta desain yang di inginkan konsumen sehingga perencanaan desain bisa dijalankan secara *sustainability*, dalam hal ini perlu adanya kriteria perencanaan yang baik sebagai berikut:

1. Rencana harus mempermudah tercapainya tujuan yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Rencana harus dibuat oleh orang-orang yang sungguh-sungguh memahami tujuan organisasi.
3. Rencana harus dibuat oleh orang-orang yang sungguh-sungguh mendalami teknik-teknik perencanaan.
4. Rencana harus disertai oleh suatu perincian yang teliti.
5. Rencana tidak boleh terlepas sama sekali dari pemikiran pelaksanaan.
6. Rencana harus bersifat sederhana.
7. Rencana harus luwes.
8. Rencana terdapat tempat pengambilan resiko.
9. Rencana harus bersifat praktis (pragmatis).
10. Rencana harus merupakan forecasting

Adapun yang harus diperhatikan dalam sebuah perencanaan yang baik sebagai berikut:

1. Didasari dengan tujuan.
2. Konsisten dan realistis.
3. Pengawasan yang kontinu.
4. Mencakup aspek fisik dan pembiayaan.
5. Memahami berbagai ciri hubungan antar variabel ekonomi.
6. Mempunyai koordinasi yang baik.

Perencanaan desain produk dibuat berdasarkan fakta yang konkrit serta para anggota organisasi/perusahaan melakukan secara bersama-sama, maka perencanaan tersebut bisa dikatakan baik, Jadi bukan semata-mata didasarkan atas kemampuan pribadi perencana. Suatu perencanaan yang dapat menghasilkan suatu rencana yang

baik, apabila dilakukan berdasarkan prinsip-prinsip yang meliputi 5 W dan 2 H. Yaitu pertanyaan-pertanyaan yang harus dijawab planner dalam proses pembuatan rencana. Yang berarti bahwa dalam perencanaan itu harus mampu memberikan jawaban 7 pertanyaan sebagai berikut:

1. **What (apa)** yang harus dikerjakan, dalam pertanyaan ini harus memuat penjelasan dan perincian kegiatan yang dibutuhkan atau faktor faktor produksi yang diperlukan untuk melaksanakan kegiatan dalam usaha mencapai tujuan yang diinginkan.
2. **Where (di mana)** pekerjaan itu harus dilaksanakan, dalam pertanyaan ini harus memuat penjelasan tentang lokasi pisik dimana setiap pekerjaan harus dikerjakan. Sehingga dengan demikian segenap alat dan fasilitas yang diperlukan dapat disediakan pada tempat yang telah ditentukan.
3. **When (kapan)** pekerjaan itu dikerjakan, dalam pertanyaan ini harus memuat jawaban mengenai dimulai dan diakhirinya suatu pekerjaan baik untuk tiap-tiap bagian maupun untuk keseluruhan. Dan bilamana perlu dikemukakan pula tentang standar waktu untuk sesuatu jenis pekerjaan.
4. **Who (siapa)** yang tepat melaksanakan pekerjaan, dalam pertanyaan ini harus memuat penjelasan tentang kualifikasi orang yang akan melaksanakan, baik mengenai pengalaman, kemampuan, pendidikan dan sebagainya.
5. **Why (mengapa)** pekerjaan itu harus dilakukan, dalam hal ini memuat penjelasan atau deskripsi mengapa pekerjaan itu harus dilakukan, dan mengapa tujuan itu harus dicapai.
6. **How (bagaimana)** cara mengerjakannya, dalam hal ini memuat penjelasan tentang teknik atau metode pelaksanaan pekerjaan.
7. **How (bagaimana)** dengan biaya yang diperlukan untuk

pekerjaan itu, memuat tentang ongkos atau anggaran belanja yang diperlukan (budget), serta alokasinya ke dalam masing-masing pos anggaran.

Tahapan Perancangan Produk memiliki beberapa Fase dalam merancang produk yaitu:

1. Functional design

Tujuan utama suatu desain fungsional adalah untuk mengembangkan suatu model fungsional yang aktif dari suatu produk, tanpa memendang apakah produk akan berakhir seperti apa.

2. Industrial design

Merancang untuk keindahan dan untuk pemakai akhir, biasanya dimasukkan dalam industrial design.

3. Design for manufacturability

Dalam memasukkan fungsional desain produk ke dalam produk yang manufacturable, perancang harus mempertimbangkan banyak aspek. Mereka dapat menggunakan berbagai metode dan alternatif bahan baku untuk membuat produk.

1. Desain Produk

Kesuksesan ekonomi sebuah perusahaan manufaktur tergantung pada kemampuan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, kemudian secara tepat menciptakan produk yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut dengan biaya yang rendah. Produk cacat adalah produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan, akan tetapi dengan mengeluarkan biaya dalam pengerjaannya kembali perlu memperbaiki produk tersebut secara ekonomis dapat disempurnakan lagi menjadi produk yang lebih baik, upaya menganalisa, mengevaluasi dan mengurangi waste ini, salah satu hal yang harus dilakukan perusahaan adalah menganalisa tentang penggunaan material di lapangan. Hal ini karena material merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam suatu

proses produksi. Penggunaan material di lapangan seringkali menimbulkan sisa material atau waste yang cukup tinggi, usaha minimalisasi sisa material akan membantu perusahaan untuk meningkatkan keuntungan semaksimal mungkin, di samping itu dapat mengurangi pengaruh dampak lingkungan Dawud, M. Y. (2020). Perusahaan diharapkan mampu melakukan pengendalian kualitas yang dapat menekan jumlah produk cacat seminimal mungkin. Pengendalian kualitas ini diharapkan dapat memperoleh suatu produk dengan kualitas yang baik, agar sesuai dengan spesifikasi produk yang didasarkan pada standar yang berlaku. Kesalahan dalam proses produksi tersebut terjadi disaat proses penimbangan beras sehingga menyebabkan produk tersebut menjadi cacat/kelebihan berat. Pada umumnya produk yang cacat/kelebihan berat akan membuat perusahaan mengalami kerugian jika Untuk membuat sebuah produk biasanya kita akan melewati tahap-tahap sebagai berikut:

1. Market Research dan Feasibility

Study Market Research dilakukan untuk mengetahui selera pasar pada umumnya. Dari market research ini bisa didapatkan produk seperti apa yang konsumen butuhkan atau inginkan.

2. Brainstorming

Brainstorming, atau dalam bahasa Indonesia juga disebut sebagai curah pendapat, adalah proses mengumpulkan ide-ide untuk mencari solusi/jalan keluar dari masalah yang didiskusikan. Dari proses berdiskusi ini akan didapatkan garis besar barang yang akan dibuat, cara kerja, komponen yang akan dipakai, dan lain sebagainya. Misalnya kita ingin membuat mesin penghisap debu, akan terbayang untuk membuatnya dibutuhkan motor, chasing/wadah, filter/saringan, hose/pipa, mulut pipa dan sebagainya.

3. Menentukan Tujuan dan Batasan Produk

Tujuan dan batasan diperlukan agar kita tidak berlebihan dalam merancang produk tersebut yang akan berakibat mahalnya harga jual ke konsumen. Konsumen tentu saja menginginkan nilai tambah yang ditawarkan dalam produk tersebut sepadan dengan biaya yang dikeluarkannya (reasonable price). Tentu saja market research diperlukan untuk mengetahui selera pasar. Dari menentukan tujuan dan batasan ini kita memperoleh spesifikasi komponen-komponen dan material apa saja yang akan dipakai.

4. Menggambar Produk

Dengan menggambarkan produk berdasarkan hubungan dimensi komponen-komponen yang sudah ditentukan dalam tahap-2 di atas, kita akan mendapatkan ilustrasi produk jadi. Produk bisa digambar dalam 2 dimensi atau 3 dimensi, biasanya gambar 3 dimensi lebih mudah dimengerti oleh sebagian besar orang. Merancang produk dalam 3 dimensi bisa dilakukan dengan menggunakan software SolidWorks, Inventor, Catia dll.

5. Review Produk

Produk review dilakukan untuk mengevaluasi apakah ada kekurangan pada rancangan yang sudah dibuat desainnya sampai tahap gambar ini. Diskusi dengan melihat gambar produk biasanya lebih mudah berkembang daripada hanya membayangkannya saja. Pada tahap ini kembali dilakukan brainstorming untuk mendapatkan hasil yang optimal dan meminimalisir masalah yang akan timbul ketika produksi nanti. Pada tahap ini pula biasanya produk yang sedang dirancang perlu dibenahi disana-sini.

6. Membuat Prototype/Sample

Sample barang yang akan diproduksi bisa dibuat dengan berbagai cara. Untuk produk-produk dari resin bisa dimodelkan

dengan mesin rapid prototyping, desain body mobil yang stylish bisa dimodelkan dengan tanah liat khusus, kardus pembungkus produk bisa dibuat dengan tangan. Untuk produk-produk yang sudah umum tidak perlu sampai membuat sample barangnya (produk-produk dari besi), namun memerlukan ketelitian dalam menggambar dan tidak boleh ada kesalahan gambar yang bisa berakibat fatal: barang reject.

7. Uji Coba

Sebelum dipasarkan tentu kita perlu menguji apakah barang yg kita buat ini benar-benar handal atau tidak. Ada yang mengujinya berdasarkan waktu, ditekan, dijatuhkan, dan lain-lain. Produsen telepon seluler seperti nokia memiliki mesin khusus untuk menguji ponsel-ponsel buatan mereka supaya tahan terhadap bantingan. Jika ditemukan hal-hal yang tidak memuaskan tentu saja produk tersebut perlu didesain ulang (kembali ke tahap 3). Hal-hal yang memuaskan tentu saja harus dilihat dari sudut pandang konsumen, bukan produsen. Begitulah produsen produsen besar saat ini mengkaji terus menerus produk mereka agar nama produk yang mereka buat tetap terjaga.

8. Poduksi Masal

Dalam produksi masal perlu adanya kontrol kualitas agar konsumen tidak sampai menerima barang yang rusak.

9. Garansi

Garansi adalah layanan purna jual yang diberikan oleh perusahaan yang membuat produk tersebut agar konsumen tenang jika sewaktu-waktu ada kerusakan pada barang tersebut.

Uraian kegiatan perancangan desain produk Jaringan kerja perancangan produk Perhitungan maju dan mundur waktu kegiatan Penentuan jalur kritis Perhitungan waktu penyelesaian proyek

Langkah Perancangan Produk Langkah-langkah dalam proses perancangan produk mempunyai Fase Informasi, Fase ini bertujuan untuk memahami seluruh aspek yang berkaitan dengan produk yang hendak dikembangkan dengan cara mengumpulkan informasi-informasi yang dibutuhkan secara akurat. Informasi informasi yang dibutuhkan. Kriteria keinginan konsumen terhadap produk Kriteria kepentingan relatif konsumen Kriteria manufaktur yang mencakup diagram mekanisme pembuatan dan struktur fungsi Kriteria buying Kriteria finance produk awal Fase Kreatif Fase ini bertujuan untuk menampilkan alternatif yang dapat memenuhi fungsi yang dibutuhkan. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah Penentuan kriteria atribut produk dengan menggunakan diagram pohon Penentuan prioritas perancangan dengan menggunakan matriks Quality Function Deployment (QFD) dimana didalamnya terdapat indikator uji meliputi persyaratan, dari segi matriks house of quality akan mengetahui keinginan pelanggan terkait produk, matriks design deployment untuk mengetahui desain yang diinginkan oleh pelanggan, matriks process planning untuk mengetahui perencanaan proses dan matriks production planning untuk mengetahui perencanaan produksi. Hal ini diharapkan bisa sesuai dengan aturan/tahapan yang telah ditetapkan (Moh Yusuf Dawud 2020) Pembuatan alternatif model produk Perhitungan biaya alternatif model. Fase Analisa Fase ini bertujuan untuk menganalisa alternatif-alternatif yang dihasilkan pada fase kreatif dan memberikan rekomendasi terhadap alternatif alternatif terbaik. Analisa yang dilakukan yaitu Analisa kriteria atribut yang akan dikembangkan Penilaian kriteria atribut antar model dengan matrix zero one Pembobotan kriteria atribut produk Matrix combinex Value analysis Fase Pengembangan Fase ini bertujuan memilih salah satu alternatif tunggal dari beberapa alternatif yang ada yang merupakan alternatif terbaik dan merupakan output dari fase analisa. Data-data tentang

alternatif yang terpilih dan spesifikasinya Fase Presentasi Fase ini bertujuan untuk mengkomunikasikan secara baik dan menarik terhadap hasil pengembangan produk. B. Konsep Produk Menurut Kotler (2002), produk adalah sesuatu yang dapat ditawarkan kedalam pasar untuk diperhatikan, dimiliki, dipakai, atau dikonsumsi sehingga dapat memuaskan keinginan dan kebutuhan. Dengan kata lain, produk merupakan sesuatu yang dibuat untuk menjalankan fungsinya, yakni memberikan kemudahan dan atau menggantikan tugas manusia.

Konsep produk bisa dilakukan dalam bentuk sketsa, diagram alir, catatan teks, dan sebagainya yang suatu saat bisa dikembangkan atau dibuat menjadi produk nyata. Ginting (2009) menjelaskan bahwa perancangan terdiri di beberapa kegiatan fase perencanaan dan penjelasan tugas Fase perancangan konsep produk Fase perancangan bentuk produk Fase perancangan detail Produk memiliki umur yang terbatas, sehingga ada batasan yang disebut dengan siklus hidup produk (product life cycle). Tahapan pengenalan merupakan tahapan awal peluncuran produk atau tahap awal memperkenalkan produk ke pasar. Tahap ini ditandai dengan volume penjualan yang relatif rendah. Tahap pertumbuhan merupakan tahap suatu produk yang tingkat penyambutannya di pasar sangat pesat, serta memiliki tingkat penjualan yang meningkat secara drastis. Tahap kedewasaan (maturity) Tahap kedewasaan merupakan tahap dimana produk yang ditawarkan ke pasar telah berada pada posisi yang stabil. Tahap penurunan (decline) Tahap penurunan merupakan kondisi dimana eksistensi produk di pasar telah mulai memudar. Tahap ini ditandai dengan berkurangnya keuntungan dan volume penjualan cenderung menurun. Menurut Kotler (2002), terdapat 5 tingkatan produk, yaitu:

1. Manfaat inti (core benefit) Merupakan tingkatan produk dimana manfaat dasar dari suatu produk yang ditawarkan

- kepada konsumen.
2. Produk dasar (basic product) Merupakan tingkatan produk dimana bentuk dasar dari suatu produk dapat dirasakan oleh panca indra.
 3. Produk yang diharapkan (expected product) Tingkatan produk dimana pembeli mengharapkan adanya serangkaian atribut-atribut produk dan kondisi-kondisi tertentu pada saat membelinya.
 4. Produk yang ditingkatkan (augmented product) Tingkatan produk dimana adanya sesuatu yang membedakan antara produk yang ditawarkan oleh badan usaha dengan produk yang ditawarkan oleh pesaing.
 5. Produk potensial (potential product) Tingkatan produk dimana adanya argumentasi dan perubahan bentuk yang dialami oleh suatu produk dimasa datang.

DAFTAR PUSTAKA

- Dawud, M. Y. (2020). PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK BERAS MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA (Studi Kasus Home Industry Ud. Mulyo Langgeng). *LUMBUNG*, 19(2), 120–128. <https://doi.org/10.32530/lambung.v19i2.242>
- Kotler, Philip.(2002). Manajemen Pemasaran. Jakarta: Erlangga.
- moh yusuf dawud, & Darsan , d. (2020). analisis diversifikasi produk olahan salak wedi menggunakan metode quality function deployment(qfd) dan metode analytical hierarchy process (ahp): analisis diversifikasi produk olahan salak wedi menggunakan metode quality function deployment (qfd) dan metode analytical hierarchy process (ahp). *viabel: jurnal ilmiah ilmu-ilmu pertanian*, 14 (2), 42-56.

<https://doi.org/10.35457/viabel.v14i2.1233>

Rangkuti, Erinsyah Maulia. (2012). Analisis Kepuasan Pelanggan Dengan Pendekatan Model Kano Serta Aplikasi Quality Function Deployment (Qfd) dan Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch (Triz) Untuk Meningkatkan Mutu Pelayanan Jasa Perbankan. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara, Medan.

Sadikin. Dkk (2014). Pendekatan Terpadu Menggunakan Metode Qfd-Anp Dalam Menentukan Sasaran Peningkatan Rancangan Pada Produk Springbed. Jurnal. Universitas Sumatera Utara, Medan. Hutahaean,

PROFIL PENULIS



**Moh Yusuf Dawud , S. P., M.Agr.
Dosen Agribisnis
Universitas Bojonegoro**

Nama lengkap saya Moh Yusuf Dawud, Lahir pada tanggal 20 September Tahun 1987 di Kabupaten Kediri , dan nama panggilan Saya Yusuf. Saat ini saya menjadi dosen di universitas Bojonegoro fak. Pertanian, bidang keilmuan yakni produksi pertanian serta produksi operasi pertanian dalam bidang agro industry pertanian



MANAJEMEN SIKLUS HIDUP PRODUK DENGAN TEKNOLOGI 4.0

Oleh: Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE.,M.M.

5.1. Pendahuluan

1. Manajemen Siklus Hidup Produk

Manajemen Siklus Hidup Produk (*Product Lifecycle Management/PLM*) adalah pendekatan strategis dalam mengelola seluruh tahapan siklus hidup suatu produk, mulai dari ide awal, pengembangan dan desain, produksi, distribusi, penggunaan, hingga daur ulang atau penarikan produk. PLM bertujuan untuk mengintegrasikan proses, data, dan sumber daya terkait produk agar lebih efisien dan efektif, dengan melibatkan berbagai fungsi dalam organisasi seperti *R&D*, manufaktur, pemasaran, hingga layanan pelanggan.

PLM memfasilitasi kolaborasi lintas departemen, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih baik dan lebih cepat, serta meningkatkan kualitas produk sepanjang siklus hidupnya. Teknologi informasi memainkan peran penting dalam PLM, dengan menyediakan platform digital yang memungkinkan manajemen data produk dan kolaborasi antar-pemangku kepentingan dalam waktu nyata.

PLM juga berfungsi untuk:

- 1) Mengoptimalkan proses pengembangan dan perancangan produk.
- 2) Mengurangi biaya dan waktu untuk mencapai pasar (time-to-market).
- 3) Meningkatkan fleksibilitas dalam menghadapi perubahan permintaan pasar.
- 4) Mendukung inovasi dan kelestarian produk melalui siklus hidupnya.

Dalam konteks teknologi 4.0, PLM semakin penting karena memungkinkan integrasi dengan teknologi seperti IoT, Big Data, dan kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi operasional dan inovasi produk.

2. Evolusi PLM: Metode Konvensional Ke Integrasi Teknologi Industri 4.0

Evolusi Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) berawal dari metode konvensional yang bersifat manual dan terfragmentasi, di mana setiap departemen, seperti desain, produksi, dan pemasaran, beroperasi secara terpisah dengan data yang terisolasi. Proses pengelolaan produk berlangsung secara linear, dengan sedikit kolaborasi lintas departemen, yang sering kali menyebabkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan dan respon terhadap perubahan pasar. Pengelolaan data produk pada tahap ini masih dilakukan secara manual atau dengan perangkat lunak yang berdiri sendiri, membuat prosesnya lambat dan rentan terhadap kesalahan.

Namun, dengan munculnya Industri 4.0, PLM mengalami transformasi besar melalui integrasi teknologi canggih seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan Big Data. Teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk mengelola seluruh siklus hidup produk secara lebih efisien, dari desain hingga daur ulang, melalui otomatisasi, pengumpulan data real-time, dan analisis

cerdas. PLM dengan teknologi 4.0 memungkinkan kolaborasi global yang lebih efektif melalui platform cloud, serta meningkatkan transparansi dan keamanan melalui teknologi blockchain. Evolusi ini mempercepat inovasi produk, meningkatkan fleksibilitas perusahaan, dan mengurangi biaya serta risiko operasional.

3. Pentingnya PLM dalam konteks globalisasi dan digitalisasi industri

Pentingnya Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) dalam konteks globalisasi dan digitalisasi industri terletak pada kemampuannya untuk mengintegrasikan berbagai proses bisnis lintas departemen dan lokasi geografis. Dalam era globalisasi, perusahaan sering kali harus bekerja sama dengan mitra internasional, seperti pemasok dan produsen, yang tersebar di berbagai negara. PLM memungkinkan perusahaan untuk mengelola seluruh siklus hidup produk secara terpusat, mulai dari desain hingga distribusi, sehingga meningkatkan koordinasi dan kolaborasi lintas batas. Dengan PLM, perusahaan dapat memastikan standar kualitas produk yang konsisten di berbagai pasar global, sekaligus mempercepat time-to-market melalui pengambilan keputusan yang lebih cepat dan terinformasi.

Dalam konteks digitalisasi, PLM menjadi semakin penting karena memungkinkan integrasi teknologi canggih seperti IoT, kecerdasan buatan (AI), dan Big Data ke dalam proses pengelolaan produk. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk memantau kinerja produk secara real-time, menganalisis data penggunaan untuk peningkatan berkelanjutan, serta merespons perubahan permintaan pasar dengan lebih cepat. Digitalisasi PLM juga mempercepat inovasi produk melalui otomatisasi dan simulasi digital, serta mengurangi biaya dan risiko operasional dengan deteksi dini terhadap masalah yang mungkin muncul dalam siklus hidup produk. Oleh karena itu, PLM menjadi elemen kunci dalam mempertahankan daya saing di era

global yang semakin kompleks dan terdigitalisasi.

5.2. Konsep Dasar Manajemen Siklus Hidup Produk

Konsep dasar Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) adalah pendekatan holistik yang mengelola seluruh tahapan siklus hidup suatu produk, mulai dari ide awal, desain, pengembangan, produksi, distribusi, penggunaan, hingga daur ulang atau penarikan produk. PLM bertujuan untuk mengintegrasikan data, proses, dan tim yang terkait dengan pengelolaan produk agar lebih efisien dan efektif. Dengan PLM, perusahaan dapat mengoptimalkan setiap tahap siklus hidup produk, meningkatkan kolaborasi lintas departemen, mempercepat inovasi, serta mengurangi biaya dan risiko. Melalui pengelolaan data produk secara terpusat, PLM membantu perusahaan merespons perubahan pasar dengan lebih cepat, sambil memastikan kualitas dan keberlanjutan produk sepanjang masa pakainya.

1. Tahapan Utama Siklus Hidup Produk: Pengembangan, Pertumbuhan, Kedewasaan, Dan Penurunan

Tahapan utama dalam siklus hidup produk meliputi empat fase: pengembangan, pertumbuhan, kedewasaan, dan penurunan. **Tahap pengembangan** dimulai dengan ide dan desain produk baru, diikuti oleh pengujian dan peluncuran produk ke pasar. Pada fase ini, biaya biasanya tinggi karena adanya investasi besar dalam penelitian, pengembangan, dan pemasaran awal. Tujuannya adalah memperkenalkan produk secara efektif dan memastikan produk tersebut memiliki daya tarik di pasar. Keberhasilan pada fase pengembangan akan membuka jalan menuju tahap berikutnya.

Tahap pertumbuhan ditandai dengan peningkatan penjualan dan popularitas produk. Pada fase ini, perusahaan berfokus pada peningkatan kapasitas produksi dan distribusi untuk memenuhi permintaan pasar yang meningkat. Setelah produk mencapai **tahap kedewasaan**, penjualan cenderung stabil, dan pasar mulai jenuh.

Persaingan meningkat, sehingga perusahaan harus mempertahankan pangsa pasar melalui inovasi kecil, diferensiasi, atau promosi yang lebih agresif. Akhirnya, produk memasuki **tahap penurunan**, di mana penjualan mulai menurun akibat munculnya teknologi atau tren baru. Pada tahap ini, perusahaan harus memutuskan apakah akan menghentikan produk, meremajakan produk, atau beralih ke inovasi baru untuk tetap relevan di pasar.

