

## **STRATEGI MENYIAPKAN SUMBER DAYA MANUSIA MENGHADAPI TANTANGAN REVOLUSI INDUSTRI 4.0 DALAM BIDANG MANUFAKTUR RAMAH LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN**

Oleh :

M.Sobron Yamin Lubis  
Bidang Teknik Manufaktur  
Prodi Teknik Mesin  
Jurusan Teknologi Industri  
Fakultas Teknik – Universitas Tarumanagara  
Jl.Letjend.S.Parman No.1 Jakarta 11400  
E-mail:sobronl@ft.untar.ac.id

### **1.Pendahuluan**

Perkembangan dunia industry dewasa ini maju dengan pesatnya, tuntutan yang tinggi untuk memenuhi keinginan konsumen guna mendapatkan produk yang memiliki ketelitian yang tinggi, waktu proses yang relative singkat dan tentunya biaya yang relative rendah serta adanya adanya regulasi tentang masalah lingkungan agar tetap menjaga kelestarian alam sehingga keseimbangan kehidupan tetap berlangsung menjadi tantang para produsen.

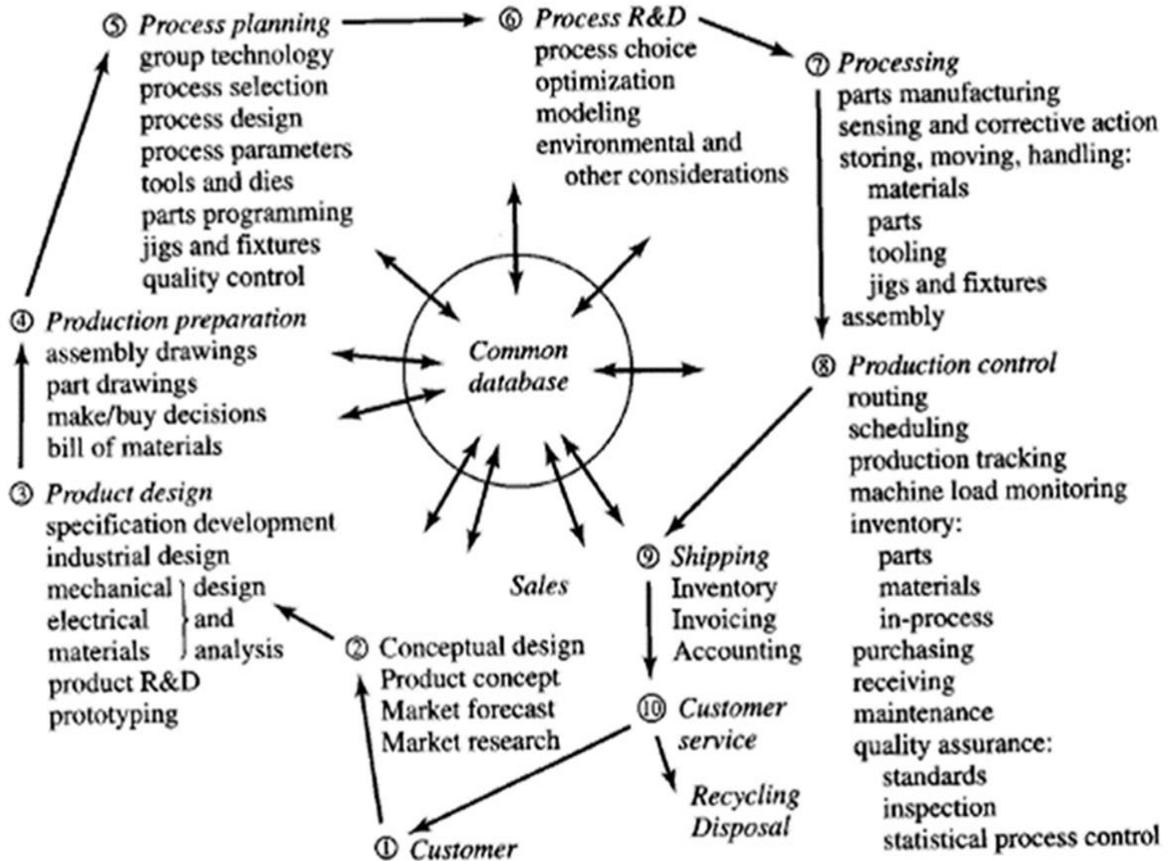
Revolusi industri dalam sejarah modern merupakan proses perubahan dari ekonomi agraris dan kerajinan menuju Industri manufaktur mesin. Terjadinya revolusi industri pertama kali pada abad ke-18 di Inggris (1760-1840). Pada saat itu terjadi peralihan dalam penggunaan sumber daya pada industri tekstil. Jika sebelumnya memakai sumber daya hewan dan manusia, kemudian beralih dengan menggunakan mesin-mesin. Revolusi industri ini kemudian meluas ke berbagai negara di Eropa Barat, Amerika Utara, Jepang. Faktor utama dalam revolusi industri, yakni: Teknologi Sosial Ekonomi Budaya Pada bidang teknologi adanya perubahan pada penggunaan dasar baru, terutama besi dan baja. Penggunaan sumber energi baru termasuk bahan bakar dan tenaga penggerak, seperti mesin uap, listrik. Ada juga penemuan mesin baru, pemintalan dan mesin tenun yang memungkinkan peningkatan produksi dengan tenaga manusia yang lebih kecil. Muncul juga pabrik yang mensyaratkan peningkatan pembagian kerja dan spesialisasi fungsi. Kemudian perkembangan penting dalam transportasi dan komunikasi, seperti lokomotif uap, kapal uap, monil, pesawat, telegram, dan radio. Adanya perubahan teknologi tersebut memungkinkan penggunaan sumber daya alam yang meningkat dan produksi massal barang-barang manufaktur. Pada ekonomi yang menghasilkan distribusi kekayaan yang lebih luas. Pada tahun 1848, Prancis memiliki industry yang begitu kuat. Namun meski berkembang tetap masih di belakang Inggris, termasuk negara-negara Eropa lainnya. Cina dan India. Perkembangan industri di dunia terus berlanjut hingga sekarang ini. Bahkan muncul dengan berbagai tahap atau perkembangannya. Sehingga muncul yang namanya revolusi industri 1.0, revolusi industri 2.0, revolusi industri 3.0, dan revolusi industri 4.0.

### **2.Proses Manufaktur**

Manufakturing diartikan sebagai perangkat kegiatan dan operasi yang saling berhubungan yang mencakup desain, pemilihan material, perencanaan, produksi, penjaminan mutu, manajemen dan pemasaran.

Manufaktur merupakan salah satu elemen penting dari pembangunan berkelanjutan karena memproduksi barang-barang yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Manufaktur adalah sistem input-output, di mana sumber daya adalah input dan ditransformasikan melalui proses manufaktur menjadi produk atau produk setengah jadi (Sangwan dan Mittal, 2015). Pada Sebagian besar, perusahaan tidak terkecuali perusahaan Industri manufacturing, tujuan jangka Panjang pada umumnya ditekankan pada tercapainya suatu situasi bahwa perusahaan bersangkutan tetap tumbuh dan berkembang dan mampu menghasilkan keuntungan