2. Manfaat Penerapan Plm Dalam Pengelolaan Produk

Penerapan Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) memberikan sejumlah manfaat signifikan dalam pengelolaan produk, terutama dalam meningkatkan efisiensi operasional. Dengan PLM, perusahaan dapat mengintegrasikan seluruh proses yang terlibat dalam pengembangan dan produksi produk ke dalam satu sistem yang terpusat. Hal ini memungkinkan kolaborasi yang lebih baik antara tim desain, produksi, pemasaran, dan layanan pelanggan, sehingga mengurangi fragmentasi data dan mempercepat pengambilan keputusan. PLM juga membantu perusahaan memperpendek siklus pengembangan produk (time-to-market) dengan memfasilitasi otomatisasi proses, manajemen perubahan yang lebih cepat, serta deteksi dini masalah yang mungkin terjadi di berbagai tahap pengembangan.

Selain itu, PLM berperan dalam meningkatkan kualitas produk dan mengurangi biaya operasional. Melalui pengelolaan data produk yang akurat dan terintegrasi, perusahaan dapat memantau seluruh siklus hidup produk, mulai dari desain hingga distribusi, dengan lebih baik. Ini memungkinkan perbaikan berkelanjutan dan pengelolaan risiko yang lebih baik, seperti meminimalisir kesalahan desain atau produksi yang mahal. PLM juga mendukung keberlanjutan dengan memfasilitasi manajemen daur ulang produk, membantu perusahaan mengurangi limbah dan mematuhi regulasi lingkungan. Dengan manfaat tersebut, penerapan PLM menjadi strategi penting bagi

perusahaan untuk tetap kompetitif dalam industri yang semakin terdigitalisasi dan global.

3. Tantangan Dalam Mengelola Siklus Hidup Produk

Mengelola siklus hidup produk menghadirkan sejumlah tantangan yang dapat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas perusahaan. Salah satu tantangan utama adalah **kompleksitas koordinasi antar departemen**. Siklus hidup produk melibatkan berbagai fungsi organisasi seperti desain, produksi, pemasaran, dan layanan purnajual, yang sering kali beroperasi dengan sistem dan data yang terisolasi (*siloed*). Kurangnya integrasi ini dapat menyebabkan miskomunikasi, keterlambatan dalam pengambilan keputusan, dan potensi kesalahan, seperti ketika data desain tidak sesuai dengan kebutuhan produksi. Tantangan lainnya adalah **mengelola perubahan produk secara cepat dan efisien**. Perubahan desain atau spesifikasi produk sering kali diperlukan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan pasar atau regulasi baru, namun tanpa sistem yang terintegrasi, perubahan ini dapat menimbulkan hambatan di seluruh rantai nilai.

Tantangan lainnya adalah **adaptasi terhadap teknologi baru dan perubahan permintaan pasar yang cepat**. Dengan semakin berkembangnya teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan (AI), perusahaan harus mampu mengadopsi inovasi tersebut agar tetap kompetitif. Namun, integrasi teknologi ini memerlukan investasi besar, serta penyesuaian dalam infrastruktur IT dan keterampilan sumber daya manusia. Selain itu, siklus hidup produk yang lebih pendek di pasar global menuntut perusahaan untuk merespons lebih cepat terhadap perubahan preferensi konsumen. Ketidakmampuan untuk mengikuti perubahan ini dapat membuat produk perusahaan menjadi kurang relevan dan tidak kompetitif. Tantangan ini mempertegas pentingnya perusahaan

memiliki strategi manajemen siklus hidup produk yang fleksibel dan terintegrasi untuk menjaga keberlanjutan dan daya saing produk.

5.3. Peran

Teknologi 4.0, atau Industri 4.0, mengacu pada revolusi industri terbaru yang ditandai oleh integrasi teknologi digital canggih ke dalam proses produksi dan manajemen. Komponen utama Industri 4.0 meliputi *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan perangkat dan mesin saling terhubung dan berbagi data secara *real-time*; Kecerdasan Buatan (AI), yang digunakan untuk menganalisis data besar dan memberikan wawasan yang mendukung pengambilan keputusan cerdas; Big Data, yang memungkinkan perusahaan mengumpulkan, menganalisis, dan memanfaatkan data dalam jumlah besar dari berbagai sumber; Blockchain, yang meningkatkan keamanan dan transparansi dalam rantai pasokan dan pengelolaan data produk; serta *Cloud Computing*, yang memungkinkan akses dan penyimpanan data terpusat sehingga meningkatkan kolaborasi global dan efisiensi operasional. Dengan semua teknologi ini, Industri 4.0 membawa perubahan signifikan dalam cara perusahaan mengelola siklus hidup produk.

Integrasi Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) dengan teknologi Industri 4.0 menciptakan pengelolaan yang lebih dinamis dan proaktif. IoT memungkinkan perusahaan untuk memantau kinerja produk secara *real-time*, AI dan Big Data memberikan analisis prediktif yang membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih cepat, sementara *Cloud Computing* memungkinkan akses data yang terintegrasi dan kolaborasi lintas departemen atau negara secara lebih efisien. Selain itu, Blockchain memberikan kepercayaan pada rantai pasokan produk dengan menyediakan catatan yang transparan dan aman mengenai asal dan kondisi produk. Dampak positif dari integrasi teknologi 4.0 dalam PLM terlihat jelas dalam peningkatan

efisiensi operasional melalui otomatisasi dan pengurangan kesalahan, serta mendorong inovasi produk yang lebih cepat dengan analisis data yang lebih cerdas, yang secara keseluruhan memperpendek waktu produk sampai ke pasar dan meningkatkan daya saing perusahaan di pasar global.

5.4. Tahapan Siklus Hidup Produk dengan Teknologi 4.0

- a. Desain Produk:
 - 1) Pemanfaatan teknologi AI dan CAD/CAM untuk desain yang lebih efisien
 - 2) Penggunaan simulasi digital untuk pengujian produk sebelum produksi
- b. Produksi:
 - 1) Implementasi otomatisasi dan robotika dalam proses produksi
 - 2) *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan proses produksi secara *real-time*
- c. Distribusi dan Logistik:
 - 1) Pemanfaatan Blockchain untuk pelacakan produk yang aman
 - 2) Big Data dalam perencanaan rantai pasokan
- d. Penggunaan Produk:
 - 1) IoT untuk monitoring penggunaan dan kondisi produk (*predictive maintenance*)
 - 2) Analisis data pengguna untuk peningkatan kualitas produk
- e. Daur Ulang dan Penarikan Produk:
 - 1) Teknologi blockchain dalam manajemen rantai daur ulang
 - 2) Strategi circular economy didukung teknologi

5.5. Masa Depan PLM dengan Teknologi 4.0

Masa depan Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) dengan integrasi Teknologi 4.0 menjanjikan transformasi signifikan dalam

cara perusahaan mengelola seluruh tahapan siklus hidup produk. Dengan kemajuan teknologi seperti IoT, AI, Big Data, dan *Cloud Computing*, PLM akan semakin cerdas dan terotomatisasi, memungkinkan perusahaan untuk mendapatkan wawasan lebih dalam mengenai kinerja produk secara *real-time* dan membuat keputusan lebih cepat. Di masa depan, sensor-sensor IoT akan terus memantau produk selama penggunaan, memberikan data yang dapat digunakan untuk memperpanjang masa pakai produk, meminimalkan kegagalan, dan mengoptimalkan proses pemeliharaan secara prediktif. AI dan *machine learning* akan semakin berperan dalam menganalisis data besar untuk merancang produk yang lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen serta memprediksi tren pasar secara lebih akurat.

Selain itu, integrasi blockchain ke dalam PLM akan meningkatkan keamanan dan transparansi rantai pasok, di mana setiap tahapan dalam siklus hidup produk dapat dilacak secara otomatis. Kolaborasi global yang didukung oleh *cloud computing* akan memfasilitasi pengembangan produk lintas batas negara dengan lebih efisien, mempercepat inovasi, dan mengurangi waktu pengembangan produk. Dengan PLM yang semakin didukung oleh teknologi 4.0, perusahaan akan dapat merespons perubahan pasar dengan lebih fleksibel, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta mendukung tujuan keberlanjutan dengan lebih baik, seperti pengelolaan daur ulang produk dan pengurangan limbah. Masa depan PLM dengan Teknologi 4.0 tidak hanya akan meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendorong inovasi yang berkelanjutan dalam menciptakan produk yang lebih cerdas dan adaptif.

5.6. Integrasi Dengan Eknologi 5.0 Dan Kecerdasan Buatan Lanjutan

Integrasi Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) dengan Teknologi 5.0 dan kecerdasan buatan (AI) lanjutan akan membawa PLM ke tingkat yang lebih manusia-sentris dan kolaboratif. Teknologi 5.0 mengutamakan keseimbangan antara teknologi canggih dan kontribusi manusia, yang memungkinkan manusia bekerja berdampingan dengan mesin pintar untuk menciptakan proses yang lebih efektif. Dalam konteks PLM, Teknologi 5.0 memadukan AI lanjutan dengan intervensi manusia untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih baik di semua tahap siklus hidup produk. Misalnya, AI yang lebih canggih dapat melakukan analisis prediktif yang lebih akurat, sementara manusia tetap berperan dalam menilai aspek-aspek kreatif dan etis dari keputusan bisnis. Dengan ini, PLM akan memaksimalkan otomatisasi yang cerdas, namun tetap memberi ruang bagi keterlibatan manusia dalam elemen yang memerlukan penilaian kritis dan inovasi.

Selain itu, AI lanjutan dalam Teknologi 5.0 akan semakin memperkuat personalisasi produk dan inovasi yang berkelanjutan. Dengan kemampuan pembelajaran mesin (machine learning) yang lebih mutakhir, sistem PLM dapat secara otomatis belajar dari data pengguna dan tren pasar, mengembangkan rekomendasi untuk memperbaiki produk yang sedang berjalan atau menciptakan produk baru yang lebih sesuai dengan kebutuhan pasar. Integrasi ini juga memungkinkan perusahaan melakukan pemantauan dan optimalisasi siklus hidup produk secara real-time dengan lebih presisi, mengurangi kesalahan produksi dan memperpanjang masa pakai produk. AI lanjutan ini juga akan memungkinkan PLM untuk bekerja lebih cepat dan dengan kapasitas analisis yang jauh lebih besar, memungkinkan perusahaan merespons tantangan pasar global dengan lebih efisien, sekaligus mempertahankan keunggulan inovasi

mereka.

5.7. Rekapitulasi Pentingnya PLM dalam Era Teknologi 4.0

Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) menjadi semakin penting dalam era Teknologi 4.0 karena memberikan perusahaan kemampuan untuk mengelola produk secara lebih terintegrasi, efisien, dan inovatif. Di era ini, teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), Big Data, dan *Cloud Computing* memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara *real-time* dari berbagai tahap siklus hidup produk, mulai dari desain hingga daur ulang. PLM yang terintegrasi dengan Teknologi 4.0 tidak hanya mempercepat proses pengembangan produk, tetapi juga memfasilitasi kolaborasi lintas departemen dan lintas lokasi geografis, sehingga meningkatkan transparansi dan koordinasi dalam setiap tahapan. Hal ini membuat perusahaan mampu merespons perubahan pasar dengan lebih cepat, mengurangi risiko kesalahan produksi, serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

Selain itu, pentingnya PLM dalam era Teknologi 4.0 terletak pada perannya dalam mendorong inovasi dan meningkatkan daya saing perusahaan. Dengan adanya analisis data yang lebih canggih dan otomatisasi, perusahaan dapat memprediksi tren pasar dan kebutuhan konsumen secara lebih akurat, yang memungkinkan terciptanya produk-produk yang lebih relevan dan sesuai dengan permintaan pasar. Teknologi 4.0 juga mendukung keberlanjutan produk dengan memfasilitasi manajemen daur ulang dan perbaikan produk melalui pemantauan kinerja yang berkelanjutan. Dengan semua manfaat ini, PLM menjadi tulang punggung bagi perusahaan untuk bertahan dan berkembang di era digitalisasi industri, sekaligus mempersiapkan mereka menghadapi tantangan di masa depan dengan keunggulan operasional dan inovatif.

5.8. Peran Krusial Teknologi Digital Dalam Transformasi Manajemen Siklus Hidup Produk

Teknologi digital memainkan peran krusial dalam transformasi Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) dengan memungkinkan integrasi proses dan data secara *real-time* di seluruh tahapan siklus hidup produk. Teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan Big Data telah mengubah cara perusahaan mengelola desain, produksi, distribusi, hingga pengelolaan akhir produk. IoT, misalnya, memungkinkan pengumpulan data dari berbagai titik di sepanjang rantai pasok dan penggunaan produk, yang dapat dianalisis oleh AI untuk memberikan wawasan prediktif terkait kinerja produk, perawatan, atau kebutuhan perubahan. Hal ini membantu perusahaan mengoptimalkan efisiensi operasional, mendeteksi masalah sejak dini, dan mempercepat pengambilan keputusan. Melalui digitalisasi ini, PLM menjadi lebih responsif terhadap dinamika pasar dan kebutuhan pelanggan.

Selain itu, teknologi digital meningkatkan kolaborasi global dan inovasi dalam pengelolaan siklus hidup produk. Dengan platform berbasis *cloud*, tim yang tersebar di berbagai lokasi dapat bekerja sama secara *real-time*, berbagi data, dan memperbarui status pengembangan produk secara lebih cepat dan akurat. Teknologi digital juga memungkinkan perusahaan untuk melakukan simulasi digital sebelum produk benar-benar diproduksi, yang mengurangi risiko kegagalan dan biaya. Inovasi seperti ini memungkinkan perusahaan untuk tidak hanya merespons pasar dengan lebih cepat, tetapi juga menciptakan produk yang lebih sesuai dengan kebutuhan konsumen dan standar kualitas yang lebih tinggi. Dalam konteks yang semakin kompetitif dan terdigitalisasi, peran teknologi digital dalam PLM menjadi faktor kunci dalam mempertahankan keunggulan kompetitif perusahaan.

5.9. Rekomendasi Untuk Perusahaan dalam Mengadopsi Plm Berbasis Teknologi 4.0

Untuk berhasil mengadopsi Manajemen Siklus Hidup Produk (PLM) berbasis teknologi 4.0, perusahaan perlu merencanakan implementasi dengan pendekatan yang strategis dan holistik. Pertama, penting bagi perusahaan untuk mengembangkan infrastruktur digital yang kuat, seperti integrasi perangkat IoT, kecerdasan buatan (AI), dan Big Data. Infrastruktur ini akan memungkinkan pengumpulan dan analisis data produk secara real-time, yang esensial untuk mendukung keputusan yang lebih cepat dan lebih akurat. Perusahaan juga harus memastikan bahwa sistem yang digunakan dapat beroperasi secara mulus di berbagai platform, sehingga memungkinkan kolaborasi lintas departemen dan lintas lokasi. *Cloud computing* dapat menjadi salah satu solusi utama dalam hal ini, karena memungkinkan akses data terpusat dan kolaborasi yang lebih efektif antar tim yang tersebar secara geografis.

Selain itu, perusahaan perlu memastikan pelatihan dan pengembangan keterampilan bagi karyawan untuk dapat memanfaatkan teknologi 4.0 secara optimal. Transformasi digital melalui PLM tidak hanya memerlukan adopsi teknologi, tetapi juga perubahan budaya dan keterampilan di dalam organisasi. Pelatihan tentang penggunaan AI, IoT, dan analisis data harus dilakukan secara menyeluruh, baik untuk tim manajemen maupun teknis, agar mereka dapat memahami manfaat dari data *real-time* serta bagaimana teknologi ini dapat mendukung inovasi produk. Lebih lanjut, perusahaan harus terus berinvestasi dalam riset dan pengembangan (R&D) untuk mengeksplorasi cara-cara baru memanfaatkan teknologi 4.0 dalam siklus hidup produk. Dengan perencanaan strategis yang matang dan investasi dalam sumber daya manusia, perusahaan akan dapat memaksimalkan manfaat PLM berbasis teknologi 4.0 dan meningkatkan daya saingnya di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

- Gao, L., & Zhang, H. (2019). Product Lifecycle Management in the Industry 4.0 Era: Opportunities and Challenges. *Journal of Manufacturing Systems*, 51, 164-174.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.04.004>
- Grievess, M. (2014). Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(9-12), 1837-1845.
<https://doi.org/10.1007/s00170-013-5236-7>
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2020). A Framework for Industry 4.0-Based Product Lifecycle Management. **Computers in Industry*, 122, 103267.
<https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103267>
- Bokov, A., & Sokolov, I. (2020). Digital Transformation of Product Lifecycle Management in Industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(1), 1-11.
<https://www.researchgate.net/publication/340189411>
- Xu, X., & Chen, K. (2020). Towards a Digital Twin-Based Product Lifecycle Management Framework for the Manufacturing Industry 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 65, 101959.
<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101959>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group.
- Müller, J. M., & W. W. (2018). The Role of Industry 4.0 in Sustainable Manufacturing: A Review and Research Agenda. *Sustainability*, 10(9), 3376.
<https://doi.org/10.3390/su10093376>

PROFIL PENULIS



Fajar Rakasiwi Syamsuddin, SE.,M.M.
Dosen Manajemen
Universitas Terbuka, Majene

Lulus S1 di Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Muslim Indonesia (UMI) tahun 2018, lulus S2 di Magistes Manajemen Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia tahun 2020. Saat ini adalah Aparatur Sipil Negara Dosen di Universitas Terbuka Majene.



MANAJEMEN RANTAI PASOK DIGITAL

Oleh: Supangat, S.Pd., M.M.

6.1. Pengertian Rantai Pasok Digital.

Rantai Pasok Digital (*Digital Supply Chain*) adalah proses pengelolaan dan pengoptimalan aliran barang, informasi, dan sumber daya yang didukung oleh teknologi digital. Dalam rantai pasok tradisional, banyak proses yang dilakukan secara manual atau terpisah. Namun, dalam rantai pasok digital, teknologi memainkan peran sentral dalam mengintegrasikan berbagai fungsi, mulai dari pengadaan bahan baku hingga distribusi produk akhir ke konsumen. Teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Artificial Intelligence (AI)*, dan *Blockchain* memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan visibilitas, kecepatan, dan efisiensi operasional. Dengan sistem yang terhubung secara digital, informasi yang terkait dengan inventaris, permintaan pasar, pengiriman, dan kinerja pemasok dapat dianalisis secara real-time, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

Rantai Pasok Digital juga memungkinkan perusahaan untuk beradaptasi lebih baik terhadap perubahan lingkungan pasar, seperti fluktuasi permintaan, gangguan pasokan, dan pergeseran preferensi konsumen. Dengan digitalisasi, perusahaan dapat mengelola risiko

dengan lebih efektif dan meningkatkan fleksibilitas dalam menghadapi dinamika global yang terus berkembang.

6.2. Perkembangan Teknologi dalam Rantai Pasok.

Teknologi telah mengubah secara signifikan cara rantai pasok dioperasikan, menciptakan apa yang dikenal sebagai *Rantai Pasok Digital*. Beberapa perkembangan teknologi utama yang mendukung transformasi ini meliputi:

1. **Internet of Things (IoT).** IoT menghubungkan perangkat fisik ke internet, memungkinkan pertukaran data secara real-time antara berbagai elemen dalam rantai pasok. Misalnya, sensor pada kendaraan pengiriman dapat memberikan informasi langsung tentang lokasi, kondisi, dan status pengiriman. Ini memungkinkan pelacakan barang yang lebih akurat dan respon cepat terhadap gangguan.
2. **Big Data dan Analitik.** Data yang dihasilkan dari berbagai sumber, termasuk transaksi pelanggan, sensor, dan perangkat IoT, dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola, tren, dan prediksi permintaan. Big Data memberikan wawasan yang mendalam untuk pengambilan keputusan yang lebih tepat, seperti mengoptimalkan stok dan merencanakan rute pengiriman.
3. **Kecerdasan Buatan (AI).** AI mempercepat proses otomatisasi dan pengambilan keputusan dalam rantai pasok. AI dapat digunakan untuk memprediksi permintaan pasar, mengoptimalkan manajemen inventaris, dan memecahkan masalah logistik secara efisien. Teknologi ini juga memungkinkan adanya perencanaan skenario yang lebih baik, membantu perusahaan mempersiapkan diri terhadap ketidakpastian pasar.

4. **Blockchain.** Blockchain menawarkan transparansi dan keamanan tinggi dalam manajemen rantai pasok. Teknologi ini menciptakan catatan transaksi yang tidak dapat diubah, yang memungkinkan semua pihak yang terlibat dalam rantai pasok untuk memverifikasi data terkait pengiriman, pembayaran, dan kualitas barang. Hal ini sangat berguna dalam mengurangi penipuan dan meningkatkan kepercayaan antar pelaku rantai pasok.
5. **Otomatisasi dan Robotika.** Otomatisasi telah menjadi bagian penting dari gudang dan pusat distribusi modern. Robot digunakan untuk mengelola inventaris, mengemas barang, dan memproses pesanan dengan kecepatan dan akurasi tinggi. Ini meningkatkan produktivitas dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.
6. **Cloud Computing.** Teknologi *Cloud* memungkinkan akses dan berbagi data secara cepat dan aman di seluruh dunia. Dalam rantai pasok digital, ini mendukung integrasi yang lebih baik antara pemasok, produsen, dan distributor dengan memungkinkan mereka berkolaborasi dalam waktu nyata menggunakan data yang sama, di mana pun mereka berada.

Perkembangan teknologi ini telah meningkatkan efisiensi, transparansi, dan fleksibilitas dalam manajemen rantai pasok, memungkinkan perusahaan untuk tetap kompetitif di era global yang terus berubah.

6.3. Komponen Kunci dalam Manajemen Rantai Pasok Digital.

1. Digitalisasi Proses dan Alat Teknologi

Digitalisasi proses dalam rantai pasok mengacu pada penggunaan teknologi untuk mengotomatiskan, mengintegrasikan, dan mempercepat berbagai operasi yang sebelumnya dilakukan secara manual. Alat teknologi yang digunakan dalam digitalisasi

rantai pasok bertujuan untuk menghubungkan seluruh elemen rantai, mulai dari pemasok, produsen, hingga konsumen akhir, guna memastikan aliran informasi dan barang yang efisien. Beberapa aspek penting dari digitalisasi proses dan alat teknologi dalam manajemen rantai pasok digital adalah:

- a. **Sistem Perencanaan Sumber Daya Perusahaan (ERP).** ERP adalah salah satu alat utama dalam digitalisasi rantai pasok. Sistem ERP mengintegrasikan berbagai fungsi bisnis, termasuk manajemen inventaris, produksi, dan pengiriman, ke dalam satu platform yang saling terhubung. Ini memungkinkan perusahaan untuk melacak setiap aspek operasi dalam satu tempat dan memperbaiki koordinasi antar divisi.
- b. **Manajemen Transportasi dan Logistik Digital.** Perangkat lunak manajemen transportasi (TMS) digunakan untuk merencanakan, mengoptimalkan, dan melacak pengiriman barang. TMS modern sering terhubung ke platform digital yang memungkinkan pemantauan real-time pengiriman, memperkirakan waktu kedatangan, dan meminimalkan biaya transportasi dengan memilih rute dan moda transportasi yang paling efisien.
- c. **Pengelolaan Inventaris Otomatis.** Sistem manajemen inventaris yang terotomatisasi menggunakan sensor dan algoritma untuk melacak jumlah stok secara real-time dan membuat perkiraan permintaan. Hal ini membantu perusahaan memastikan bahwa mereka memiliki stok yang cukup untuk memenuhi permintaan tanpa mengalami kekurangan atau kelebihan barang. Otomatisasi inventaris juga memungkinkan manajemen persediaan berbasis kebutuhan aktual, seperti *just-in-time* (JIT).
- d. **E-procurement dan Platform E-commerce B2B.** Digitalisasi dalam pengadaan barang (e-procurement) memungkinkan

perusahaan melakukan pembelian dari pemasok secara online melalui platform khusus. Hal ini mengurangi waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk proses pengadaan, serta memberikan visibilitas lebih besar terhadap harga dan kinerja pemasok. Pada saat yang sama, platform e-commerce B2B (business-to-business) memungkinkan perusahaan untuk dengan mudah membeli bahan baku dan produk setengah jadi secara digital.

- e. **Teknologi Cloud.** Cloud computing memungkinkan berbagai bagian dari rantai pasok untuk saling terhubung dan berbagi informasi secara real-time. Dengan menggunakan solusi berbasis *cloud*, perusahaan dapat mengakses data rantai pasok dari mana saja, memungkinkan kolaborasi yang lebih baik antar tim dan mitra rantai pasok di seluruh dunia.
- f. **RPA (Robotic Process Automation).** RPA digunakan untuk mengotomatisasi tugas-tugas yang berulang dan berbasis aturan, seperti memproses pesanan, mengelola dokumen pengiriman, dan melakukan audit inventaris. Ini meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko kesalahan manusia.

Digitalisasi proses rantai pasok melalui penggunaan alat teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya, dan memastikan respons yang lebih cepat terhadap perubahan pasar. Hal ini juga memungkinkan perusahaan untuk lebih fleksibel dan mampu beradaptasi dengan gangguan yang mungkin terjadi dalam rantai pasok.

2. Platform dan Sistem Integrasi.

Platform dan sistem integrasi merupakan komponen kunci dalam manajemen rantai pasok digital, yang memungkinkan aliran informasi dan komunikasi yang lancar di seluruh elemen rantai pasok, mulai dari pemasok, produsen, distributor, hingga pelanggan. Teknologi ini menghubungkan berbagai sistem yang digunakan dalam rantai pasok ke dalam satu ekosistem digital yang terintegrasi.

Beberapa aspek penting dari platform dan sistem integrasi dalam rantai pasok digital adalah:

1. **Platform Manajemen Rantai Pasok Terpadu (Integrated Supply Chain Platforms).** Platform manajemen rantai pasok digital terpadu menggabungkan berbagai fungsi seperti perencanaan, pengadaan, produksi, distribusi, dan logistik dalam satu sistem. Dengan platform terpadu, setiap bagian dalam rantai pasok dapat berbagi informasi secara real-time, sehingga perusahaan dapat merespons perubahan kondisi pasar, permintaan pelanggan, atau masalah operasional dengan lebih cepat.
 - a. Platform ini memungkinkan integrasi data antar departemen, seperti penjualan, pemasaran, dan pengadaan, yang mempermudah kolaborasi dan pengambilan keputusan yang lebih baik. Contoh platform ini meliputi *SAP Integrated Business Planning* dan *Oracle SCM Cloud*.
2. **Sistem Pertukaran Data Elektronik (EDI).** EDI adalah teknologi yang memungkinkan pertukaran data antara perusahaan dan mitra bisnis secara otomatis. Sistem EDI memungkinkan pengiriman dokumen seperti pesanan pembelian, faktur, dan pemberitahuan pengiriman tanpa memerlukan interaksi manusia. Ini mempercepat proses bisnis dan mengurangi kesalahan akibat input manual. Dengan EDI, perusahaan dapat berkomunikasi dengan pemasok dan pelanggan secara langsung melalui jaringan terintegrasi, memastikan bahwa data yang digunakan akurat dan up-to-date. EDI juga membantu dalam mengurangi dokumen kertas dan mempercepat proses transaksi bisnis.
3. **API (Application Programming Interface).** API memungkinkan sistem yang berbeda dalam rantai pasok untuk saling

berkomunikasi dan berbagi data. Dengan API, perusahaan dapat mengintegrasikan perangkat lunak manajemen rantai pasok mereka dengan aplikasi eksternal seperti sistem ERP, sistem manajemen transportasi (TMS), dan sistem manajemen gudang (WMS). Integrasi API membantu menghubungkan berbagai platform yang digunakan oleh mitra rantai pasok, sehingga menciptakan ekosistem digital yang lebih luas dan saling terhubung. Misalnya, API memungkinkan perusahaan menghubungkan sistem internal mereka dengan penyedia logistik pihak ketiga untuk mendapatkan pembaruan status pengiriman secara real-time.

4. **Internet of Things (IoT) dan Sensor.** IoT dan sensor memainkan peran penting dalam integrasi fisik dan digital dalam rantai pasok. Sensor-sensor yang dipasang pada kendaraan, gudang, atau produk dapat mengirimkan data secara otomatis tentang lokasi, kondisi, dan status barang. Data ini kemudian diintegrasikan ke dalam platform rantai pasok untuk analisis dan pemantauan secara real-time.
 - a. Contohnya, IoT memungkinkan pelacakan kontainer pengiriman secara global, sehingga perusahaan dapat memantau rute, suhu, atau kelembapan barang selama perjalanan. Ini penting untuk industri yang memerlukan ketelitian tinggi, seperti makanan dan farmasi.
5. **Sistem Manajemen Hubungan Pemasok (Supplier Relationship Management - SRM).** SRM adalah platform yang mengintegrasikan informasi terkait pemasok dan mengelola hubungan antara perusahaan dan mitra pemasoknya. Dengan SRM, perusahaan dapat menilai kinerja pemasok, mengelola kontrak, dan berkolaborasi dalam perencanaan permintaan serta pengadaan barang.

- a. Sistem SRM membantu meningkatkan visibilitas dan kontrol terhadap pemasok, yang pada akhirnya membantu dalam pengelolaan risiko dan pencapaian efisiensi yang lebih tinggi dalam manajemen rantai pasok.
6. **Sistem Kolaborasi Digital.** Sistem kolaborasi digital memungkinkan perusahaan, pemasok, dan mitra rantai pasok untuk berbagi informasi dan bekerja sama dalam satu platform. Sistem ini menghubungkan semua pelaku dalam rantai pasok, baik internal maupun eksternal, untuk memastikan bahwa keputusan yang diambil didasarkan pada data yang sama. Contohnya adalah *Supply Chain Collaboration Platforms* seperti *Kinaxis RapidResponse* dan *JDA Supply Chain Collaboration*.

Dengan adanya platform dan sistem integrasi ini, perusahaan dapat meningkatkan visibilitas, fleksibilitas, dan responsivitas dalam rantai pasok. Integrasi yang mulus antar sistem membantu menciptakan aliran informasi yang lebih cepat dan akurat, memungkinkan perusahaan untuk tetap kompetitif dalam lingkungan bisnis yang dinamis.

3. Big Data dan Analitik

Big Data dan analitik adalah elemen penting dalam manajemen rantai pasok digital karena memungkinkan perusahaan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang besar dan kompleks. Dalam rantai pasok tradisional, pengambilan keputusan sering kali didasarkan pada perkiraan dan data yang terbatas. Namun, dengan Big Data dan analitik, perusahaan dapat memperoleh wawasan yang lebih mendalam dan akurat tentang operasi rantai pasok mereka, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cerdas dan

proaktif. Berikut beberapa aspek utama dari Big Data dan analitik dalam manajemen rantai pasok digital:

- a. **Pengumpulan Data dalam Skala Besar.** Big Data mengacu pada volume besar data yang dihasilkan dari berbagai sumber dalam rantai pasok, seperti transaksi penjualan, data pelanggan, informasi pemasok, sensor IoT, logistik, dan media sosial. Data ini dapat mencakup data terstruktur, seperti informasi inventaris, maupun data tidak terstruktur, seperti ulasan pelanggan atau pola cuaca.

Di era digital, data yang dikumpulkan dari setiap tahap rantai pasok dapat dimanfaatkan untuk memahami berbagai aspek bisnis, termasuk permintaan pasar, pola pembelian, kinerja pemasok, dan waktu pengiriman. Misalnya, data dari sensor IoT pada kendaraan pengiriman dapat digunakan untuk melacak lokasi dan kondisi barang secara real-time.

- b. **Analitik Prediktif.** Analitik prediktif memungkinkan perusahaan untuk memprediksi tren masa depan berdasarkan data historis. Dalam konteks rantai pasok, analitik prediktif dapat digunakan untuk meramalkan permintaan produk, mengantisipasi gangguan pasokan, atau memperkirakan kapan mesin atau peralatan mungkin perlu perawatan. Dengan menggunakan algoritma *machine learning* dan AI, analitik prediktif dapat membantu perusahaan mengurangi ketidakpastian dan membuat keputusan yang lebih tepat dalam perencanaan produksi dan pengadaan. Ini membantu dalam mengoptimalkan inventaris dan mengurangi biaya operasional yang tidak perlu.
- c. **Analitik Preskriptif.** Analitik preskriptif melangkah lebih jauh dari sekadar memprediksi. Teknologi ini memberikan rekomendasi tindakan yang harus diambil berdasarkan analisis data. Dalam manajemen rantai pasok, analitik preskriptif dapat

memberikan saran terkait pengoptimalan rute pengiriman, keputusan stok barang, atau pilihan pemasok terbaik berdasarkan data kinerja masa lalu. Misalnya, sistem analitik preskriptif dapat menyarankan perusahaan untuk mengubah rute distribusi dalam menghadapi gangguan cuaca atau mengurangi pembelian dari pemasok yang menunjukkan penurunan kinerja.

- d. **Optimasi Inventaris.** Big Data dapat digunakan untuk menganalisis pola permintaan dan mengoptimalkan manajemen inventaris. Dengan memproses data dari berbagai sumber, seperti tren pembelian historis, musiman, dan preferensi konsumen, perusahaan dapat mengelola stok secara lebih efisien. Ini memungkinkan mereka untuk mengurangi biaya penyimpanan dan meminimalkan kelebihan atau kekurangan persediaan. Dengan adanya data real-time dari berbagai lokasi penyimpanan dan pengecer, perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya dan produk mereka dengan lebih tepat, sehingga menghindari overstocking atau stockout.
- e. **Analisis Risiko dan Manajemen Gangguan.** Big Data membantu perusahaan mengidentifikasi potensi risiko dalam rantai pasok sebelum mereka terjadi. Data dari pemasok, kondisi pasar global, politik, atau cuaca dapat dianalisis untuk mengidentifikasi potensi gangguan dalam rantai pasok. Analitik risiko memungkinkan perusahaan untuk menyiapkan strategi mitigasi, seperti diversifikasi pemasok atau perencanaan kontingensi. Sebagai contoh, data geopolitik dan cuaca yang dianalisis dapat memprediksi potensi gangguan di wilayah tertentu, sehingga perusahaan dapat mencari alternatif untuk mengurangi dampak terhadap pengiriman produk.
- f. **Analitik Kinerja dan Efisiensi Operasional.** Analitik juga digunakan untuk mengukur kinerja operasional dalam rantai

pasok, seperti efisiensi transportasi, waktu tunggu pengiriman, dan produktivitas di gudang. Dengan memantau metrik kinerja utama (*Key Performance Indicators* atau KPI), perusahaan dapat terus meningkatkan efisiensi operasi mereka. Misalnya, analisis data logistik dapat mengidentifikasi di mana terjadinya kemacetan dalam distribusi barang atau mengoptimalkan waktu pengiriman berdasarkan pola lalu lintas dan lokasi pelanggan.

- g. **Visualisasi Data.** Big Data menjadi lebih mudah diakses melalui visualisasi yang intuitif. Dengan alat visualisasi data seperti *dashboards* dan *heat maps*, manajer rantai pasok dapat memantau kinerja dan kondisi secara real-time. Visualisasi ini memudahkan untuk mengenali tren, pola, atau anomali yang memerlukan perhatian segera.

Secara keseluruhan, Big Data dan analitik membawa perubahan besar dalam manajemen rantai pasok digital dengan memberikan wawasan berbasis data yang lebih dalam, meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko, dan memberikan kemampuan untuk merespons perubahan dengan cepat.

6.4. Manfaat Digitalisasi Rantai Pasok.

1. Efisiensi Operasional

Salah satu manfaat utama dari digitalisasi rantai pasok adalah peningkatan efisiensi operasional. Dengan digitalisasi, perusahaan dapat mengotomatisasi proses manual, meningkatkan kolaborasi, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, yang pada akhirnya mempercepat waktu siklus, mengurangi biaya, dan meminimalkan kesalahan. Berikut adalah beberapa cara di mana digitalisasi rantai pasok meningkatkan efisiensi operasional:

- a. **Otomatisasi Proses.** Proses yang sebelumnya membutuhkan intervensi manusia, seperti manajemen inventaris, pengadaan barang, dan pengiriman, dapat diotomatisasi dengan teknologi seperti *Robotic Process Automation (RPA)*, *Internet of Things (IoT)*, dan *Artificial Intelligence (AI)*. Misalnya, sistem manajemen inventaris otomatis dapat memantau stok secara real-time dan memesan ulang produk secara otomatis ketika persediaan menipis, sehingga menghindari keterlambatan dan kekurangan barang.
- b. **Pengurangan Kesalahan Manual.** Digitalisasi mengurangi ketergantungan pada proses manual yang rentan terhadap kesalahan manusia, seperti input data yang salah atau pemrosesan pesanan yang keliru. Sistem digital, seperti pertukaran data elektronik (EDI) atau manajemen pesanan otomatis, memastikan bahwa data yang diproses adalah akurat dan konsisten di seluruh sistem rantai pasok.
- c. **Peningkatan Kecepatan dan Ketepatan Informasi** Dengan sistem terintegrasi, informasi tentang inventaris, pengiriman, dan permintaan pelanggan dapat diperbarui secara real-time. Ini memungkinkan perusahaan untuk merespons lebih cepat terhadap perubahan kebutuhan pasar dan mengurangi waktu siklus dari pemesanan hingga pengiriman. Sebagai contoh, platform digital yang terhubung ke sensor IoT dapat memberikan pembaruan status pengiriman barang secara instan, memungkinkan manajer logistik untuk mengatasi masalah sebelum terjadi penundaan.
- d. **Optimasi Sumber Daya.** Digitalisasi memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti tenaga kerja, bahan baku, dan waktu. Dengan menggunakan analitik data dan AI, perusahaan dapat membuat keputusan yang lebih tepat tentang perencanaan

produksi, pengadaan bahan baku, dan alokasi sumber daya lainnya. Misalnya, analitik prediktif dapat membantu meramalkan permintaan produk, sehingga perusahaan dapat menghindari overstocking atau understocking.

- e. **Peningkatan Kolaborasi Antar Pihak dalam Rantai Pasok**
Platform digital memungkinkan berbagai pemangku kepentingan dalam rantai pasok, termasuk pemasok, produsen, distributor, dan pelanggan, untuk berkolaborasi dengan lebih efisien. Dengan berbagi data secara real-time melalui platform yang terintegrasi, semua pihak dapat mengakses informasi yang sama dan bekerja bersama untuk mencapai tujuan bersama, seperti mempercepat pengiriman atau mengurangi biaya produksi.
- f. **Pengelolaan Logistik yang Lebih Baik.** Sistem manajemen transportasi digital (TMS) membantu mengoptimalkan logistik, dari perencanaan rute pengiriman hingga pemantauan kendaraan dan pelacakan pengiriman secara real-time. Dengan optimasi rute dan pemantauan kondisi lalu lintas, perusahaan dapat meminimalkan biaya transportasi, mengurangi waktu pengiriman, dan memastikan bahwa barang sampai tepat waktu. Ini juga membantu dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi karbon.
- g. **Penghematan Biaya Operasional.** Dengan peningkatan efisiensi dalam pengelolaan inventaris, transportasi, dan manajemen pesanan, perusahaan dapat mengurangi biaya operasional secara signifikan. Otomatisasi proses mengurangi kebutuhan akan tenaga kerja manual untuk tugas-tugas yang berulang, sementara optimasi logistik dan pengadaan barang membantu dalam meminimalkan pemborosan sumber daya.
- h. **Pemantauan dan Pengukuran Kinerja Real-time.** Digitalisasi memungkinkan perusahaan untuk memantau dan mengukur

kinerja operasional mereka secara real-time. Dengan adanya *dashboard* dan alat analitik, manajer dapat dengan mudah mengidentifikasi masalah atau area yang memerlukan perbaikan, seperti keterlambatan pengiriman atau kelebihan stok. Pemantauan ini memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan yang lebih cepat dan lebih tepat guna memperbaiki efisiensi operasi mereka.

Secara keseluruhan, digitalisasi rantai pasok menghasilkan efisiensi operasional yang lebih besar dengan mengotomatisasi proses, mengurangi kesalahan manual, dan memberikan wawasan berbasis data yang mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Ini membantu perusahaan meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya, dan merespons perubahan pasar dengan lebih cepat.

2. Pengurangan Biaya

Digitalisasi rantai pasok memberikan dampak signifikan terhadap pengurangan biaya operasional, yang pada gilirannya meningkatkan profitabilitas perusahaan. Teknologi digital memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi inefisiensi, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mengurangi pemborosan di seluruh rantai pasok. Berikut adalah beberapa cara di mana digitalisasi rantai pasok membantu dalam pengurangan biaya:

- a. **Otomatisasi Proses dan Pengurangan Biaya Tenaga Kerja**
Otomatisasi melalui teknologi seperti *Robotic Process Automation* (RPA), sistem manajemen inventaris otomatis, dan perangkat lunak perencanaan sumber daya (ERP) memungkinkan perusahaan untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual untuk tugas-tugas yang berulang. Otomatisasi proses seperti pemrosesan pesanan, pengelolaan inventaris, dan pengadaan barang mengurangi kebutuhan akan

pekerjaan administratif yang memakan waktu, sehingga menurunkan biaya tenaga kerja.

- b. **Optimasi Inventaris dan Pengurangan Biaya Penyimpanan**
Dengan digitalisasi, perusahaan dapat mengelola inventaris mereka secara lebih efisien. Teknologi seperti analitik prediktif, IoT, dan sistem manajemen gudang (WMS) memungkinkan perusahaan untuk menjaga stok pada tingkat yang optimal, menghindari kelebihan inventaris atau kekurangan barang. Hal ini mengurangi biaya penyimpanan, seperti biaya sewa gudang, pemeliharaan barang, dan risiko barang yang rusak atau kedaluwarsa.
- c. **Pengurangan Biaya Transportasi.** Sistem manajemen transportasi digital (TMS) membantu perusahaan merencanakan dan mengoptimalkan rute pengiriman, memilih moda transportasi yang paling efisien, dan mengurangi waktu perjalanan. Dengan menggunakan data real-time, perusahaan dapat meminimalkan biaya bahan bakar dan biaya transportasi lainnya, serta menghindari penundaan pengiriman yang dapat menyebabkan biaya tambahan seperti penalti atau pembatalan pesanan.
- d. **Pengurangan Pemborosan dan Inefisiensi.** Dengan visibilitas yang lebih baik terhadap seluruh rantai pasok, perusahaan dapat mengidentifikasi dan menghilangkan inefisiensi serta pemborosan. Misalnya, data yang dihasilkan oleh sensor IoT dan sistem monitoring real-time dapat membantu perusahaan memantau pemakaian energi, bahan bakar, dan bahan baku. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk mengurangi konsumsi sumber daya dan meminimalkan pemborosan, yang pada akhirnya menurunkan biaya operasional.
- e. **E-procurement dan Pengurangan Biaya Pengadaan.** Pengadaan barang secara digital melalui e-procurement

platform memungkinkan perusahaan untuk bernegosiasi harga lebih baik dengan pemasok, mengurangi biaya transaksi, dan mempercepat proses pembelian. Platform digital juga memberikan visibilitas yang lebih besar terhadap kinerja pemasok, sehingga memungkinkan perusahaan memilih pemasok yang paling efisien dan ekonomis. Selain itu, dengan digitalisasi pengadaan, perusahaan dapat mengurangi penggunaan dokumen fisik, yang juga berkontribusi pada penghematan biaya.

- f. **Pengurangan Biaya Kesalahan dan Cacat Produk.** Sistem digital yang terintegrasi memungkinkan perusahaan untuk mengurangi kesalahan manusia dalam proses seperti pemrosesan pesanan, perakitan produk, atau pengiriman. Kesalahan yang disebabkan oleh input manual atau koordinasi yang buruk antara departemen dapat menghasilkan biaya tambahan untuk perbaikan atau pengulangan pekerjaan. Dengan digitalisasi, kesalahan dapat diminimalisir, yang berarti perusahaan dapat menghemat biaya perbaikan atau penggantian barang cacat.
- g. **Peningkatan Akurasi Permintaan dan Pengurangan Biaya Produksi Berlebih.** Dengan analitik Big Data dan prediksi permintaan yang lebih akurat, perusahaan dapat menghindari produksi berlebih yang menyebabkan kelebihan stok dan pemborosan sumber daya. Produksi yang lebih seimbang dengan permintaan pasar tidak hanya mengurangi biaya penyimpanan, tetapi juga menghemat bahan baku dan energi yang digunakan untuk produksi barang yang tidak terjual.
- h. **Efisiensi Komunikasi dan Kolaborasi yang Meningkatkan Produktivitas.** Platform kolaborasi digital menghubungkan seluruh rantai pasok, memungkinkan komunikasi yang lebih efisien antara berbagai pemangku kepentingan seperti

pemasok, produsen, distributor, dan pelanggan. Dengan aliran informasi yang lebih cepat dan transparan, perusahaan dapat membuat keputusan lebih cepat, menghindari penundaan, dan mengurangi biaya yang terkait dengan komunikasi yang buruk atau miskomunikasi.

- i. **Penggunaan Teknologi Cloud untuk Mengurangi Biaya Infrastruktur IT.** Adopsi solusi berbasis cloud memungkinkan perusahaan untuk mengurangi biaya infrastruktur IT, seperti perangkat keras, perangkat lunak, dan pemeliharaan sistem. Dengan cloud computing, perusahaan hanya membayar untuk kapasitas yang mereka gunakan dan dapat dengan mudah meningkatkan atau menurunkan kapasitas berdasarkan kebutuhan mereka, yang mengurangi biaya investasi awal dan pemeliharaan.

Secara keseluruhan, digitalisasi rantai pasok memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan meningkatkan efisiensi di setiap tahap operasi, yang semuanya berkontribusi pada pengurangan biaya operasional secara signifikan.

3. Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Pengambilan keputusan berbasis data adalah salah satu manfaat utama dari digitalisasi rantai pasok, yang memungkinkan perusahaan untuk membuat keputusan yang lebih akurat, cepat, dan strategis. Teknologi digital memberikan akses ke data real-time dan analitik canggih, yang membantu perusahaan memahami tren, memprediksi permintaan, dan merespons perubahan pasar secara lebih efektif. Berikut adalah beberapa cara di mana digitalisasi rantai pasok mendukung pengambilan keputusan berbasis data:

1. **Akses ke Data Real-Time.** Digitalisasi memungkinkan perusahaan mengumpulkan data secara real-time dari

berbagai titik dalam rantai pasok, seperti sensor IoT, platform logistik, sistem inventaris, dan perangkat manajemen transportasi. Dengan data yang diperbarui secara terus-menerus, perusahaan dapat membuat keputusan yang tepat waktu dan relevan berdasarkan informasi terbaru tentang status inventaris, permintaan pelanggan, dan pengiriman barang. Misalnya, jika ada keterlambatan dalam pengiriman, perusahaan dapat segera menyesuaikan rencana distribusi untuk meminimalkan dampak terhadap pelanggan.

2. **Analitik Prediktif untuk Perencanaan yang Lebih Baik.**

Analitik prediktif menggunakan data historis dan model statistik untuk memperkirakan kejadian masa depan, seperti permintaan produk atau gangguan rantai pasok. Dengan memanfaatkan analitik prediktif, perusahaan dapat merencanakan produksi, pengadaan, dan distribusi dengan lebih baik, sehingga mengurangi risiko kehabisan stok atau overstocking. Ini juga membantu dalam mengantisipasi fluktuasi permintaan musiman dan merencanakan sumber daya secara lebih efisien.

3. **Pengambilan Keputusan Proaktif dengan Analitik Preskriptif**

Selain memprediksi tren, analitik preskriptif memberikan rekomendasi tindakan yang harus diambil untuk mengoptimalkan kinerja rantai pasok. Teknologi ini dapat membantu perusahaan menentukan langkah-langkah terbaik untuk mengatasi masalah atau mencapai tujuan tertentu. Misalnya, analitik preskriptif dapat merekomendasikan perubahan pemasok, rute pengiriman yang lebih efisien, atau langkah-langkah pengurangan biaya berdasarkan data kinerja dan kondisi pasar saat ini.

4. **Optimalisasi Inventaris Berbasis Data.** Dengan menggunakan data real-time dan analitik, perusahaan dapat mengelola

inventaris mereka dengan lebih efisien. Sistem manajemen inventaris berbasis data membantu menentukan kapan dan berapa banyak produk yang harus diproduksi atau dipesan, mengurangi biaya penyimpanan dan risiko kelebihan atau kekurangan stok. Teknologi digital juga memungkinkan pelacakan otomatis barang di berbagai lokasi gudang, sehingga mempermudah pemantauan dan pengelolaan persediaan.

5. **Pengelolaan Risiko dan Manajemen Gangguan.** Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber seperti pemasok, kondisi pasar, cuaca, dan politik global dapat dianalisis untuk mengidentifikasi potensi risiko atau gangguan dalam rantai pasok. Dengan data tersebut, perusahaan dapat mengambil langkah-langkah pencegahan yang proaktif, seperti mencari pemasok alternatif atau menyesuaikan rencana produksi. Misalnya, jika data cuaca menunjukkan kemungkinan badai di wilayah pemasok, perusahaan dapat memindahkan sumber bahan baku ke lokasi yang lebih aman.
6. **Pemantauan Kinerja dan Efisiensi Operasional.** Pengambilan keputusan berbasis data juga memungkinkan perusahaan untuk memantau kinerja operasional secara lebih akurat. Dengan sistem yang mengukur metrik kinerja utama (*Key Performance Indicators* atau KPI) seperti waktu pengiriman, tingkat keterisian gudang, dan efisiensi logistik, perusahaan dapat mengidentifikasi area yang memerlukan peningkatan dan mengambil tindakan segera. Data ini juga berguna untuk melakukan perbandingan kinerja dari waktu ke waktu dan membuat keputusan untuk peningkatan jangka panjang.
7. **Penyesuaian Permintaan dan Penawaran yang Cepat** Dengan data yang akurat dan real-time, perusahaan dapat menyesuaikan strategi penawaran mereka sesuai dengan perubahan permintaan pelanggan. Misalnya, jika data

menunjukkan peningkatan permintaan secara tiba-tiba untuk produk tertentu, perusahaan dapat meningkatkan produksi atau pengadaan barang untuk memenuhi permintaan tersebut. Sebaliknya, jika ada penurunan permintaan, perusahaan dapat menurunkan tingkat produksi untuk menghindari overstocking dan pemborosan.

8. **Visualisasi Data untuk Keputusan yang Lebih Mudah**
Alat visualisasi data seperti *dashboards* dan laporan grafis membantu manajer rantai pasok memahami tren dan pola dengan lebih mudah. Dengan tampilan visual yang jelas dari data operasional, manajer dapat mengenali masalah atau peluang dengan cepat dan membuat keputusan berdasarkan informasi tersebut. Visualisasi data ini juga berguna dalam rapat atau diskusi dengan tim lain untuk membuat keputusan strategis bersama.
9. **Penghematan Biaya Berkat Pengambilan Keputusan yang Tepat.** Dengan pengambilan keputusan berbasis data, perusahaan dapat menghindari pemborosan, mengurangi biaya penyimpanan, mengoptimalkan pengadaan, dan mengelola sumber daya secara lebih efisien. Keputusan yang didasarkan pada data membantu menghindari keputusan yang berisiko tinggi atau tidak efisien, yang dapat mengakibatkan biaya tambahan atau kerugian.

Secara keseluruhan, pengambilan keputusan berbasis data dalam rantai pasok digital meningkatkan akurasi, ketepatan waktu, dan efektivitas keputusan, yang pada akhirnya membantu perusahaan mengoptimalkan operasi mereka, mengurangi risiko, dan meningkatkan efisiensi serta profitabilitas.

6.5. Kesimpulan

Dalam era digital yang semakin berkembang, manajemen rantai pasok digital menjadi suatu kebutuhan yang tak terhindarkan bagi perusahaan yang ingin tetap kompetitif dan relevan. Digitalisasi memberikan berbagai manfaat, mulai dari peningkatan efisiensi operasional hingga pengambilan keputusan yang lebih baik berbasis data. Namun, tantangan seperti integrasi sistem, keamanan data, dan resistensi terhadap perubahan dalam organisasi harus dikelola dengan cermat untuk mencapai keberhasilan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, S. (2020). *Manajemen Rantai Pasok: Teori dan Praktik di Indonesia*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Girsang, A. (2021). "Digitalisasi Rantai Pasok dan Dampaknya terhadap Kinerja Perusahaan". *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 5(2), 123-135.
- Rahardjo, S., & Setiawan, D. (2019). "Pengaruh Teknologi Informasi terhadap Efisiensi Rantai Pasok di Sektor Manufaktur". *Jurnal Teknik Industri*, 21(1), 47-59.
- Wibowo, R. (2022). *Rantai Pasok Digital: Strategi dan Implementasi di Era Industri 4.0*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Pratama, A. (2020). "Resistensi Perubahan dalam Implementasi Sistem Digital pada Perusahaan Indonesia". *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, 8(3), 201-210.
- Santoso, H. (2023). "Big Data dan Pengaruhnya terhadap Keputusan Manajerial di Sektor Rantai Pasok". *Jurnal Ilmu Manajemen*, 15(2), 89-99.
- Utomo, S. (2021). *Kinerja Rantai Pasok Digital: Analisis Faktor Pendukung dan Penghambat*. Jakarta: Salemba Empat.

- Lestari, N. (2022). "Peran Pelatihan dalam Mengurangi Resistensi terhadap Perubahan Digital di Perusahaan". *Jurnal Pendidikan dan Pelatihan*, 10(1), 25-33.
- Hidayati, R. (2023). "Integrasi Sistem dalam Manajemen Rantai Pasok: Tantangan dan Solusi". *Jurnal Riset Manajemen*, 14(1), 45-60.
- Sari, D. (2020). "Keamanan Data dalam Rantai Pasok Digital". *Jurnal Teknologi Informasi*, 12(2), 67-75.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Lambert, D. M., & Cooper, M. C. (2000). "Issues in Supply Chain Management". *Industrial Marketing Management*, 29(1), 65-83. doi:10.1016/S0019-8501(99)00113-5.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management* (5th ed.). Harlow, England: Pearson Education.
- Gunasekaran, A., & Ngai, E. W. T. (2004). "Information Systems in Supply Chain Integration and Management". *European Journal of Operational Research*, 159(2), 269-285. doi:10.1016/S0377-2217(03)00392-6.
- Huang, G. Q., & Dufloy, J. R. (2019). "Digital Supply Chains: A Roadmap for Transforming Supply Chain Management". *IEEE Engineering Management Review*, 47(1), 16-25. doi:10.1109/EMR.2019.2900512.
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). "The Impact of Digital Technology on Supply Chain Management: A Review". *International Journal of Production Research*, 58(10), 2862-2875. doi:10.1080/00207543.2020.1777160.
- Bryde, D. J., & F. A. H. (2018). "A Practical Approach to Managing the Challenges of Supply Chain Digitalization". *Supply Chain*

- Management: An International Journal, 23(5), 515-530. doi:10.1108/SCM-05-2017-0212.
- Melnyk, S. A., & van der Vorst, J. G. A. J. (2022). "Operations and Supply Chain Management in the Digital Age". Journal of Operations Management, 68(1-2), 1-10. doi:10.1016/j.jom.2022.03.002.
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). "Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution that Will Transform Supply Chain Design and Management". Journal of Business Logistics, 34(2), 77-84. doi:10.1111/jbl.12010.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., & Goh, M. (2020). "Industry 4.0 and Supply Chain Management: A Review and Future Research Directions". Computers & Industrial Engineering, 139, 106215. doi:10.1016/j.cie.2019.106215.

PROFIL PENULIS



Supangat, S.Pd, M.M.

**Dosen Fakultas Vokasi Pelayaran
Universitas Hang Tuah Surabaya**

Penulis lahir di Purworejo Jawa Tengah pada tanggal 7 September 1965, dan sekarang menetap di Surabaya. Menyelesaikan pendidikan SD, SMP dan MAN di Purworejo dan S1 serta S2 di Surabaya. Sebelum berkecimpung di dunia pendidikan, bertugas di TNI AL dan pensiun pada tahun 2018. Selanjutnya sebagai tenaga pengajar (Dosen) di Universitas Hang Tuah di Fakultas Vokasi Pelayaran dengan mengampu : Bahasa Inggris, Bahasa Inggris Maritim, Kepemimpinan, dan Ketrampilan kerja Tim serta Manajemen Kapal. Pengalaman : Short course of Management of Radio Frequency di Australia tahun 2004, Short course of Methodology Of English Language Teaching (MELT) di Australia tahun 2007, Overseas deployment Pasukan PBB di Lebanon tahun 2010-2011.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail:
supangat.supangat@hangtuah.ac.id.



MANAJEMEN KUALITAS DI ERA INDUSTRI 4.0

Oleh: Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, S.T., M.T.

7.1. Definisi dan Prinsip Dasar Manajemen Kualitas

Manajemen kualitas merupakan pendekatan sistematis untuk mengelola semua aktivitas organisasi agar hasil yang dihasilkan sesuai dengan harapan pelanggan. Juran mendefinisikannya sebagai serangkaian langkah untuk merencanakan, mengendalikan, dan meningkatkan kualitas secara terus-menerus. Sedangkan ASQ (*American Society for Quality*) melihat manajemen kualitas sebagai upaya kolektif seluruh anggota organisasi untuk mencapai kinerja terbaik dan kepuasan pelanggan yang optimal (Juran, 1988).

Manajemen kualitas tidak hanya sebatas konsep, tetapi juga melibatkan penerapan alat dan metode yang spesifik. TQM (*Total Quality Management*), misalnya, adalah pendekatan menyeluruh yang melibatkan semua bagian organisasi untuk mencapai kualitas yang lebih baik dan kepuasan pelanggan yang tinggi. Six Sigma, di sisi lain, merupakan metodologi yang lebih terstruktur yang bertujuan untuk mengurangi ketidakpastian dalam proses bisnis sehingga hasil yang dihasilkan lebih seragam dan memenuhi standar. Sementara itu, *Lean Management* berfokus pada penghapusan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah bagi pelanggan, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas produk.

Prinsip-prinsip dasar manajemen kualitas adalah sebagai

berikut: (Evan & Lindsay, 2016)

a. Fokus pada pelanggan

Manajemen kualitas berfokus pada memberikan nilai terbaik bagi pelanggan. Dengan memahami dan memenuhi harapan pelanggan, perusahaan dapat membangun kepercayaan dan mencapai kesuksesan dalam jangka waktu yang lama. Kepuasan pelanggan adalah tujuan akhir dari semua upaya peningkatan kualitas.

b. Kepemimpinan yang kuat

Peran pemimpin sangat krusial dalam mendorong keberhasilan manajemen kualitas. Pemimpin yang visioner mampu membangun budaya organisasi yang mendorong setiap individu untuk aktif terlibat dalam upaya peningkatan kualitas. Selain itu, pemimpin juga bertanggung jawab dalam menetapkan arah yang jelas bagi organisasi dalam mencapai tujuan kualitas yang telah ditetapkan.

c. Keterlibatan seluruh karyawan

Manajemen kualitas bukan hanya tugas manajemen puncak, melainkan tanggung jawab bersama seluruh anggota organisasi. Setiap karyawan memiliki peran penting dalam memastikan kualitas produk atau layanan. Keberhasilan program kualitas sangat bergantung pada partisipasi aktif dari semua level organisasi.

d. Pendekatan berbasis proses

Manajemen kualitas menekankan pentingnya memahami dan mengendalikan setiap langkah dalam proses produksi atau penyediaan layanan. Dengan pendekatan ini, organisasi dapat memastikan bahwa semua aktivitas berjalan secara konsisten dan efisien. Proses yang dioptimalkan dapat mengurangi variabilitas dan membuat hasil lebih mudah diprediksi, sehingga kualitas produk atau layanan dapat terjaga.

e. Perbaikan berkelanjutan

Dasar dari manajemen kualitas adalah perbaikan yang tidak pernah berhenti. Organisasi perlu terus mencari cara untuk menjadi lebih efisien dan efektif dalam segala aktivitasnya.

Dengan menggunakan metode seperti Six Sigma, Lean, dan Kaizen, perusahaan dapat mencapai tujuan ini. Perbaikan berkelanjutan di seluruh aspek organisasi akan berdampak positif pada kepuasan pelanggan dan profitabilitas.

f. Pengambilan keputusan berbasis fakta

Keputusan yang efektif dalam manajemen kualitas memerlukan data yang valid dan analisis yang cermat. Organisasi harus mengumpulkan dan menganalisis informasi yang relevan untuk memahami kinerja proses dan mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan. Data statistik yang akurat sangat penting dalam pengambilan keputusan.

g. Manajemen hubungan saling menguntungkan dengan Pemasok

Kualitas produk yang konsisten sangat bergantung pada kualitas bahan baku atau komponen yang digunakan. Oleh karena itu, membangun hubungan yang baik dengan pemasok sangat penting. Kerjasama yang saling menguntungkan dengan pemasok dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko gangguan dalam rantai pasok (Heizer et al, 2020).

7.2. Dimensi Manajemen Kualitas

Manajemen kualitas tidak berhenti pada sekadar memenuhi persyaratan minimum. Perusahaan perlu memahami berbagai faktor yang mempengaruhi persepsi pelanggan terhadap kualitas produk atau layanan. Dengan memahami dimensi-dimensi kualitas, perusahaan dapat mengidentifikasi area yang perlu ditingkatkan untuk memberikan nilai maksimal bagi pelanggan.

1. Kinerja

Kinerja mengukur seberapa baik suatu produk atau layanan menjalankan fungsi yang dijanjikan. Aspek seperti kecepatan, daya tahan, dan efisiensi merupakan bagian dari kinerja. Pelanggan biasanya mulai dengan mengevaluasi kinerja produk saat pertama kali menggunakannya (Evan & Lindsay, 2016).

2. Keandalan

Keandalan mengukur seberapa sering suatu produk mengalami kerusakan atau penurunan kinerja dalam jangka waktu tertentu. Produk yang andal dapat berfungsi dengan baik dalam jangka panjang tanpa sering membutuhkan perbaikan. Keandalan adalah salah satu faktor kunci dalam membangun kepercayaan pelanggan dan loyalitas merek (Garvin, 1987).

3. Daya Tahan

Daya tahan mengukur berapa lama suatu produk dapat berfungsi sebelum perlu diperbaiki atau diganti. Produk dengan daya tahan tinggi dapat bertahan dalam kondisi penggunaan normal selama jangka waktu yang lebih lama. Daya tahan adalah indikator penting dari kualitas produk yang ekonomis, karena produk yang lebih tahan lama memberikan nilai yang lebih baik bagi konsumen (Heizer et al, 2020).

4. Fitur

Fitur adalah karakteristik tambahan yang membedakan suatu produk dari produk lainnya. Fitur-fitur ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan spesifik pelanggan atau memberikan kenyamanan ekstra. Misalnya, fitur navigasi pada mobil adalah nilai tambah yang dapat memengaruhi keputusan pembelian. Fitur sering menjadi pembeda utama antara produk yang memiliki fungsi dasar yang sama (Garvin, 1987).

5. Kesesuaian dengan spesifikasi

Kesesuaian produk mengacu pada seberapa baik produk tersebut memenuhi spesifikasi dan standar yang telah ditentukan. Produk dengan tingkat kesesuaian tinggi diproduksi secara konsisten dan memenuhi semua persyaratan desain. Pengendalian kualitas yang ketat sangat penting untuk memastikan setiap produk sesuai dengan spesifikasi (Evan & Lindsay, 2016).

6. Estetika

Estetika mengacu pada aspek visual dan sensorik dari suatu produk yang mempengaruhi persepsi pelanggan. Selain tampilan visual, seperti desain dan warna, estetika juga mencakup aspek seperti rasa, aroma, dan tekstur. Meskipun selera setiap orang berbeda, estetika yang baik dapat menciptakan daya tarik emosional yang kuat dan mendorong pelanggan untuk membeli produk (Garvin, 1987).

7. Pelayanan atau Dukungan purna jual

Ketersediaan layanan purna jual yang memadai merupakan faktor determinan dalam persepsi pelanggan terhadap kualitas produk, terutama untuk produk-produk yang kompleks atau bernilai tinggi. Garansi, layanan pelanggan, dan dukungan teknis yang responsif berperan krusial dalam membangun loyalitas pelanggan jangka panjang (Heizer et al, 2020).

8. Persepsi Kualitas

Persepsi pelanggan tentang kualitas produk tidak selalu berdasarkan pengalaman pribadi mereka. Faktor-faktor seperti citra merek, iklan, dan pendapat orang lain juga sangat berpengaruh. Persepsi ini, meskipun subjektif, sangat memengaruhi keputusan pembelian konsumen (Garvin, 1987).

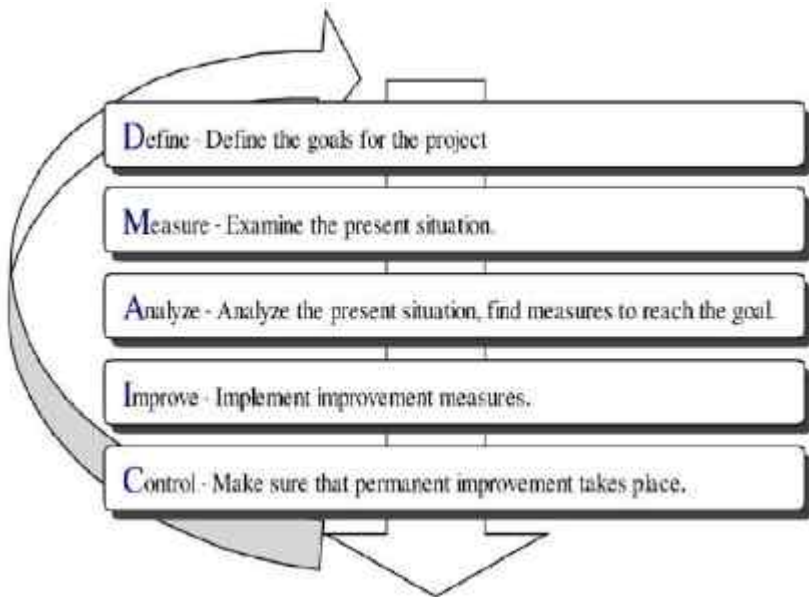
7.3. Teknik dan Metode Manajemen Kualitas

Manajemen kualitas memiliki beberapa Teknik dan Metode dalam penyelesaian permasalahan kualitas diperusahaan. Berikut ini adalah beberapa metode yang banyak digunakan:

a. Six Sigma

Six Sigma adalah pendekatan sistematis yang mengandalkan data dan statistik untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas suatu proses. Dengan mengidentifikasi dan menghilangkan

penyebab variasi, Six Sigma bertujuan untuk mencapai tingkat kesempurnaan yang sangat tinggi, di mana cacat hampir tidak ada. Six Sigma bukan hanya tentang memperbaiki kualitas produk, tetapi juga tentang membangun bisnis yang berpusat pada pelanggan. DMAIC Six Sigma adalah kerangka kerja utama dalam Six Sigma yang membantu perusahaan mengidentifikasi dan mengatasi masalah secara sistematis. Dengan mengandalkan data yang akurat, DMAIC memastikan bahwa solusi yang diterapkan efektif dan berkelanjutan (Pzydek & Keller, 2014).



Gambar 7.1 Metode DMAIC Six Sigma (Pzydek & Keller, 2014)

b. Kaizen

Kaizen, yang berarti "perbaikan baik" dalam bahasa Jepang,

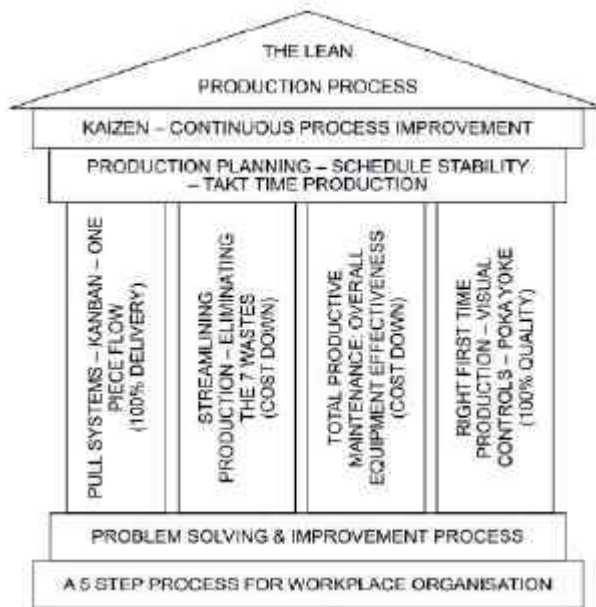
adalah pendekatan manajemen yang fokus pada peningkatan berkelanjutan. Dikenalkan oleh Masaaki Imai, Kaizen bertujuan untuk meningkatkan kualitas, produktivitas, dan keselamatan kerja melalui perubahan kecil namun konsisten yang melibatkan seluruh karyawan. Salah satu kunci keberhasilan Kaizen adalah keterlibatan seluruh karyawan. Dengan memberikan kesempatan kepada setiap individu untuk berkontribusi, Kaizen mendorong inisiatif dan inovasi, serta menciptakan lingkungan kerja yang terbuka terhadap perubahan. Selain itu, Kaizen juga menekankan pentingnya pengambilan keputusan yang didasarkan pada data yang akurat. Kaizen, yang awalnya dikenal dalam konteks produksi, ternyata memiliki aplikasi yang lebih luas. Prinsip-prinsip Kaizen dapat diterapkan di berbagai bidang seperti layanan pelanggan, manajemen rantai pasokan, dan bahkan dalam tugas-tugas administratif. Dengan demikian, Kaizen dapat menciptakan lingkungan kerja yang lebih inovatif dan fleksibel (Imai, 1986).



Gambar 7.2 Kaizen *Umbrella* (Imai, 1986)

c. *Lean Manufacturing*

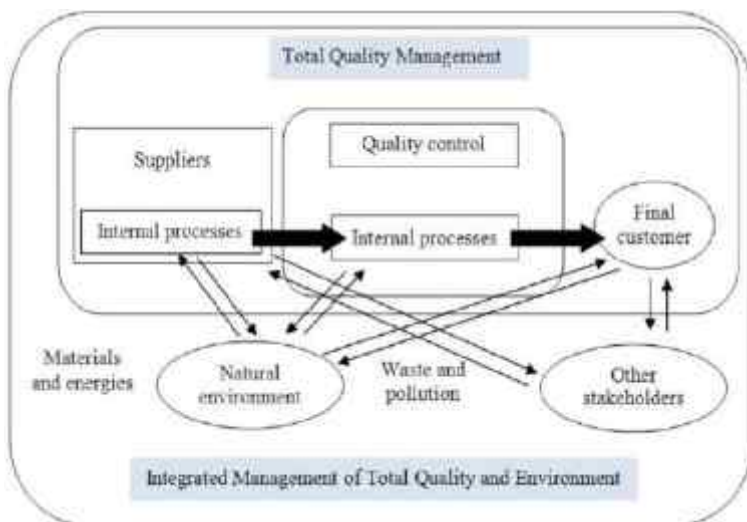
Heizer mendefinisikan *Lean Manufacturing* sebagai strategi yang bertujuan memaksimalkan nilai bagi pelanggan dengan cara menghilangkan segala bentuk pemborosan dalam proses produksi. Salah satu inti dari *Lean Manufacturing* adalah menghilangkan segala bentuk pemborosan, seperti pemborosan waktu, material, dan tenaga kerja. Dengan demikian, perusahaan dapat meningkatkan produktivitas, kualitas produk, serta kemampuannya untuk memenuhi permintaan pasar. Dalam dunia bisnis yang semakin kompetitif, menjadi pendekatan yang krusial bagi perusahaan untuk tetap relevan dan unggul. Dengan menerapkan konsep ini, perusahaan dapat memberikan nilai tambah yang lebih besar kepada pelanggan (Heizer et al, 2020)



Gambar 7.3 *The House of Lean Production* (Hines & Rich, 1998)

d. *Total Quality Management (TQM)*

TQM adalah strategi jangka panjang yang bertujuan meningkatkan kepuasan pelanggan melalui perbaikan terus-menerus pada produk, layanan, dan proses bisnis. TQM menekankan pentingnya keterlibatan seluruh anggota organisasi dalam mencapai tujuan ini. TQM tidak hanya sekedar memeriksa kualitas di akhir proses, tetapi juga melibatkan pengelolaan proses yang sistematis, pengukuran kinerja, dan partisipasi aktif dari seluruh anggota organisasi untuk mencegah terjadinya masalah (Evan & Lindsay, 2016).



Gambar 7.4 *Total Quality Management* (Corbett & Klassen, 2006)

7.4. Manajemen Kualitas di Era Industri 4.0

Teknologi seperti IoT, AI, dan *big data* telah mendorong transformasi besar-besaran dalam Industri 4.0. Dalam konteks manajemen kualitas, teknologi-teknologi ini memungkinkan organisasi untuk mengotomatisasi proses, menganalisis data secara

mendalam, dan meningkatkan efisiensi dalam menjaga kualitas produk dan layanan.

Konsep manajemen kualitas seperti Six Sigma, TQM, dan *Lean Manufacturing* tetap relevan dan bahkan semakin penting dalam era Industri 4.0, di mana perusahaan dituntut untuk terus berinovasi dan meningkatkan kualitas.

Dengan teknologi Industri 4.0, kita dapat memperoleh gambaran yang lebih komprehensif tentang seluruh proses produksi. Hal ini memungkinkan deteksi dini terhadap cacat atau penyimpangan dari standar yang telah ditetapkan (Heizer et al, 2020).

Perkembangan pesat teknologi di era Industri 4.0 telah meningkatkan kompleksitas manajemen kualitas. Integrasi teknologi seperti IoT (*Internet of Things*) dan *big data* ke dalam sistem yang ada, serta pengelolaan keamanan data merupakan tantangan utama yang harus diatasi oleh perusahaan (Lee et al, 2015).

Konsep manajemen kualitas di era Industri 4.0 berkembang menjadi *Quality 4.0* yang terdiri dari 4 komponen:

1. *Quality Management Digitization*

Konsep *Quality 4.0* muncul sebagai jawaban atas kebutuhan akan pengelolaan kualitas yang lebih modern dan efisien di era digital. Integrasi teknologi digital ke dalam proses-proses manajemen kualitas yang telah ada sebelumnya. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kemampuan organisasi dalam memberikan produk atau jasa yang senantiasa memenuhi, bahkan melebihi, harapan pelanggan. *Quality 4.0* mentransformasi manajemen kualitas dengan mengintegrasikan teknologi digital ke dalam seluruh proses produksi. Melalui pengumpulan dan analisis data, perusahaan dapat mengidentifikasi dan mengatasi masalah kualitas secara lebih cepat dan akurat. Selain itu, pemantauan penggunaan

produk secara *real-time* memungkinkan perusahaan untuk menyesuaikan produksi sesuai dengan permintaan pasar (Liu et al, 2023).

2. *Predictive Quality Management*

Salah satu ciri khas *Quality 4.0* adalah kemampuannya untuk memprediksi masalah kualitas. Melalui pengumpulan dan analisis data secara *real-time*, perusahaan dapat mengidentifikasi potensi cacat produk atau proses sebelum mereka terjadi, sehingga memungkinkan tindakan korektif yang lebih cepat dan efektif (Chiarini & Kumar, 2022).

3. *Mass Personalization*

Quality 4.0 mengubah cara kita memproduksi barang. Kini, produksi massal tidak lagi terbatas pada jumlah besar yang seragam, tetapi dapat disesuaikan dengan preferensi masing-masing pelanggan. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk menawarkan produk yang lebih personal dan memenuhi kebutuhan individu. Pelanggan tidak hanya sebagai konsumen, tetapi juga menjadi bagian dari proses produksi. Hal ini memungkinkan perusahaan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan dan memenuhi permintaan pasar secara tepat waktu (Liu et al, 2023).

4. *Intelligent quality management*

Inti dari *Quality 4.0* adalah penggunaan teknologi cerdas dalam produksi. Sensor pintar mengumpulkan data dari seluruh proses produksi, mulai dari bahan baku hingga produk jadi. Data ini kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi potensi masalah kualitas dan mengoptimalkan kinerja mesin. Mesin pintar, yang mampu belajar sendiri, dapat menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi produksi dan meningkatkan efisiensi. Dengan berkolaborasi, mereka mampu mengumpulkan dan menganalisis data secara menyeluruh.

Berdasarkan analisis data tersebut, mereka dapat membuat keputusan yang lebih baik dan mandiri untuk mengoptimalkan produktivitas. Selain itu, mereka juga mampu memprediksi masalah pada mesin sebelum terjadi, sehingga mengurangi waktu tunggu produksi (Liu et al, 2023).

Quality 4.0 adalah evolusi dari manajemen kualitas tradisional. Pendekatan ini mengintegrasikan teknologi digital untuk mengelola kualitas produk secara lebih efektif, mulai dari tahap desain hingga pengiriman. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kinerja perusahaan secara keseluruhan.



Gambar 7.5 Empat Dimensi Quality 4.0 (Liu et al, 2023)

DAFTAR PUSTAKA

Chiarini, A & Kumar, M. 2022. What is Quality 4.0? An exploratory sequential mixed methods study of Italian manufacturing

- copamies. *International Journal of Production Research*, Vol 60 (16) pp 4890-4910.
- Corbett, C.J., & Klassen, R.D., 2006. Extending the horizons: environmental excellence as key to improving operations. *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol. 8 (1), pp 5–22.
- Evans, J.R & Lindsay, W.M. 2016. *Managing for Quality and Performance Excellence*. Boston: Cengage Learning.
- Garvin, David. 1987. *Competing on the Eight Dimensions of Quality*. Massachusetts: Harvard Business School.
- Heizer, J., Reinder, B & Munson, C. 2020. *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. London: Pearson.
- Hines, Peter & Rich, Nick. 1998. Outsourcing competitive advantage: The use of supplier associations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol 28. No.7 pp 524-546. MCB University Press.
- Imai, Masaaki. 1986. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill.
- Juran, Joseph & Godfrey, Blanton. 1999. *Juran's Quality Handbook*. 5th Edition. New York: McGraw-Hill.
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. 2015. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 3, 18-23.
- Liu, Hu Chen., Liu, Ran., Gu, Xiuzhu & Yang, Miying. 2023. From Total Quality Management to Quality 4.0: A systematic literature review and future research agenda. *Frontiers of Engineering Management*, Vol 10 (2), 191-205.
- Pzydek, Thomas & Keller, Paul. 2014. *The Six Sigma Handbook*. 4th Edition. New York: McGraw-Hill

PROFIL PENULIS



Ronaldo Ferdy Ignatius Rottie, S.T., M.T
Dosen Teknik Industri
Universitas Katolik De La Salle Manado

Penulis lahir di Manado tanggal 11 Februari 1988. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik De La Salle Manado. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Industri Unika De La Salle Manado dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknik Industri Universitas Parahyangan Bandung. Penulis menekuni bidang Rekayasa dan Manajemen Mutu, Perancangan Fasilitas, *Service Quality*, Analisis Produktivitas dan Sistem Produksi. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: rrottie@unikadelasalle.ac.id.



AUTOMASI DAN ROBOTIKA DALAM PRODUKSI

Oleh: Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBEc.

8.1. Pendahuluan



Di era Industri 4.0, teknologi telah menjadi penggerak utama dalam revolusi proses produksi di berbagai sektor industri. Automasi dan robotika muncul sebagai dua elemen kunci yang tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mengubah cara industri beroperasi. Automasi merujuk pada penggunaan teknologi untuk menjalankan proses produksi dan operasi tanpa campur tangan manusia, sementara robotika melibatkan penggunaan mesin pintar

yang dapat beroperasi secara mandiri atau dengan sedikit bantuan manusia untuk menyelesaikan tugas-tugas kompleks.

Manajemen produksi dan operasi merupakan disiplin ilmu yang berfokus pada perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian proses produksi agar dapat menghasilkan barang dan jasa secara efisien. Dalam konteks industri, manajemen produksi mencakup berbagai kegiatan yang memastikan bahwa input, seperti tenaga kerja, bahan mentah, dan teknologi, diubah menjadi output dengan cara yang paling produktif. Tujuan utamanya adalah untuk memastikan produk dibuat sesuai dengan spesifikasi, biaya rendah, dan tepat waktu, sambil meminimalkan limbah dan penggunaan sumber daya.

Dalam era Industri 4.0, automasi dan robotika telah menjadi bagian integral dari sistem produksi modern. Automasi merujuk pada penggunaan teknologi untuk menjalankan proses produksi secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung, sedangkan robotika melibatkan penggunaan robot-robot pintar untuk menjalankan tugas-tugas spesifik dalam proses produksi. Dalam industri modern, teknologi ini memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas produk, mempercepat proses manufaktur, dan memungkinkan perusahaan untuk merespons perubahan pasar dengan lebih cepat. Automasi dan robotika juga memungkinkan pabrik beroperasi 24/7 dengan konsistensi yang lebih tinggi daripada tenaga manusia.

Salah satu manfaat terbesar dari penerapan automasi dan robotika adalah peningkatan efisiensi produksi. Dengan mengurangi keterlibatan manusia dalam tugas-tugas rutin dan berulang, perusahaan dapat mengurangi kesalahan, meningkatkan kecepatan produksi, dan memaksimalkan penggunaan sumber daya. Automasi memungkinkan pemantauan proses secara real-time, sehingga manajer produksi dapat segera mengambil tindakan terhadap

masalah yang muncul. Selain itu, robotika menawarkan presisi yang sangat tinggi dalam setiap operasi, yang sangat penting dalam industri yang membutuhkan ketelitian, seperti manufaktur elektronik atau otomotif. Dengan demikian, penerapan automasi dan robotika menjadi solusi penting untuk meningkatkan daya saing industri di pasar global.

Pada akhir tulisan pada bab ini, pembaca akan dibekali dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem automasi dan robotika dalam proses produksi. Hal ini akan menjadi modal berharga bagi mahasiswa ataupun pembaca yang kelak akan terjun ke dunia industri, di mana kemampuan untuk memanfaatkan teknologi canggih ini menjadi semakin penting untuk memenangkan persaingan global.

8.2. Konsep Teoritis

Berikut adalah penjelasan mengenai konsep teoritis dalam bab Automasi dan Robotika dalam Manajemen Produksi.

- Dasar-dasar Automasi dalam Produksi
Automasi dalam produksi dan operasi adalah penggunaan teknologi untuk mengendalikan proses dan sistem tanpa memerlukan intervensi manusia secara langsung.
 - **Definisi dan Tujuan:** Automasi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi waktu siklus produksi, meminimalkan kesalahan manusia, dan meningkatkan konsistensi serta kualitas produk. Dengan mengotomatisasi proses, perusahaan dapat menghasilkan lebih banyak dengan biaya yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat.
 - **Jenis Sistem Automasi:**

- **Automasi Terprogram:** Sistem yang berfungsi berdasarkan program yang ditentukan sebelumnya. Contoh termasuk mesin CNC (Computer Numerical Control) yang digunakan dalam pemrosesan logam dan material.
- **Automasi Berbasis Sensor:** Menggunakan sensor untuk mengumpulkan data dari lingkungan dan membuat keputusan secara otomatis. Contoh: sistem otomatisasi rumah pintar yang mengatur pencahayaan dan suhu berdasarkan keberadaan orang.
- **Automasi Cerdas:** Melibatkan kecerdasan buatan dan machine learning untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam mengambil keputusan yang lebih kompleks.
- **Komponen Utama:**
 - **Sensor:** Alat yang mendeteksi dan mengukur variabel fisik seperti suhu, tekanan, dan kecepatan.
 - **Aktuator:** Perangkat yang melakukan tindakan fisik berdasarkan sinyal dari sistem kontrol.
 - **Sistem Kontrol:** Software atau perangkat keras yang mengatur operasi sistem otomatis.
- Prinsip Dasar Robotika

Robotika adalah cabang teknologi yang berkaitan dengan desain, konstruksi, dan pengoperasian robot.

 - **Kendali Robot:**
 - Robot dikendalikan oleh algoritma yang menentukan perilaku dan gerakan mereka. Ini mencakup kontrol posisi, kecepatan, dan gaya untuk memastikan gerakan yang tepat dan aman.

- **Algoritma:** Termasuk kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative) yang umum digunakan untuk mengatur sistem kendali otomatis.
- **Persepsi:**
 - Robot menggunakan berbagai sensor, seperti kamera dan lidar, untuk mendeteksi objek dan memahami lingkungan mereka. Ini memungkinkan robot untuk menavigasi dan melakukan tugas-tugas seperti pengambilan dan pemindahan objek.
- **Manipulasi:**
 - Kemampuan robot untuk melakukan interaksi fisik dengan objek, seperti mengangkat, memindahkan, atau merakit. Ini melibatkan penggunaan gripper atau lengan robot yang dirancang khusus untuk tugas tertentu.
- **Interaksi Manusia-Robot:**
 - Memastikan robot dapat beroperasi di dekat manusia dengan aman. Ini termasuk pengembangan antarmuka pengguna yang intuitif dan prosedur keselamatan yang ketat untuk menghindari kecelakaan.
- Evolusi Teknologi Produksi dari Manual ke Otomatis

Evolusi teknologi produksi menggambarkan transisi dari metode manual ke otomatisasi yang lebih kompleks.

 - **Produksi Manual:**
 - Di awal sejarah industri, semua proses dilakukan secara manual. Meskipun metode ini memberikan fleksibilitas, tetapi sering kali menghasilkan variasi kualitas dan tidak efisien dalam hal waktu.

- **Mekanisasi:**
 - Pengenalan mesin-mesin sederhana untuk melakukan tugas tertentu. Misalnya, penggunaan mesin tenun dalam industri tekstil yang mempercepat proses produksi.
 - **Automasi Sebagian:**
 - Penerapan teknologi automasi yang terbatas. Sebagian proses tetap memerlukan pengawasan manusia. Contohnya, di lini produksi otomotif, di mana pekerja mengawasi robot yang merakit komponen mobil.
 - **Automasi Penuh:**
 - Saat ini, banyak industri beralih ke automasi penuh, menggunakan robot dan sistem berbasis AI untuk mengelola seluruh proses produksi dengan sedikit atau tanpa intervensi manusia. Ini mencakup pabrik pintar yang menggunakan IoT (Internet of Things) untuk menghubungkan semua mesin dan sistem dalam satu jaringan.
- Dampak Automasi dan Robotika terhadap Tenaga Kerja dan Produktivitas
- Automasi dan robotika memiliki dampak yang signifikan terhadap tenaga kerja dan produktivitas di berbagai sektor.
- **Peningkatan Produktivitas:**
 - Automasi dapat meningkatkan output dan efisiensi produksi secara signifikan, memungkinkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pasar yang meningkat tanpa harus menambah jumlah tenaga kerja.

- **Pengurangan Tenaga Kerja:**
 - Meskipun otomatisasi menciptakan efisiensi, hal ini juga dapat menyebabkan pengurangan kebutuhan akan tenaga kerja manusia, terutama di posisi yang dapat diotomatisasi sepenuhnya, seperti dalam perakitan dan pengemasan.
- **Penciptaan Pekerjaan Baru:**
 - Sementara beberapa pekerjaan hilang, munculnya teknologi baru menciptakan kebutuhan untuk posisi baru, seperti pengembang perangkat lunak, insinyur robotika, dan spesialis pemeliharaan sistem otomatis.
- **Perubahan Keterampilan:**
 - Tenaga kerja perlu mengembangkan keterampilan baru untuk beradaptasi dengan teknologi otomatis yang berkembang. Pelatihan dan pendidikan berkelanjutan menjadi penting untuk memastikan bahwa pekerja siap untuk menghadapi tuntutan baru yang ditetapkan oleh industri otomatis.

8.3. Studi Kasus

1. Robotika dalam Perakitan Otomatis
 - Fanuc: Fanuc adalah salah satu pemimpin global dalam teknologi robotika dan automasi industri. Mereka dikenal dengan robot industri yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi perakitan, seperti:
 - i. Robot Modular: Fanuc menawarkan berbagai jenis robot yang dapat disesuaikan untuk berbagai tugas, termasuk pengelasan, pengepakan, dan pemindahan.

- ii. Kecerdasan Buatan: Fanuc juga mengintegrasikan AI dalam sistem robotik mereka, memungkinkan robot untuk belajar dari pengalaman dan meningkatkan kinerja dari waktu ke waktu.
- o ABB: ABB adalah perusahaan teknologi terkemuka yang juga fokus pada robotika dan automasi industri. Beberapa aspek penting dari implementasi robotika ABB adalah:
 - i. Robot Kobalt: ABB mengembangkan robot kolaboratif (cobot) yang dirancang untuk bekerja berdampingan dengan manusia, meningkatkan efisiensi dan keselamatan di lingkungan perakitan.
 - ii. Solusi Digital: ABB menggunakan solusi digital seperti IoT dan analitik untuk mengoptimalkan proses perakitan dan memantau kinerja mesin secara real-time.

Pembelajaran dari Implementasi di Perusahaan Global

- a. **Pentingnya Inovasi:** Perusahaan seperti Tesla dan Toyota menunjukkan bahwa inovasi dalam teknologi automasi dan robotika sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing di pasar global.
- b. **Fokus pada Kualitas:** Implementasi konsep seperti Jidoka di Toyota mengajarkan bahwa kualitas harus menjadi prioritas utama dalam setiap proses produksi. Menghentikan produksi untuk menangani masalah kualitas dapat menghemat biaya jangka panjang.
- c. **Adaptasi terhadap Teknologi:** Perusahaan perlu siap untuk beradaptasi dengan teknologi baru. Fanuc dan ABB

menunjukkan bahwa integrasi AI dan solusi digital dapat meningkatkan kinerja robotika secara signifikan.

- d. **Kolaborasi Manusia dan Robot:** Pembelajaran dari implementasi robot kolaboratif mengindikasikan bahwa kerja sama antara manusia dan robot dapat meningkatkan produktivitas tanpa mengorbankan keselamatan kerja.

8.4. Aplikasi Praktis Pengguna Automasi dan Robotika

Jerman: Jerman dikenal dengan keahlian tekniknya dan merupakan rumah bagi banyak perusahaan otomotif dan manufaktur.

- **Industri 4.0:** Jerman memelopori konsep "Industri 4.0," yang mengintegrasikan robotika, IoT, dan analitik data untuk menciptakan pabrik yang cerdas. Perusahaan seperti Siemens dan Bosch mengimplementasikan sistem otomatis yang dapat beradaptasi dengan perubahan permintaan pasar secara real-time.
- **Robot Kolaboratif (Cobot):** Jerman juga mengembangkan robot kolaboratif yang dapat bekerja bersamaan dengan manusia di lini produksi, meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas.

Amerika Serikat: Amerika Serikat memiliki berbagai aplikasi robotika dalam industri, mulai dari otomotif hingga manufaktur umum.

- **Automasi dalam Otomotif:** Perusahaan seperti Ford dan General Motors mengadopsi robot untuk merakit kendaraan, mengurangi waktu produksi dan meningkatkan keamanan kerja.
- **Industri Manufaktur Umum:** Banyak perusahaan kecil dan menengah di AS mulai mengintegrasikan robot dalam proses produksi untuk meningkatkan produktivitas. Teknologi

robotika juga digunakan dalam aplikasi non-manufaktur, seperti dalam layanan kesehatan dan logistik.

Pembelajaran dari Negara-negara yang Berhasil Mengintegrasikan Automasi dan Robotika

- **Komitmen Terhadap Pendidikan dan Pelatihan:** Negara-negara seperti Jerman dan Jepang menunjukkan pentingnya pendidikan dan pelatihan dalam teknologi automasi dan robotika. Program pelatihan yang baik membantu tenaga kerja untuk beradaptasi dengan teknologi baru dan meningkatkan keterampilan mereka.
- **Kerjasama Antara Pemerintah dan Industri:** Sukses dalam integrasi automasi sering kali melibatkan kolaborasi antara pemerintah dan sektor industri. Dukungan kebijakan yang mendorong investasi dalam R&D dan infrastruktur teknologi sangat penting.
- **Fokus pada Inovasi Berkelanjutan:** Negara-negara yang berhasil, seperti Korea Selatan dan Jerman, terus berinvestasi dalam inovasi dan penelitian untuk tetap bersaing di pasar global. Hal ini mencakup pengembangan teknologi baru dan adaptasi terhadap perubahan kebutuhan industri.
- **Adaptasi dan Fleksibilitas:** Keberhasilan implementasi automasi dan robotika juga bergantung pada kemampuan perusahaan untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan teknologi dan pasar. Contoh dari Jepang menunjukkan bahwa perusahaan yang siap berinovasi dan mengubah prosesnya akan lebih unggul.

Tantangan dan Peluang Automasi dan Robotika di Industri Indonesia

Tantangan yang dihadapi:

1. **Keterbatasan Sumber Daya Manusia (SDM):** Salah satu tantangan utama adalah kurangnya tenaga kerja terampil yang mampu mengoperasikan dan memelihara teknologi otomatis. Pendidikan dan pelatihan di bidang ini masih perlu ditingkatkan.
2. **Infrastruktur Teknologi:** Beberapa daerah di Indonesia masih memiliki infrastruktur teknologi yang kurang memadai, yang dapat menghambat implementasi automasi dan robotika.
3. **Investasi Awal yang Tinggi:** Biaya investasi untuk teknologi automasi dan robotika seringkali sangat tinggi, terutama bagi perusahaan kecil dan menengah. Hal ini bisa menjadi penghalang untuk mengadopsi teknologi ini.
4. **Perubahan Budaya Kerja:** Perubahan dari sistem kerja tradisional ke sistem yang lebih otomatis memerlukan perubahan budaya dan pemahaman di dalam organisasi.

Peluang yang dapat dilakukan:

1. **Peningkatan Efisiensi:** Automasi dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi biaya operasional, yang sangat penting dalam pasar yang kompetitif.
2. **Daya Saing Global:** Dengan mengadopsi teknologi automasi dan robotika, Indonesia dapat meningkatkan daya saing industri di kancah global.
3. **Diversifikasi Sektor:** Automasi membuka peluang untuk diversifikasi sektor industri, seperti manufaktur, pertanian, dan logistik, yang dapat memperkuat ekonomi.

4. **Inovasi Produk dan Layanan:** Teknologi baru memungkinkan pengembangan produk dan layanan yang lebih inovatif, memenuhi kebutuhan konsumen yang semakin kompleks.

8.5. Langkah-langkah Penerapan Automasi dan Robotika

Berikut adalah langkah-langkah penerapan automasi dan robotika dalam industri yang dapat membantu perusahaan dalam mengoptimalkan proses dan meningkatkan efisiensi:

1. Identifikasi Kebutuhan dan Area untuk Automasi

- **Analisis Proses:** Lakukan analisis mendalam terhadap proses yang ada untuk mengidentifikasi area yang membutuhkan automasi. Cari tahu proses mana yang memakan waktu, berisiko tinggi, atau memiliki tingkat kesalahan yang tinggi.
- **Tujuan Automasi:** Tentukan tujuan spesifik yang ingin dicapai melalui automasi, seperti peningkatan produktivitas, pengurangan biaya, peningkatan kualitas, atau pengurangan risiko keselamatan.
- **Keterlibatan Karyawan:** Libatkan karyawan yang terlibat dalam proses tersebut untuk mendapatkan wawasan tentang tantangan dan peluang yang ada.

2. Evaluasi Teknologi dan Solusi Robotika yang Tersedia

- **Riset Teknologi:** Lakukan riset mengenai teknologi automasi dan robotika yang tersedia di pasar. Pertimbangkan berbagai jenis robot (misalnya, robot industri, robot kolaboratif) dan solusi perangkat lunak yang dapat diintegrasikan.
- **Analisis Kesesuaian:** Evaluasi kesesuaian teknologi dengan kebutuhan perusahaan. Perhatikan faktor seperti biaya, kemudahan integrasi, dan dukungan teknis dari penyedia.

- **Uji Coba:** Jika memungkinkan, lakukan uji coba atau pilot project untuk mengevaluasi performa teknologi dalam kondisi nyata sebelum melakukan investasi besar.

3. Perencanaan Implementasi: Sumber Daya, Infrastruktur, dan Pelatihan

- **Sumber Daya:** Tentukan sumber daya yang dibutuhkan untuk implementasi, termasuk anggaran, tenaga kerja, dan peralatan.
- **Infrastruktur:** Pastikan infrastruktur yang ada dapat mendukung implementasi teknologi baru. Ini meliputi jaringan IT, sistem penyimpanan data, dan integrasi dengan sistem yang sudah ada.
- **Pelatihan Karyawan:** Rencanakan program pelatihan untuk karyawan agar mereka dapat mengoperasikan dan memelihara teknologi baru. Pastikan pelatihan mencakup aspek teknis dan operasional.

4. Studi Kelayakan Ekonomi dan Operasional

- **Analisis Biaya dan Manfaat:** Lakukan analisis biaya dan manfaat untuk memastikan bahwa investasi dalam automasi dan robotika akan memberikan pengembalian yang positif.
- **Proyeksi ROI:** Buat proyeksi pengembalian investasi (ROI) dengan mempertimbangkan penghematan biaya, peningkatan produktivitas, dan potensi pendapatan tambahan.
- **Risiko:** Identifikasi risiko terkait dengan implementasi dan buat rencana mitigasi untuk mengurangi dampak risiko tersebut.

5. Tantangan Teknis dan Solusi

- **Identifikasi Tantangan:** Kenali tantangan teknis yang mungkin dihadapi, seperti kompatibilitas dengan sistem yang ada, keterbatasan dalam teknologi, atau masalah dalam pemeliharaan.
- **Solusi:** Kembangkan solusi untuk mengatasi tantangan tersebut, misalnya dengan memilih teknologi yang lebih fleksibel, mengadakan pelatihan teknis tambahan, atau bekerja sama dengan penyedia teknologi untuk dukungan.
- **Perbaikan Berkelanjutan:** Terapkan pendekatan perbaikan berkelanjutan untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah teknis yang muncul setelah implementasi.

6. Pengelolaan Perubahan dan Pengukuran Dampak

- **Pengelolaan Perubahan:** Kembangkan strategi pengelolaan perubahan untuk membantu karyawan beradaptasi dengan proses baru. Komunikasi yang jelas dan keterlibatan karyawan sangat penting dalam tahap ini.
- **Pengukuran Dampak:** Setelah implementasi, ukur dampak dari automasi dan robotika terhadap proses produksi, biaya, dan kualitas. Gunakan metrik yang relevan untuk mengevaluasi kinerja.
- **Tindak Lanjut:** Lakukan tindak lanjut berdasarkan hasil pengukuran untuk melakukan penyesuaian yang diperlukan dan memastikan bahwa tujuan automasi tercapai.

Dengan mengikuti langkah-langkah ini, perusahaan dapat melakukan penerapan automasi dan robotika dengan lebih terencana dan

efektif, yang pada gilirannya akan membantu meningkatkan efisiensi dan daya saing di pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Groover, M. P. (2015). **Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing** (Edisi ke-4). Pearson Education.
- Isermann, R. (2005). **Automation systems for complex processes: Control, diagnostics, and automation**. Springer.
- Siciliano, B., & Khatib, O. (Ed.). (2016). **Springer handbook of robotics** (Edisi ke-2). Springer.
- Lee, J., Kao, H.-A., & Yang, S. (2014). **Service innovation and smart analytics in the era of Industry 4.0**. *Procedia CIRP*.
- Bogue, R. (2018). Robots in industry: The role of robotics in Industry 4.0. *Industrial Robot: An International Journal*, 45(6), 402-408.
- Dolgui, A., Ivanov, D., & Sokolov, B. (2020). Reconfigurable supply chain in the Industry 4.0 era: A comprehensive view. *International Journal of Production Research*, 58(2), 360-383.
- Wang, K., & Huang, S. H. (2021). Applications of artificial intelligence in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 53, 92-97.
- Monostori, L., et al. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals*, 65(2), 621-641.
- World Economic Forum. (2018). **The future of jobs report 2018**. World Economic Forum.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2019). **Making Indonesia 4.0**. Kementerian Perindustrian.

PROFIL PENULIS



**Deasy Rosanti Nurjannah, S.Kom., M.T., CBEC.
Dosen Teknik Elektro - Politeknik TEDC Bandung**

Deasy Rosanti Nurjannah. Lulus S-1 di Program Studi Ilmu Komputer Universitas Pendidikan Indonesia tahun 2011, lulus S-2 Program Magister Teknik di STEI - Institut Teknologi Bandung tahun 2014. Pernah menjadi Dosen Tamu di Politeknik Kesehatan Bandung dengan Topik “Implementasi Teknologi Informasi di Bidang Kesehatan dan Pelayanan”. Mendapat beasiswa DIKTI program Retooling Vokasi Dosen bidang ahli “Internet of Things” di Korea University of Technology and Education 2018 dan menjadi Student Exchange ke University of Malaya di Malaysia 2010. Memiliki berbagai sertifikat pelatihan bidang AI (Artificial Intelligent) dan ML (Mechine Learning). Saat ini mendalami bidang keilmuan Renewable Energy dan Memiliki beberapa Sertifikat keahlian dibidang Energi Terbarukan BNSP untuk PLTMH, PLTS berbasis IoT dan Workshop Implementasi Solar Panel serta PLTB berbasis industri. Dan 2024 mengikuti sertifikasi Internasional The Blue Economist.



MANAJEMEN KAPASITAS DAN SUMBER DAYA DI ERA DIGITAL

Oleh: Zainudin Bonok, S.T., M.T.

9.1. Latar Belakang

Era digital merupakan era sekarang, yang telah mengalami perubahan akibat perkembangan teknologi yang dinamis di dunia digital, memberikan pengaruh besar terhadap manajemen kapasitas dan sumber daya. Penerapan teknologi baru menghasilkan perubahan terus-menerus dalam fungsi spesialis di bidang ini (Wijoyo et al., n.d.). Aktivitas dan proses manajemen Sumber daya ditingkatkan melalui teknologi baru, sehingga manajemen sumber daya dan kapasitas mengalami transformasi radikal sebagai konsekuensi dari digitalisasi proses kerja (Narsa, n.d.). Transformasi digital perlu dikelola dengan baik terhadap digitalisasi untuk memastikan penciptaan nilai berkelanjutan bagi organisasi (Harjanti, 2004), tidak hanya menciptakan peluang bagi para profesional di bidang manajemen kapasitas dan sumber daya, tetapi juga menghadirkan tantangan. Transformasi digital dapat memberikan peluang pemberdayaan karyawan dan optimalisasi operasional, tetapi juga dapat mempersulit pengelolaan karyawan

(Panggabean, 2021). Sehingga perlu di eksplorasi dalam bidang manajemen kapasitas dan sumber daya di era digital. Sehingga untuk melahirkan gagasan-gagasan baru atau menyelidiki hubungan baru, melainkan untuk menguji permasalahan-permasalahan yang telah diselidiki sebelumnya dalam konteks baru.

1. Manajemen Dan Kapasitas Sumber Daya

Manajemen kapasitas sumber daya memiliki manfaat untuk:

a. Meningkatkan produktivitas dan efisiensi:

Teknologi digital memudahkan otomatisasi proses manajemen personalia seperti penggajian, orientasi, dan manajemen kinerja. Manajer SDM generasi baru harus mampu menggunakan teknologi ini untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam tim, serta memungkinkan karyawan untuk fokus pada aktivitas strategis dan kreatif.

a. Menggunakan data dan analitik untuk pengambilan keputusan:

Di dunia digital, pemimpin SDM generasi berikutnya harus mengandalkan data untuk membuat keputusan yang lebih baik. Data analisis SDM memungkinkan perusahaan memahami kebutuhan karyawan, tren kerja, dan prediksi perilaku, sehingga manajer dapat menyesuaikan strateginya berdasarkan bukti nyata, bukan sekadar asumsi.

b. Mendukung pengembangan tenaga kerja melalui teknologi:

Pelatihan dan pengembangan tenaga kerja kini dapat dilakukan melalui platform e- learning dan aplikasi teknologi. Manajer SDM di era digital harus memastikan bahwa karyawan memiliki akses terhadap alat dan sumber daya untuk terus belajar dan mengembangkan keterampilan terkait perkembangan teknologi dan pasar.

c. Meningkatkan keterlibatan karyawan:

Menggunakan teknologi informasi seperti aplikasi internal, konferensi video, atau sistem manajemen karyawan berbasis cloud dapat membantu meningkatkan interaksi dan kolaborasi antar tim, terutama di perusahaan dengan sistem kerja jarak jauh atau hybrid. Pemimpin SDM harus fokus pada cara untuk menjaga budaya perusahaan tetap hidup meskipun ada perubahan dalam format kerja.

d. Menciptakan budaya inovatif:

Di dunia digital, kreativitas adalah kunci kesuksesan. Pemimpin SDM harus menciptakan lingkungan kerja yang mendukung kreativitas dan inovasi dengan mendorong karyawan untuk berkolaborasi menggunakan teknologi baru, memecahkan masalah dan solusi baru, serta berpikir di luar kebiasaan.

e. Menjaga kesejahteraan karyawan:

Meskipun teknologi dapat meningkatkan produktivitas, manajer SDM harus selalu mempertimbangkan aspek fisik dan psikologis dari kesejahteraan karyawan.

Platform digital dapat digunakan untuk mendukung inisiatif gaya hidup seperti layanan konseling online, program pemantauan kesehatan, dan kenyamanan seluler.

f. Manajemen Bakat Global dan Tim Alih Daya:

Dunia digital memungkinkan perusahaan menarik talenta dari berbagai negara. Manajer SDM harus mampu mengelola tim yang tersebar secara geografis menggunakan teknologi komunikasi dan kolaborasi, dengan mempertimbangkan aspek hukum dan peraturan.

g. Memastikan keamanan dan privasi data:

Dengan semakin banyak data pribadi yang disimpan secara digital, manajer SDM harus memastikan bahwa data karyawan aman dan tidak disalahgunakan. Hal ini termasuk mematuhi

undang-undang privasi dan menerapkan sistem keamanan siber yang kuat.

h. Adaptasi terhadap perubahan teknologi:

Teknologi terus berkembang, dan generasi manajer SDM berikutnya harus beradaptasi terhadap perubahan tersebut. Artinya, mereka perlu terus mempelajari tren teknologi terkini, mulai dari kecerdasan buatan (AI), pembelajaran mesin hingga blockchain, serta cara mengintegrasikan teknologi tersebut ke dalam praktik SDM.

9.2. Manajemen Sumber Daya

Peran manajemen sumber daya manusia dalam organisasi telah bergeser dari peran konservatif ke peran yang lebih kreatif dan inovatif dalam menerapkan inisiatif yang berani seperti rekrutmen berbasis kompetensi, kompensasi inovatif, manajemen kinerja yang berorientasi pada hasil, dan pemberdayaan sumber daya manusia (Dewi et al., n.d.). Digitalisasi fungsi pengelolaan sumber daya manusia juga merupakan cerminan pergeseran peran ke arah yang lebih kreatif dan inovatif. Menurut Makridakis, seiring dengan semakin digitalnya fungsi Manajemen Sumber Daya Manusia, fungsi tersebut memiliki kemampuan untuk melampaui fungsi pendukung lainnya. Manfaat digitalisasi bagi dunia manajemen sumber daya manusia antara lain: analisis mendalam dan tingkat kinerja yang lebih tinggi; efisiensi yang lebih besar dalam perekrutan, seperti penggantian curriculum vitae (CV) manual dan penyaringan otomatis yang menyelesaikan tugas-tugas ini dalam hitungan detik; transparansi dan akses yang lebih besar terhadap kumpulan data yang sebelumnya disembunyikan; pemantauan karyawan secara real-time; otomatisasi tugas transaksional; lebih banyak analisis SDM yang 'mendorong'

pelaporan ke mitra lini sehingga memungkinkan mereka melihat data relevan secara real-time dan mengambil tindakan yang tepat. Baranes dan Palas menulis bagaimana alat pembelajaran mesin dapat menciptakan model yang canggih, tepat, cepat, dan efektif untuk proses pengambilan keputusan yang kompleks dan menuntut komputasi, yang akan berdampak pada analisis SDM dan proses prediktif manajemen sumber daya manusia terkait. Revolusi industry 4.0 ini mempengaruhi persepsi nilai tambah oleh manajemen sumber daya manusia dan memastikan bahwa manajemen sumber daya manusia mengambil peran yang lebih signifikan dalam organisasi.

Sejalan dengan itu, (Setiawan, n.d.) dalam rangkuman kajian dampak digitalisasi terhadap manajemen sumber daya manusia dan merujuk pada fungsi spesifik manajemen sumber daya manusia, menulis bahwa rekrutmen dan seleksi paling terkena dampak digitalisasi. Digitalisasi telah meningkatkan efisiensi dan efektivitas fungsi HRM, dan saat ini manajer sumber daya manusia dan kandidat menggunakan sejumlah platform seperti Facebook, LinkedIn, dan Skype (konferensi video) untuk tujuan perekrutan (Wuryantai, 2013). Digitalisasi juga berdampak pada fungsi pelatihan dan pengembangan. Teknologi modern telah merevolusi teknik pengajaran, seperti tampilan video terkait pekerjaan, kursus online, metode pembelajaran terkomputerisasi, dan membaca melalui soft copy (Danuri, n.d.). (Wiliandari, 2014) menulis tentang sumber informasi yang tidak terbatas yang dapat diakses oleh organisasi untuk tujuan pelatihan dan pengembangan, sebagai hasil dari alat teknologi baru.

Sumber informasi yang tidak terbatas juga dibarengi dengan peluang pendidikan yang tidak terbatas karena organisasi memanfaatkan kursus online dan pembelajaran campuran, yang dapat diakses oleh semua orang tanpa memandang di mana orang

tinggal, keterampilan mereka, dan sesuai dengan minat serta kemampuan mereka. Dalam studi tentang pengenalan digitalisasi aktivitas SDM di perusahaan industri (Purnama, n.d.), disimpulkan bahwa meskipun sebagian besar aktivitas terkait manajemen sumber daya manusia berada pada tahap awal digitalisasi, manajemen bersifat lokal, namun sebagian besar sudah terdigitalisasi dalam hal pelatihan dan pengembangan. Digitalisasi tidak hanya mengenai metode yang digunakan dalam pelatihan dan pengembangan, tetapi juga mengenai prinsip-prinsip inti pelatihan dan pengembangan. Tujuan pelatihan dan pengembangan profesional adalah untuk menantang para manajer perusahaan agar beradaptasi dengan perubahan model digital (Socarso, 2007). Mereka juga fokus pada pengembangan keterampilan digital, termasuk munculnya kemampuan baru seperti manajemen risiko, fleksibilitas, konektivitas, dan inovasi. Melakukan hal ini akan meningkatkan kinerja perusahaan (Rufaida et al., 2020).

9.3. Manajemen Sumber Daya Manusia di Dunia Digital

(Ida Agostini Saidi dan Azara, 2020) menulis tentang peran baru manajer sumber daya manusia di dunia digital, yang mencakup peningkatan produktivitas dan produktivitas karyawan serta konektivitas digital yang efektif. Tenaga kerja otomatis, bentuk digital baru, dan infrastruktur manajemen. (Ahmed, n.d.) menjelaskan bahwa agar berhasil menjalankan tugas barunya, pemimpin SDM pertama-tama harus bertindak sebagai posisi strategis, yang memerlukan pemahaman tentang konteks bisnis dan kondisi

eksternal, sebagai agen perubahan, dan sebagai Pelaras Teknis untuk meninjau dan berbagi informasi tentang cara

menggunakan teknologi informasi baru. Manajer SDM perlu memperoleh keterampilan digital dan meningkatkan keterampilan digital mereka untuk memenuhi peran baru mereka.

9.4. Metodologi

Kepustakaan, seperti yang dijelaskan oleh Zed (2015) dan Kartiningsih, melibatkan pengumpulan data dari sumber-sumber perpustakaan, proses membaca dan mencatat informasi yang relevan, serta pengelolaan bahan penelitian secara sistematis. Tujuan utamanya adalah untuk membangun landasan teori, kerangka berpikir, serta menetapkan asumsi dan hipotesis penelitian yang mendukung. Dengan mengandalkan literatur yang ada, peneliti dapat mengembangkan pemahaman yang lebih dalam dalam bidang studi mereka dan menggunakan berbagai sumber perpustakaan untuk mendukung argumen mereka.

9.5. Era digital

Bagian ini menyajikan hasil analisis isi dari transkrip audio yang dihasilkan dari dua focus group bersama mahasiswa manajemen sumber daya manusia. Data tambahan untuk transkripsi audio diambil dari catatan utama dan catatan peserta.

Setelah pengkodean selesai (teks yang dicetak miring adalah kutipan langsung dari peserta):

1. Dampak Digitalisasi Terhadap Pengelolaan Sumber Daya Manusia

Peserta sepakat bahwa digitalisasi—meliputi penggunaan media sosial, teknologi cloud, dan aplikasi SDM seluler—mempunyai dampak positif yang signifikan terhadap pengelolaan sumber daya manusia di organisasi mereka. Digitalisasi telah memfasilitasi fungsi dan proses manajemen sumber daya manusia, membuatnya lebih efisien dan cepat. Hal ini memungkinkan karyawan HR untuk bekerja lebih efektif, dengan perusahaan kini

menyadari bahwa rekrutmen yang efektif tidak mungkin dilakukan tanpa teknologi informasi.

2. Manfaat Transformasi Digital dalam Manajemen Sumber Daya Manusia

Dalam konteks manajemen pengetahuan, bahwa transformasi digital dalam Sumber daya membuat pengetahuan lebih mudah diakses, sehingga pengambilan keputusan menjadi lebih sederhana, seperti dalam mengantisipasi kebutuhan sumber daya perusahaan. Ketika membahas kelincahan, kecepatan kerja HR juga mengalami perubahan. Penguatan pengawasan karyawan dan umpan balik menjadi topik yang menarik perhatian peserta, yang menekankan manfaat transformasi digital dalam pengelolaan sumber daya manusia.

3. Tantangan Transformasi Digital dalam Manajemen Sumber Daya Manusia

Peserta di kedua kelompok menyatakan pandangan positif tentang digitalisasi, meskipun mereka menemukan bahwa organisasi mereka sering kali tidak memiliki strategi yang jelas untuk menghadapi tantangan yang berkaitan dengan digitalisasi. Resistensi karyawan, yang didefinisikan sebagai keengganan untuk beradaptasi dengan perubahan, menjadi tema umum dalam diskusi mengenai tantangan ini. Beberapa peserta juga menyebutkan perlunya perubahan budaya organisasi, serta tantangan waktu yang dibutuhkan karyawan untuk beradaptasi dengan perubahan dan mempelajari keterampilan baru. Diskusi juga mencakup biaya awal digitalisasi HR, di mana peserta mencatat pentingnya anggaran yang memadai untuk mendukung proses ini. Kekhawatiran mengenai keamanan data dan tantangan terkait yang muncul akibat digitalisasi juga menjadi perhatian utama.

4. Perubahan Peran Manajemen Sumber Daya Manusia

Tidak semua peserta percaya bahwa peran manajemen sumber daya manusia akan berubah secara drastis; beberapa berpendapat bahwa meskipun tugas dan tanggung jawab tetap sama, metode yang digunakan akan berbeda. Perubahan ini diharapkan membuat operasional HR lebih efisien. Otomatisasi, yang menggantikan proses manual yang memakan waktu, mengubah cara fungsi HR dijalankan. Misalnya, peserta mencatat peningkatan otomatisasi dalam rekrutmen, manajemen kinerja, dan manajemen talenta.

Era digital juga mempermudah rekrutmen internasional melalui wawancara jarak jauh. Peserta menekankan bahwa digitalisasi akan meningkatkan pengambilan keputusan bisnis dalam SDM dengan memanfaatkan analisis data.

5. Keterampilan SDM Baru di Era Digital

Peserta menggarisbawahi pentingnya keterampilan analisis SDM, mengingat teknologi menghasilkan lebih banyak data. Selain itu, literasi teknologi menjadi fondasi penting bagi pengelola SDM untuk mengelola dan mengkomunikasikan informasi. Diskusi juga mencakup kebutuhan untuk memahami kecerdasan buatan, terutama terkait dengan penggunaan robotika.

Kesadaran mahasiswa terhadap pengelolaan sumber daya manusia di era digital semakin meningkat. Mereka sangat bergantung pada media sosial, teknologi seluler, dan aplikasi SDM, dengan sikap yang positif terhadap manajemen SDM di era digital. Persepsi terhadap pengelolaan SDM yang lebih efektif dan efisien dapat terpengaruh oleh kurangnya strategi organisasi dan budaya yang belum sepenuhnya mengadopsi transformasi digital. Di era digital, manajer SDM abad ke-21 harus mahir dalam analisis data dan literasi teknologi, terutama dalam konteks rekrutmen dan manajemen kinerja.

Sejalan dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa revolusi digital memengaruhi nilai tambah pengelolaan sumber daya manusia. akan memanfaatkan digitalisasi, termasuk peningkatan efisiensi rekrutmen dan seleksi serta pemantauan karyawan secara real-time. Penelitian ini juga mencatat bahwa digitalisasi telah meningkatkan efektivitas proses rekrutmen, dengan banyak platform seperti Facebook dan LinkedIn digunakan untuk tujuan tersebut.

9.6. Kesimpulan

1. Manajemen Kapasitas dan Sumber daya manusia dapat meningkatkan produktifitas dan efisien, inovatif dan kreatif dunia kerja dan dunia industri 4,0
2. Penguasaan Teknologi bidang digital terus ditingkatkan baik pengetahuan maupun keterampilan dalam memmanfaatkan teknologi baru dibidang digital

DAFTAR PUSTAKA

- ADIAWATY, S. (2019). KOMPETENSI PRAKTISI SDM MENGHADAPI ERA INDUSRI 4.0.22(2), 6.
- AHMAD, M. (N.D.). PERAN STRATEGIS MANAJER DALAM MANAJEMEN SDM. 12.
- BAHASA, A., & CAHYONO, T. Y. (N.D.). MENGGALI PERSEPSI MAHASISWA JURUSAN ILMU SSOSIAL TENTANG LITERASI INFORMASI DAN PENGGUNAAN PONSEL DI PENDIDIKAN TINGGI. 19.
- DANURI, M. (N.D.). PERKEMBANGAN DAN TRANSFORMASI TEKNOLOGI DIGITAL. 8.
- DEWI, D. P., JUNAEDI, E., & ANGGRAENI, D. (N.D.). MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA. 202.
- HARJANTI, S. (2004). MENCIPTAKAN KEUNGGULAN BERSAING YANG BERKELANJUTAN MELALUI MANAJEMEN SUMBER DAYA MANUSIA. 4(1),

16.

HARYONO, D. S. (N.D.). RE-ORIENTASI PENGEMBANGAN SDM ERA DIGITAL PADAREVOLUSI INDUSTRI 4.0. 15.

NARSA, I. M. (N.D.). PERUBAHAN LINGKUNGAN BISNIS DAN PENGARUHNYA TERHADAP SISTEM MANAJEMEN BIAYA. JURNAL AKUNTANSI, 2(1), 8.

PRASETYO, P. S., PRASETYO, P. S., & PRASETYO, P. S. (2017). INNOVATION TO ESTABLISH PROMINENT AND SUSTAINABLE VILLAGE. FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG.

WURYANTAI, AG. E. W. (2013). DIGITALISASI MASYARAKAT: MENILIK KEKUATAN DAN KELEMAHAN DINAMIKA ERA INFORMASI DIGITAL DAN MASYARAKAT INFORMASI. JURNAL ILMU KOMUNIKASI, 1(2).

PROFIL PENULIS



Zainudin Bonok, S.T., M.T.

**Dosen Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo**

Penulis lahir di Kabupaten Bolaang Mongondow pada tanggal 21 April 1967. Penulis berkeluarga dengan Isteri Rukaya Ahmad, S.Pd.Gr dengan anak 3 yaitu : Asma' Nabila Binti Zainudin Bonok, Nadhratun Mufidah Binti Zainudin Bonok, Sulthan Shalahuddin Bin Zainudin Bonok . Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Sarjana Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo. Menyelesaikan pendidikan Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro di Universitas Muslim Indonesia (UMI) dan melanjutkan program Magister pada Program Studi Teknik Elektro di Universitas Hasanuddin Makassar. Penulis menekuni bidang Teknik Telekomunikasi . Beberapa mata kuliah yang diampu penulis baik di dalam program studi maupun diluar program studi adalah Teknik Telekomunikasi Dasar, Sistem Telekomunikasi Lanjut, Jaringan dan Komunikasi Data, Perambatan Gelombang Elektromagnetik, Rekayasa Trafic, Teknik Antena



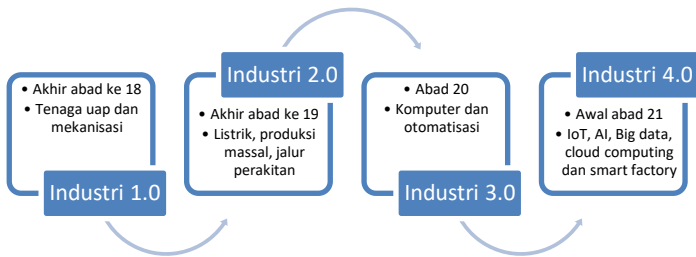
MENGUPAS SUSTAINABILITY & GREEN OPERATION PADA ERA INDUSTRI 4.0

Oleh: Ayulia Nirwani., S.Pd., M.M.

10.1. Gambaran Fase Revolusi Industri

Saat ini kita sedang menjalani kehidupan pada era industri 4.0. Era ini dimulai pada awal abad 21 beriringan dengan perkembangan teknologi karena seluruh aspek kehidupan tidak lepas dari perannya dari mulai kepentingan pribadi sampai dengan umum. Istilah era tersebut muncul berdasarkan runtutan kejadian revolusi industri dari setiap fasenya dimulai era industri 1.0 sampai dengan 4.0. Adapun gambaran singkat dari perkembangan dari masing-masing era industri yang dimaksud adalah sebagai berikut:

Gambar 1: Fase Revolusi Industri



Sumber: diolah penulis dari berbagai sumber

Fase revolusi Industri 1.0, berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa fase pertama revolusi industri dimulai dari akhir abad ke 18, pada masa tersebut ditemukan teknologi mesin uap oleh James Watt (1769). Penemuan teknologi ini merupakan tonggak penting yang mendorong perubahan pada berbagai sektor industri. Dengan teknologi mesin uap berbagai kegiatan industry menjadi lebih efektif karena teknologi ini berhasil mengubah secara drastis bagaimana barang diproduksi, diangkut dan didistribusikan. Semua hal yang awalnya dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia, hewan dan air dikonversi menjadi tenaga mesin. Tenaga yang dihasilkan oleh mesin uap lebih kuat, stabil dan dapat diandalkan sepanjang waktu sehingga terjadi percepatan produksi dan efisiensi.

Keberadaan mesin uap bermanfaat bagi beberapa sektor industri diantaranya, manufaktur, transportasi, pertambangan, pertanian dan infrastruktur. Adapun contoh dari bagaimana peran mesin uap pada revolusi industri 1.0 adalah sebagai berikut: 1). Industri manufaktur, sebelum mesin uap ditemukan, pabrik tekstil menggunakan tenaga air sebagai penggerak mesin pemintal dan mesin tenun. Hal tersebut menyebabkan pemilihan lokasi pabrik harus dekat dengan sumber atau jalur air. Namun setelah mesin uap ditemukan, lokasi dibangunnya pabrik tidak terikat oleh sumber tenaga tersebut sehingga bisa dimana saja. 2). Transportasi darat pertama yang menggunakan tenaga uap adalah kereta api, penggunaan mesin uap sebagai penggerak lokomotif merupakan suatu terobosan besar. Sebelumnya cara pengangkutan barang-barang dilakukan secara manual dengan menggunakan gerobak yang diangkut oleh manusia atau hewan. Cara tersebut memiliki keterbatasan daya angkut dan lambat. Dengan adanya kereta uap, barang ataupun orang dapat diangkut lebih cepat dan dalam jumlah yang lebih besar. Selain kapal api, ada juga kapal laut pertama yang menggunakan mesin uap, sebelumnya kapal berlayar tergantung pada kondisi cuaca dan angin. Kapal uap menjadikan perjalanan melintasi Samudra tidak hanya bergantung pada tenaga angin saja. 3). Pertambangan, pada sektor ini sebelum ditemukannya tenaga uap, proses pemindahan bijih logam ataupun batubara menggunakan mesin katrol manual. Dengan hadirnya mesin uap pengangkutan material menjadi lebih cepat dan efisien. 4). Pertanian, pada akhir revolusi industri 1.0, mesin uap diaplikasikan pada alat-alat pertanian. Mesin uap

digunakan digunakan untuk membajak tanah, menggiling gandum dan memompa air untuk irigasi. Hal tersebut mempercepat proses pertanian sehingga produksi pangan menghasilkan jumlah yang lebih besar. Tenaga uap dalam peranian menggantikan sumber tenaga sebelumnya baik manusia ataupun hewan. 5). Pembangunan Infrastruktur, penggunaan mesin uap menjadikan proses pengerjaan konstruksi berupa pembangunan jalan dan jembatan lebih cepat. Mesin-mesin seperti derek dan penggiling aspal menggunakan tenaga tersebut sehingga mempercepat pembangunan infrastruktur yang mendukung urbanisasi dan pertumbuhan industri.

Fase revolusi Industri 2.0 dimulai pada akhir abad 19 hingga awal abad ke 20 sekitar (1870-1914). Era ini ditandai oleh ditemukannya energi listrik yang dijadikan sumber tenaga produksi massal. Selain itu dalam proses sebuah produksi diterapkan sistem pembagian kerja serta jalur perakitanya. Teknologi ini dapat menekan biaya produksi menjadi lebih rendah terutama pada industry otomotif dan baja. Sebagai contoh Henry Ford memperkenalkan sebuah sitem jalur perakitan di pabrik mobilnya yang membuat skala produksi mobil lebih besar dengan harga lebih terjangkau.

Fase Revolusi Industri 3.0 dimulai pada tahun 1960-an hingga awal abad ke 21. Ciri dari fase ini adalah ditemukannya teknologi computer dan otomatisasi dalam sebuah proses produksi. Penggunaan perangkat lunak, robot dan mesin dikendalikan oleh komputer, sehingga teknologi ini banyak menggantikan pekerjaan manual. Teknologi komputer

menciptakan kegiatan otomatisasi jauh lebih canggih dari fase sebelumnya. Sebagai contoh, perkembangan mikroprosesor pada komputer memungkinkan pengendalian mesin-mesin produksi secara digital.

Fase Revolusi Industri 4.0 digadangkan pada awal abad 21 sampai dengan sekarang. Era ini memiliki teknologi utama berupa Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), big data dan cloud system. Industri pada fase ini menggabungkan sistem fisik dan siber yang mana diantara mesin, perangkat dan manusia terhubung melalui jaringan digital. Hal tersebut menjadikan kegiatan produksi menjadi lebih efisien dan mendobrak cara kerja sebelumnya menjadi terotomatisasi dan real-time. Sebagai contoh, penggunaan robotik canggih yang mampu berinteraksi dengan manusia dalam proses produksi serta penggunaan sensor IoT dan analisis big data. Sebagai contoh, pada *smart factory* mesin-mesin produksi dilengkapi dengan sensor dan teknologi otomatisasi sehingga dapat memelihara dirinya sendiri dengan kemampuan mengidentifikasi masalah potensial dan perawatan prediktif berdasarkan data sensornya. Hal tersebut menjadikan sebuah kolaborasi antara manusia dan robot dalam meningkatkan efisiensi dalam jalur produksi.

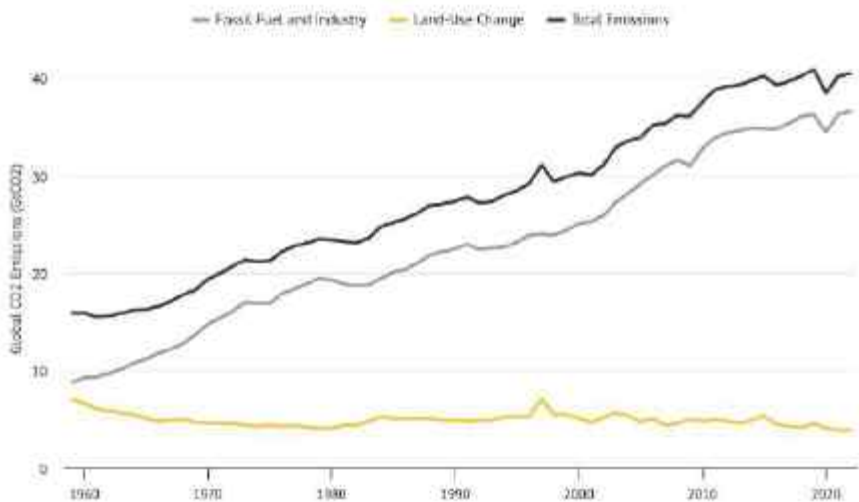
10.2. Perkembangan Teknologi Meninggalkan Jejak Karbon Yang Merusak Bumi?

Semenjak dimulainya revolusi industri 1.0, perkembangan teknologi industri berhasil memberikan kemajuan yang sangat luar biasa terutama pada sektor produksi, transportasi dan

kehidupan manusia lainnya. Namun, tidak semua dampak yang dihasilkannya adalah positif, terdapat sisi negatif yang dihasilkannya yakni berupa jejak emisi karbon yang berkontribusi besar dalam perubahan iklim dan kerusakan lingkungan.

Jejak karbon adalah emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer sebagai akibat dari berbagai aktivitas manusia dimulai dari kegiatan produksi industri, penggunaan energi dari bahan fosil, transportasi dan lainnya. Berikut adalah gambaran bagaimana kontribusi setiap fase revolusi industri terhadap jejak karbon:

Gambar 2: Perkiraan Emisi Karbon Dioksida Dunia



Sumber: World Economic Forum

Berdasarkan grafik diatas, dapat disimpulkan bahwa perkembangan teknologi dalam industri seiring dengan peningkatan jejak karbon dan kerusakan lingkungan yang fluktuatif. Hal tersebut dikarenakan setiap fase revolusi industry menggunakan sumber tenaga dari bahan yang memiliki dampak lingkungan. Dimulai dari Industri 1.0 yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar, ditemukannya listrik pada era industri 2.0 serta berkembangnya industri otomotif pada saat itu menyebabkan adanya konsumsi bahan bakar untuk pembangkit listrik dan penggunaan kendaraan menggunakan minyak bumi dan gas. Industri 3.0 dan 4.0 yang mana teknologi komputer berkembang semakin pesat menyebabkan konsumsi listrik semakin meningkat sehingga penggunaan bahan bakar pembangkit listrik dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui meningkat drastis.

Kesadaran akan dampak negatif terhadap perkembangan industri dan teknologi semakin meningkat, karena efek dari jejak emisi karbon dan kerusakan lingkungan dapat dirasakan penduduk seluruh dunia. Dampak tersebut berupa pemanasan global (melelehnya es kutub, kenaikan permukaan laut dan perubahan cuaca ekstrem), polusi udara (mengurangi kualitas lingkungan dan kesehatan) dan pengasaman laut (merusak ekosistem laut).

10.3. Upaya Dalam Mengurangi Dampak Jejak Karbon Dari Pada Kegiatan Industri 4.0

Mengoptimalkan kegiatan operasional berbasis pada *sustainability* dan *green operation* merupakan jawaban atas tindakan nyata yang dapat dilakukan manusia dalam mengurangi jejak emisi karbon dan kerusakan lingkungan. Upaya tersebut memang tidak dapat mengembalikan kualitas bumi ke masa sebelum revolusi industri ditemukan namun diharapkan dapat meningkatkan kualitas kehidupan dan lingkungan. Sebagai gambaran umum berikut adalah penjelasan singkat terkait apa itu *sustainability* dan *green operation*.

Sustainability (keberlanjutan) dan *green operation* (operasi hijau) dalam manajemen operasi pada Industri 4.0 mengarah pada pendekatan bisnis dan kegiatan operasional yang meminimalkan dampak negatif pada lingkungan tanpa mengesampingkan produktivitas dan efisiensi. Dalam perjalanannya, upaya tersebut didukung oleh teknologi canggih seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), *big data*, robotika dan *cloud storage* yang dikemas kedalam sebuah *smart factory*. *Smart factory* merujuk pada jenis pabrik yang menggunakan teknologi canggih dalam kegiatan operasionalnya. Proses produksi dirancang menjadi serba otomatis dan terintegrasi sehingga dapat lebih efisien, fleksibel dan ramah lingkungan.

Penggunaan istilah *sustainability* merujuk pada upaya untuk memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan ketersediaan sumber daya bagi generasi mendatang. Kebutuhan tersebut mencakup aspek ekonomi, sosial dan lingkungan.

Ketiga aspek tersebut merukan tujuan utama dari *sustainability* yaitu keseimbangan. Saat ini PBB memiliki program dunia yang dikemas kedalam SDGs (*Sustainable Development Goals*) terdiri dari 17 indikator yang menjadi tujuan global sebagai bagian dari Agenda 2030. Saat SDGs dirancang pada 2015, program ini memiliki misi untuk mengakhiri kemiskinan, melindungi planet dan memastikan kesejahteraan semua orang pada tahun 2030.

Gambar 3: Program SDGs dari PBB



Sumber: www.sdg.un.org

Gambar diatas merupakan 17 tujuan dari SDGs yang terdiri dari tanpa kemiskinan, tanpa kelaparan, kesehatan dan kesejahteraan, Pendidikan yang berkualitas, kesetaraan gender,

air bersih dan sanitasi layak, energi bersih dan terjangkau, pekerjaan layak dan pertumbuhan ekonomi, industry-inovasi-infrastruktur, mengurangi ketimpangan, kota dan komunitas berkelanjutan, konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, aksi iklim, ekosistem laut, ekosistem daratan, perdamaian-keadilan dan kelembagaan yang kuat, dan kemitraan untuk mencapai tujuan. Dari ketujuh belas program SDGs tersebut yang paling bersinggungan langsung dengan manajemen operasi era Industri 4.0 adalah 1, 3, 6, 8, 9, 12, 13,14, dan 15, jumlah 9 dari 17 menunjukkan keterkaitan yang tinggi antara kegiatan manajemen operasi dengan program SDGs.

Green operation merupakan upaya dalam mengintegrasikan praktik ramah lingkungan kedalam kegiatan operasional industri sehari-hari. Strategi *green operation* adalah dengan mengurangi jejak karbon, meminimalkan penggunaan bahan berbahaya serta mengelola limbah dan emisi dengan efektif sebelum dilepas keluar. Pada era industri 4.0, *green operation* menggunakan teknologi dalam prosesnya seperti penggunaan sensor IoT dalam pengoptimalan penggunaan energi pada saat proses produksi. Sebagai contoh, perusahaan seperti Tesla menggunakan energi terbarukan seperti tenaga surya sebagai sumber energi untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan mengintegrasikan *green operation* dalam manajemen oprasional, perusahaan ikut andil dalam menjaga kelestarian lingkungan. Berikut adalah gambaran antara *sustainability* dan *green operation* :

Gambar 4: Peran *sustainability* dan *green operation*



Sumber: Forse Simsr

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa dalam kegiatannya, *sustainability* (keberlanjutan) dan *green operation* (operasi hijau) sama memiliki upaya lebih bertanggung jawab terhadap dampak lingkungan. Namun secara spesifik perbedaan dari keduanya tidaklah sama, *sustainability* memiliki strategi yang lebih luas sedang *green operation* fokus pada

strategi internal dari proses produksi dari bahan mentah menjadi bahan jadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A New Sustainability Paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Apress.
- Hobsbawm, E. (1962). *The Age of Revolution: Europe 1789-1848*. Weidenfeld & Nicolson.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry. Final report of the Industry 4.0 working group. *National Academy of Science and Engineering*.
- Landes, D. S. (1969). *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe from 1750 to the Present*. Cambridge University Press.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178.
- Simsr, Force. (2021). *Forum Of Operations Research and Supply Chain Enthusiasts (FORSE)*. K J Somaiya Institute of Management. Mumbai.

Smil, V. (2010). Prime Movers of Globalization: The History and Impact of Diesel Engines and Gas Turbines. MIT Press.

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities for Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40, 536-541.

United Nations. Sustainable Development Goals.
<https://sdgs.un.org/goals>

PROFIL PENULIS

Ayulia Nirwani., S.Pd., M.M.



KEAMANAN DAN RISIKO DALAM OPERASI DIGITAL

Oleh: Suryaningsih, S.E., M.M.

11.1. Pendahuluan

Operasi digital menjadi fondasi utama dalam menjalankan bisnis modern, memungkinkan organisasi untuk meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan sumber daya, dan menciptakan nilai tambah yang signifikan. Namun, transformasi menuju digitalisasi juga membawa risiko yang kompleks, terutama dalam aspek keamanan. Menurut Brown dan Green (2023), keamanan digital adalah elemen kritis dalam menjaga kelangsungan bisnis di era teknologi. Tidak hanya ancaman eksternal, seperti serangan siber, tetapi juga risiko internal, termasuk kelalaian manusia, dapat mengancam operasi digital. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang keamanan dan risiko dalam operasi digital menjadi kebutuhan utama bagi organisasi.

Operasi digital dapat didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan dan proses yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kolaborasi dalam suatu organisasi. Proses ini melibatkan integrasi alat digital untuk mengelola data, menganalisis informasi, serta mengotomatisasi

tugas-tugas operasional guna menciptakan nilai tambah dalam berbagai aspek bisnis atau organisasi.

Menurut Henriette et al. (2016), operasi digital merupakan bagian integral dari transformasi digital yang mencakup perubahan besar atau bertahap dalam cara organisasi berfungsi melalui adopsi teknologi digital. Teknologi ini mencakup penggunaan sistem informasi, data analytics, dan platform kolaborasi digital untuk meningkatkan pengalaman pelanggan dan memperbaiki proses kerja internal. Selain itu, Teichert (2019) menekankan pentingnya pendekatan holistik yang mencakup perubahan budaya dan struktur organisasi untuk memastikan keberhasilan implementasi operasi digital.

Operasi digital juga melibatkan aspek strategi komunikasi dan pengelolaan informasi, seperti yang dijelaskan oleh Rogers (1986). Teknologi informasi di sini memainkan peran kunci dalam memperkuat nilai-nilai sosial, memungkinkan individu atau kelompok untuk saling berbagi, memproses, dan bertukar informasi secara efisien (UPI Journal, 2023).

Dengan demikian, operasi digital tidak hanya mencakup alat teknologi, tetapi juga transformasi yang lebih luas dalam budaya, strategi, dan struktur organisasi, memungkinkan adaptasi terhadap tuntutan lingkungan digital modern.

11.2. Risiko dalam Operasi Digital

Risiko dalam operasi digital dapat dikategorikan menjadi berbagai aspek. Pertama, risiko keamanan siber mencakup ancaman dari serangan malware, ransomware, dan phishing, yang dapat merusak atau mencuri data penting. Kedua, risiko teknologi seperti kegagalan sistem atau downtime dapat mengganggu operasional dan menyebabkan kerugian finansial yang signifikan. Sebagai contoh, studi oleh TechSafe Research (2022) menunjukkan bahwa downtime

rata-rata dapat menyebabkan kerugian sebesar 1,55 juta USD per jam bagi perusahaan besar. Ketiga, risiko hukum dan regulasi mencakup ketidakpatuhan terhadap undang-undang perlindungan data seperti General Data Protection Regulation (GDPR) di Uni Eropa atau UU Perlindungan Data Pribadi (UU PDP) di Indonesia. Risiko ini dapat mengakibatkan sanksi berat, seperti denda dan tuntutan hukum.

Operasi digital menghadirkan peluang yang signifikan bagi organisasi untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing, tetapi juga membawa berbagai risiko yang perlu dikelola. Salah satu jenis risiko utama adalah risiko keamanan siber yang mencakup ancaman seperti peretasan, malware, ransomware, dan pelanggaran data. Serangan siber dapat menyebabkan kerugian finansial, reputasi, dan hilangnya kepercayaan pelanggan (Chouhan & Verma, 2022). Selain itu, terdapat risiko kepatuhan yang terkait dengan regulasi data, seperti General Data Protection Regulation (GDPR) di Eropa dan Undang-Undang Perlindungan Data Pribadi di Indonesia, yang mewajibkan perusahaan untuk memastikan perlindungan dan penggunaan data sesuai aturan (Smith et al., 2023).

Risiko operasional juga menjadi perhatian, terutama yang berkaitan dengan kegagalan sistem digital, seperti server down, ketidakmampuan perangkat lunak untuk memenuhi permintaan, atau kesalahan manusia dalam pengoperasian sistem (Hassan et al., 2023). Risiko teknologi, termasuk kerentanan pada teknologi yang usang atau tidak teruji, juga dapat menimbulkan konsekuensi besar terhadap keberlangsungan operasi digital (Basu & Kumar, 2023). Di samping itu, muncul pula risiko strategis, yaitu kemungkinan kegagalan dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam strategi bisnis yang lebih luas, sehingga mengakibatkan pemborosan sumber daya dan peluang yang terlewat (Jones et al., 2022).

Risiko sosial dan reputasi menjadi semakin relevan di era digital. Konten yang viral atau tanggapan negatif terhadap praktik

organisasi di media sosial dapat merusak reputasi perusahaan dalam hitungan jam (Rahman & Ali, 2023). Oleh karena itu, manajemen risiko digital yang terintegrasi sangat penting untuk mengidentifikasi, menilai, dan memitigasi berbagai jenis risiko ini secara efektif.

11.3. Keamanan Dalam Operasi Digital

Keamanan dalam operasi digital adalah elemen krusial dalam menjaga kelangsungan bisnis dan kepercayaan pelanggan. Dengan meningkatnya digitalisasi, ancaman terhadap keamanan siber seperti serangan ransomware, pencurian data, dan malware menjadi semakin kompleks. Untuk melindungi operasi digital, organisasi perlu menerapkan kebijakan keamanan siber yang komprehensif, termasuk enkripsi data, autentikasi multifaktor, dan firewall canggih (Smith & Taylor, 2023). Selain itu, penerapan teknologi berbasis kecerdasan buatan (AI) dapat membantu mendeteksi dan merespons ancaman dengan lebih cepat, sehingga memperkuat sistem keamanan secara keseluruhan (Brown et al., 2023).

Penting juga untuk mengembangkan budaya kesadaran keamanan siber di kalangan karyawan. Kesalahan manusia tetap menjadi salah satu penyebab utama pelanggaran keamanan, sehingga pelatihan berkala mengenai ancaman digital dan cara menghindarinya sangat diperlukan (Garcia & Lopez, 2023). Selain itu, organisasi harus memiliki protokol yang jelas untuk merespons insiden keamanan, termasuk rencana pemulihan yang mencakup langkah-langkah mitigasi kerugian dan pemulihan data (Chen & Wang, 2023).

Implementasi teknologi blockchain juga semakin populer dalam menjaga keamanan operasi digital, terutama untuk memastikan transparansi dan keaslian data. Blockchain memungkinkan pencatatan transaksi secara terdesentralisasi dan tidak dapat diubah, yang dapat mencegah manipulasi data dan

mengurangi risiko penipuan (Zhao et al., 2024). Selain itu, integrasi sistem keamanan dengan standar internasional, seperti ISO 27001, membantu organisasi memastikan bahwa kebijakan dan praktik mereka sesuai dengan pedoman global untuk pengelolaan keamanan informasi. Keamanan dalam operasi digital berfungsi sebagai pelindung utama data dan sistem dari ancaman siber. Dengan meningkatnya ketergantungan pada teknologi digital, organisasi menghadapi risiko pencurian data, serangan ransomware, hingga peretasan sistem. Fungsi utama keamanan digital adalah menjaga kerahasiaan, integritas, dan ketersediaan data, yang sering disebut sebagai prinsip CIA (Confidentiality, Integrity, Availability) (Brown & Smith, 2023). Prinsip ini memastikan bahwa data hanya dapat diakses oleh pihak yang berwenang, tetap akurat tanpa perubahan yang tidak sah, dan selalu tersedia saat dibutuhkan.

Keamanan digital juga memiliki peran penting dalam membangun kepercayaan dengan pelanggan dan mitra bisnis. Organisasi yang mampu melindungi data pelanggan dan memastikan transaksi digital berjalan dengan aman akan lebih mudah membangun reputasi positif. Dalam konteks ini, autentikasi multifaktor dan enkripsi data memainkan peran kunci dalam memperkuat perlindungan terhadap data sensitif (Chen et al., 2023). Selain itu, fungsi keamanan dalam mendeteksi dan merespons ancaman siber secara proaktif dapat mencegah kerugian besar akibat serangan yang tidak terdeteksi (Lopez & Martinez, 2023).

Fungsi lainnya adalah memastikan kepatuhan terhadap regulasi dan standar industri, seperti GDPR, HIPAA, atau ISO 27001. Organisasi yang gagal memenuhi persyaratan ini berisiko terkena sanksi hukum dan kehilangan kepercayaan publik. Oleh karena itu, audit keamanan berkala dan pengembangan kebijakan internal yang sesuai dengan regulasi menjadi bagian penting dari fungsi keamanan digital (Davis & Patel, 2023).

Keamanan digital juga berfungsi sebagai fondasi bagi inovasi teknologi di organisasi. Dengan infrastruktur yang aman, perusahaan dapat mengadopsi teknologi baru, seperti kecerdasan buatan atau Internet of Things (IoT), tanpa takut menghadapi risiko keamanan yang signifikan. Hal ini memungkinkan organisasi untuk bersaing secara efektif di era transformasi digital (Zhao et al., 2024). Dengan demikian, keamanan digital tidak hanya melindungi tetapi juga mendukung perkembangan operasional dan strategis organisasi. (Martinez, 2023).

Evaluasi keamanan secara berkala adalah langkah penting untuk memastikan bahwa sistem tetap tangguh terhadap ancaman baru. Ini melibatkan pengujian penetrasi, audit keamanan, dan pemantauan jaringan secara real-time untuk mengidentifikasi dan menangani potensi risiko (Davis & Patel, 2023). Dengan pendekatan yang strategis dan terintegrasi, organisasi dapat melindungi operasi digital mereka dari ancaman yang terus berkembang.

11.4. Strategi Pengelolaan Risiko dalam Operasi Digital

Operasi digital menghadirkan peluang besar bagi organisasi, namun juga membawa risiko yang signifikan, seperti ancaman keamanan siber, gangguan teknologi, dan risiko privasi data. Untuk mengelola risiko ini, organisasi perlu mengembangkan pendekatan yang komprehensif melalui identifikasi risiko, analisis dampak, dan penerapan kontrol mitigasi. Salah satu strategi penting adalah penggunaan teknologi deteksi ancaman berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk memantau aktivitas yang mencurigakan secara real-time, sehingga dapat mengurangi potensi pelanggaran keamanan (Smith & Jones, 2023). Selain itu, pengembangan kebijakan keamanan yang ketat, termasuk pelatihan bagi karyawan tentang praktik terbaik dalam keamanan digital, dapat membantu mengurangi risiko yang timbul dari kesalahan manusia (Brown et al., 2022).

Manajemen risiko juga harus melibatkan evaluasi berkelanjutan terhadap infrastruktur digital organisasi. Pendekatan ini mencakup penggunaan metode penilaian kerentanan dan pengujian penetrasi untuk mengidentifikasi titik lemah dalam sistem teknologi informasi (Lopez & Martinez, 2023). Di samping itu, kolaborasi dengan pihak ketiga yang andal, seperti penyedia layanan cloud dengan sertifikasi keamanan internasional, dapat memperkuat perlindungan data organisasi (Chen et al., 2023). Implementasi teknologi blockchain juga menjadi solusi untuk meningkatkan transparansi dan keamanan transaksi digital, yang merupakan salah satu strategi terkini dalam pengelolaan risiko operasional digital (Zhao et al., 2024).

Untuk meningkatkan resiliensi, organisasi disarankan untuk memiliki rencana pemulihan bencana (disaster recovery plan) yang mencakup langkah-langkah darurat jika terjadi insiden besar seperti serangan ransomware atau kegagalan sistem. Rencana ini harus diuji secara berkala untuk memastikan efektivitasnya (Garcia & Patel, 2023). Terakhir, evaluasi risiko reguler dan audit kepatuhan terhadap peraturan perlindungan data, seperti GDPR atau UU Perlindungan Data Pribadi, sangat penting untuk memastikan operasi digital tetap sesuai dengan standar hukum dan etika (Davis, 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Basu, S., & Kumar, R. (2023). *Digital risk management in the age of innovation*. New York: Wiley.
- Brown, A., & Smith, L. (2023). Artificial intelligence in cybersecurity: Strategies for modern enterprises. *Journal of Cybersecurity Advances*, 10(3), 102–120.

- Brown, A., & Smith, L. (2023). Principles of cybersecurity: Enhancing digital operations. *Journal of Cybersecurity Advances*, 10(3), 115–132.
- Brown, J., & Green, M. (2023). *Digital operations: Security and risk management in the modern era*. New York, NY: TechWorld Publishers.
- Chen, Y., & Wang, H. (2023). Incident response planning for digital resilience. *Global IT Security Review*, 14(2), 89–105.
- Chen, Y., Lopez, M., & Martinez, R. (2023). Multifactor authentication and data encryption in digital security. *Digital Operations Journal*, 18(2), 78–94.
- Chouhan, V., & Verma, P. (2022). Cybersecurity challenges in digital operations: An emerging threat landscape. *Journal of Digital Transformation*, 14(3), 101–118.
- Davis, K. (2023). Data protection and compliance in the digital age. *Journal of Business Ethics*, 45(3), 233–249.
- Davis, K., & Patel, R. (2023). Network monitoring and vulnerability assessment in digital operations. *Cybersecurity Insights*, 18(4), 201–220.
- Davis, K., & Patel, S. (2023). Regulatory compliance in cybersecurity: A practical guide. *Cyber Law Review*, 9(4), 202–219.
- Garcia, R., & Lopez, M. (2023). Human error in cybersecurity: Prevention through training. *Journal of Digital Safety*, 15(3), 67–84.
- Garcia, R., & Patel, S. (2023). Disaster recovery strategies for digital resilience. *Global IT Review*, 12(4), 189–202.
- Hassan, A., Ahmed, S., & Khan, Z. (2023). Operational risks in digital environments: A systematic review. *International Journal of Risk Management*, 25(2), 213–230.

- Jones, M., Brown, T., & Taylor, L. (2022). Strategic integration of digital technologies: Risks and opportunities. *Journal of Strategic Management*, 30(1), 45–63.
- Lopez, M., & Martinez, R. (2023). Proactive threat detection in modern digital systems. *Cyber Defense Quarterly*, 15(3), 45–62.
- Martinez, S. (2023). Adopting ISO standards for information security management. *Technology Standards Review*, 7(2), 45–60.
- Rahman, F., & Ali, H. (2023). Social risks in the digital age: Navigating reputational challenges. *Journal of Organizational Behavior*, 38(4), 78–95.
- Smith, J., Roberts, L., & Chen, W. (2023). Data compliance in global digital operations: Lessons learned. *Data Privacy and Security Journal*, 19(1), 12–28.
- Smith, L., & Jones, P. (2023). Artificial intelligence in cybersecurity risk management. *Journal of Emerging Technologies*, 19(1), 56–72.
- Zhao, H., Wang, Q., & Lee, M. (2024). Blockchain as a risk mitigation tool in digital operations. *Technology and Innovation Journal*, 20(5), 321–340.
- Zhao, H., Wang, Q., & Lee, M. (2024). Blockchain technologies for securing digital operations. *Journal of Emerging Technologies*, 20(5), 289–305.
- Zhao, H., Wang, Q., & Lee, M. (2024). Leveraging security for innovation in digital transformation. *Journal of Emerging Technologies*, 21(1), 15–30.

PROFIL PENULIS

Suryaningsih, S.E., M.M.



PENGEMBANGAN KETERAMPILAN DAN SUMBER DAYA MANUSIA

Oleh: Dr. Ir. Supriyadi, M.M.

Manajemen produksi dan operasi merupakan elemen penting dalam pencapaian tujuan organisasi, terutama di sektor manufaktur dan layanan. Fokus utama dari bidang ini adalah pada efisiensi, kualitas, dan produktivitas yang semuanya bergantung pada keterampilan sumber daya manusia (SDM). Pengembangan keterampilan SDM di bidang ini sangat penting untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan lancar, memenuhi standar kualitas, dan tetap kompetitif di pasar global.

12.1. Pendahuluan

1. Peran SDM dalam manajemen produksi dan operasi.

Sumber Daya Manusia (SDM) memainkan peran penting dalam manajemen produksi dan operasi melalui pengelolaan tenaga kerja untuk mencapai tujuan organisasi. Salah satu tanggung jawab utama SDM adalah memastikan ketersediaan tenaga kerja yang kompeten melalui perekrutan, pelatihan, dan pengembangan karyawan. Proses ini bertujuan untuk membangun tim yang mampu melaksanakan

tugas produksi secara efisien dan efektif (Dessler, 2020). Selain itu, perencanaan kapasitas tenaga kerja menjadi aspek penting yang melibatkan SDM untuk mengatur jumlah karyawan sesuai kebutuhan produksi, sehingga memastikan operasi berjalan tanpa hambatan.

Dalam operasional sehari-hari, SDM memiliki tanggung jawab untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk. Hal ini dilakukan dengan menetapkan indikator kinerja utama (Key Performance Indicators, KPI) dan mengawasi pelaksanaan proses produksi untuk mencapai target yang telah ditentukan (Heizer et al., 2020). SDM juga bertugas mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang dapat memengaruhi efisiensi, seperti hambatan komunikasi antar tim atau konflik di tempat kerja. Dengan cara ini, SDM tidak hanya mendukung kelancaran operasi tetapi juga menjaga motivasi karyawan tetap tinggi.

SDM juga berperan dalam mendorong inovasi dan adaptasi terhadap teknologi baru. Dalam era digital, perusahaan sering kali mengintegrasikan teknologi canggih, seperti otomasi dan sistem berbasis IoT (Internet of Things), ke dalam proses produksi. SDM bertanggung jawab untuk memberikan pelatihan yang relevan kepada karyawan agar mereka dapat memanfaatkan teknologi tersebut dengan optimal (Armstrong & Taylor, 2020). Selain itu, pengelolaan SDM yang baik menciptakan budaya kerja yang mendorong inovasi, sehingga karyawan merasa terdorong untuk berkontribusi dalam meningkatkan proses produksi.

Selain aspek teknis, SDM juga berperan penting dalam menjaga kesehatan dan keselamatan kerja (K3). Pelaksanaan program K3 memastikan bahwa tenaga kerja bekerja dalam lingkungan yang aman, sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan (Mondy & Martocchio, 2016). SDM juga berkontribusi pada keberlanjutan operasional dengan mengadopsi praktik ramah lingkungan, seperti pengelolaan limbah dan efisiensi penggunaan energi. Dengan

demikian, SDM mendukung pencapaian tujuan produksi yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga bertanggung jawab secara lingkungan.

Keseluruhan peran ini menunjukkan bahwa SDM memiliki kontribusi yang signifikan dalam keberhasilan manajemen produksi dan operasi. Dengan mengelola tenaga kerja secara strategis, SDM membantu organisasi mencapai produktivitas tinggi, kualitas produk yang konsisten, dan daya saing yang kuat di pasar global (Heizer et al., 2020).

2. Pentingnya pengembangan keterampilan di era digital.

Di era digital, pengembangan keterampilan menjadi kebutuhan yang mendesak bagi individu dan organisasi untuk tetap relevan di tengah perubahan teknologi yang cepat. Transformasi digital telah mengubah lanskap kerja, di mana banyak pekerjaan tradisional digantikan oleh teknologi otomatisasi, sementara pekerjaan baru dengan keterampilan digital yang kompleks terus muncul. Oleh karena itu, pengembangan keterampilan digital, seperti literasi data, pemrograman, dan kemampuan analitik, sangat penting agar tenaga kerja dapat beradaptasi dengan kebutuhan pasar (Schwab, 2016). Kompetensi ini memungkinkan individu untuk memanfaatkan teknologi baru secara optimal dan mendukung inovasi dalam organisasi.

Selain keterampilan teknis, pengembangan soft skills juga menjadi elemen penting di era digital. Kemampuan seperti komunikasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah menjadi semakin relevan karena teknologi sering kali mempercepat kompleksitas pekerjaan. Perusahaan yang berfokus pada pengembangan soft skills melalui pelatihan dan program pengembangan karyawan cenderung lebih sukses dalam mengelola tim yang adaptif dan produktif (World Economic Forum, 2020). Dengan demikian, pengembangan keterampilan teknis dan non-teknis secara bersamaan menjadi

strategi kunci untuk meningkatkan daya saing tenaga kerja di era digital.

Pengembangan keterampilan juga penting untuk mendukung inklusi digital, di mana individu dari berbagai latar belakang dapat berpartisipasi dalam ekonomi digital. Kesenjangan keterampilan digital antara kelompok masyarakat yang berbeda, seperti berdasarkan wilayah atau tingkat pendidikan, dapat menyebabkan ketimpangan sosial yang lebih besar. Oleh karena itu, pelatihan keterampilan digital perlu diintegrasikan dalam kebijakan pendidikan dan pelatihan kerja, baik di sektor formal maupun informal, untuk memastikan bahwa semua individu memiliki kesempatan yang setara dalam memanfaatkan peluang di era digital (Van Laar et al., 2020).

Untuk organisasi, investasi dalam pengembangan keterampilan karyawan tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mendorong inovasi dan keberlanjutan bisnis. Tenaga kerja yang terampil dan adaptif lebih siap menghadapi tantangan teknologi baru dan memberikan solusi kreatif untuk masalah yang kompleks. Lebih jauh, organisasi yang aktif dalam membangun budaya pembelajaran berkelanjutan dapat mempertahankan keunggulan kompetitif mereka di pasar yang terus berubah (Berger & Frey, 2019). Oleh karena itu, pengembangan keterampilan di era digital tidak hanya penting bagi individu tetapi juga menjadi pilar keberhasilan organisasi di masa depan.

12.2. Pentingnya Pengembangan Keterampilan SDM dalam Produksi dan Operasi

Pengembangan keterampilan Sumber Daya Manusia (SDM) dalam produksi dan operasi merupakan faktor krusial yang menentukan keberhasilan perusahaan dalam mencapai efisiensi dan daya saing. Keterampilan teknis yang relevan, seperti pemahaman tentang proses produksi, pengendalian kualitas, dan penggunaan

teknologi otomatisasi, harus terus dikembangkan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan industri yang berubah. Dengan mengintegrasikan pelatihan berbasis teknologi, perusahaan dapat memastikan tenaga kerjanya mampu mengoperasikan mesin modern dan sistem berbasis data yang mendukung efisiensi operasional (Heizer et al., 2020).

Selain itu, pengembangan keterampilan SDM juga penting untuk memastikan keberlanjutan kualitas produk dan layanan. Dalam manajemen operasi, SDM berperan dalam mengimplementasikan standar kualitas, seperti ISO 9001, yang memerlukan pemahaman mendalam tentang proses kontrol dan pemecahan masalah. Pelatihan yang berkelanjutan dapat membantu karyawan mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan dengan cepat, sehingga meminimalkan gangguan operasional (Dessler, 2020). Dengan demikian, pengembangan keterampilan bukan hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mendukung pencapaian standar kualitas yang konsisten.

Selain keterampilan teknis, pengembangan keterampilan non-teknis seperti manajemen waktu, komunikasi, dan kepemimpinan juga menjadi elemen penting dalam produksi dan operasi. Dalam lingkungan kerja yang kompleks dan sering kali melibatkan tim multidisiplin, kemampuan untuk berkolaborasi dan berkomunikasi secara efektif menjadi sangat penting. Organisasi yang menyediakan pelatihan dalam soft skills cenderung lebih berhasil dalam membangun tim yang harmonis dan produktif, sehingga mendukung kelancaran proses operasional (Armstrong & Taylor, 2020).

Pengembangan keterampilan SDM juga berkontribusi dalam menghadapi tantangan era digital, di mana teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) semakin banyak digunakan dalam produksi. Dalam konteks ini, tenaga kerja harus dibekali dengan keterampilan baru untuk memahami dan menggunakan

teknologi tersebut secara efektif. Perusahaan yang berinvestasi dalam pelatihan teknologi canggih tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga menciptakan inovasi yang dapat memperkuat posisi mereka di pasar global (Schwab, 2016).

Keseluruhan, pengembangan keterampilan SDM dalam produksi dan operasi memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja perusahaan. Dengan tenaga kerja yang terampil dan adaptif, organisasi dapat mencapai efisiensi operasional, memenuhi standar kualitas, dan menghadapi dinamika industri yang terus berubah dengan lebih percaya diri. Oleh karena itu, pengembangan SDM harus menjadi bagian integral dari strategi manajemen produksi dan operasi perusahaan

12.3. Strategi Pengembangan Keterampilan SDM

Revolusi Industri 5.0 membawa tantangan dan peluang baru yang menekankan kolaborasi antara manusia dan teknologi cerdas dalam produksi dan operasi. Untuk menghadapi era ini, pengembangan keterampilan SDM perlu dilakukan secara strategis dengan fokus pada peningkatan kemampuan teknis dan non-teknis. Salah satu strategi utama adalah pelatihan berbasis teknologi, seperti pemahaman tentang Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan robotika kolaboratif. Pelatihan ini memungkinkan tenaga kerja untuk mengintegrasikan teknologi tersebut ke dalam proses produksi guna meningkatkan efisiensi dan inovasi (Xu et al., 2021).

Selain keterampilan teknis, pengembangan keterampilan kognitif seperti pemecahan masalah kompleks, kreativitas, dan pengambilan keputusan berbasis data juga menjadi prioritas. Dalam produksi yang berbasis pada personalisasi produk dan layanan, tenaga kerja perlu mampu merancang solusi yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. Perusahaan dapat mengadopsi pendekatan pembelajaran berbasis proyek (project-based learning) untuk melatih

keterampilan tersebut secara praktis, sehingga pekerja dapat mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam situasi nyata (World Economic Forum, 2020).

Di sisi lain, pengembangan keterampilan sosial dan emosional, seperti kepemimpinan, komunikasi, dan kolaborasi, menjadi semakin relevan dalam era Industri 5.0 yang menekankan nilai kemanusiaan. Dalam lingkungan kerja yang semakin kompleks, kemampuan ini diperlukan untuk mengelola tim multidisiplin dan memfasilitasi sinergi antara manusia dan teknologi. Program pelatihan soft skills yang berkelanjutan dapat membantu karyawan beradaptasi dengan dinamika kerja yang berubah (Armstrong & Taylor, 2020).

Organisasi juga perlu mengadopsi strategi pembelajaran berkelanjutan (lifelong learning) untuk memastikan bahwa tenaga kerja selalu memiliki keterampilan terkini. Pendekatan ini mencakup integrasi pelatihan online, seminar, dan sertifikasi dalam kurikulum pengembangan SDM. Selain itu, kolaborasi dengan institusi pendidikan dan pusat pelatihan teknologi dapat mempercepat adopsi keterampilan baru. Dengan demikian, perusahaan tidak hanya meningkatkan kapabilitas tenaga kerja tetapi juga membangun budaya inovasi yang mendukung keberlanjutan operasional (Schwab, 2016).

Terakhir, perusahaan perlu menerapkan evaluasi keterampilan secara berkala untuk mengidentifikasi kebutuhan pelatihan yang spesifik. Dengan pendekatan berbasis data ini, organisasi dapat merancang program pengembangan keterampilan yang lebih tepat sasaran dan efektif. Penggunaan teknologi analitik SDM (HR analytics) memungkinkan perusahaan untuk melacak perkembangan karyawan dan mengukur dampak pelatihan terhadap produktivitas operasional (Heizer et al., 2020).

12.4. Teknologi dan Inovasi dalam Pengembangan SDM

Revolusi Industri 5.0 mengedepankan integrasi teknologi cerdas dengan nilai-nilai kemanusiaan, menjadikan pengembangan SDM dalam produksi dan operasi sebagai elemen strategis. Teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan robotika kolaboratif memainkan peran penting dalam mempercepat adaptasi tenaga kerja terhadap sistem produksi yang lebih canggih. Pelatihan berbasis teknologi yang menggunakan simulasi virtual dan augmented reality (AR/VR) memungkinkan tenaga kerja untuk belajar dalam lingkungan yang aman dan realistis. Pendekatan ini meningkatkan pemahaman operasional tanpa risiko langsung pada fasilitas produksi (Xu et al., 2021).

Inovasi lain dalam pengembangan SDM adalah penerapan platform pembelajaran digital yang didukung oleh big data dan analitik. Teknologi ini dapat mengidentifikasi kebutuhan pelatihan individu berdasarkan performa kerja dan memberikan konten yang disesuaikan secara otomatis. Dengan demikian, pelatihan menjadi lebih efektif dan relevan, meningkatkan keterampilan karyawan sesuai dengan tuntutan operasional yang dinamis (Heizer et al., 2020). Integrasi teknologi ini juga memungkinkan evaluasi berkelanjutan untuk memastikan kompetensi yang optimal di seluruh lini produksi.

Selain itu, inovasi teknologi juga mendorong kolaborasi antara manusia dan mesin. Dalam produksi berbasis robotika kolaboratif, karyawan harus memiliki keterampilan yang memungkinkan mereka bekerja berdampingan dengan mesin secara efektif. Pengembangan SDM diarahkan pada pemahaman sistem kerja berbasis teknologi, seperti pemrograman robot atau pemeliharaan peralatan berbasis IoT. Dengan demikian, teknologi tidak hanya menggantikan pekerjaan manusia, tetapi juga menciptakan peran baru yang meningkatkan nilai tambah produksi (Schwab, 2016).

Penerapan teknologi blockchain dalam manajemen SDM juga menjadi inovasi penting. Blockchain dapat digunakan untuk menyimpan dan mengelola data keterampilan karyawan dengan transparansi dan akurasi yang tinggi. Teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk melacak sertifikasi, pengalaman kerja, dan pelatihan secara real-time, mendukung proses pengembangan SDM yang lebih efisien dan terintegrasi (Tapscott & Tapscott, 2018).

Pada akhirnya, teknologi dan inovasi tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk pengembangan SDM tetapi juga menjadi katalis untuk menciptakan budaya pembelajaran berkelanjutan. Dengan memanfaatkan teknologi digital, organisasi dapat mendorong kolaborasi, inovasi, dan adaptasi di lingkungan kerja yang semakin kompleks. Pengembangan SDM yang berbasis teknologi ini memastikan bahwa tenaga kerja tidak hanya siap menghadapi tantangan Industri 5.0 tetapi juga mampu memanfaatkan peluangnya untuk mencapai keberlanjutan operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, M., & Taylor, S. (2020). *Armstrong's handbook of human resource management practice*. London: Kogan Page.
- Berger, T., & Frey, C. B. (2019). *The future of work: Technology, productivity, and prosperity*. Oxford University Press.
- Dessler, G. (2020). *Human resource management (16th ed.)*. Pearson Education.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management (13th ed.)*. Pearson Education.
- Mondy, R. W., & Martocchio, J. J. (2016). *Human resource management (14th ed.)*. Pearson Education.

- Schwab, K. (2016). The fourth industrial revolution. World Economic Forum.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2018). Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world. Penguin Random House.
- Van Laar, E., van Deursen, A. J., van Dijk, J. A., & de Haan, J. (2020). Determinants of 21st-century digital skills: A large-scale survey among working professionals. *Computers in Human Behavior*, 100, 93-104.
- World Economic Forum. (2020). The future of jobs report 2020. Retrieved from www.weforum.org.
- World Economic Forum. (2020). The future of jobs report 2020. Retrieved from www.weforum.org.
- Xu, M., David, J. M., & Kim, S. H. (2021). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, 158, 120174.

PROFIL PENULIS

Dr. Ir. Supriyadi, M.M.

MANAJEMEN PRODUKSI DAN OPERASI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Buku Manajemen Produksi dan Operasi: Era Revolusi Industri 4.0 menghadirkan panduan komprehensif bagi akademisi, praktisi, dan mahasiswa yang ingin memahami serta menguasai prinsip-prinsip manajemen produksi dan operasi dalam konteks era digital. Di era Revolusi Industri 4.0, teknologi seperti kecerdasan buatan, Internet of Things (IoT), big data, dan robotika telah mengubah cara organisasi memproduksi barang dan jasa. Buku ini membahas bagaimana perusahaan dapat mengintegrasikan teknologi mutakhir untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, dan daya saing. Buku ini mengupas Konsep dasar manajemen produksi dan operasi, konsep dan teknologi revolusi industri 4.0, strategi operasi dalam era industri 4.0, perencanaan dan desain produk di era digital, manajemen siklus hidup produk dengan teknologi 4.0, manajemen rantai pasok digital, manajemen kualitas di era industri 4.0 (ronaldo rottie, automasi dan robotika dalam produksi, manajemen kapasitas dan sumber daya di era digital keberlanjutan dan operasi hijau, keamanan dan risiko dalam operasi digital, dan pengembangan keterampilan dan sumber daya manusia.



Penerbit
Beta Lentera

ISBN 978-634-7072-02-3



Office 1: Pura Kawarna Mikro Regency Block/F1 Galuhwaha Street
Kecamatan Pura, Kota Purwokerto, Kabupaten Banyas
Office 2: Jl. Widyadarmas, 38133 Salyama, Yogyakarta
CS Admin: 085745000000
glikak@beta.com



IKAPI
IKATAN PENERBIT INDONESIA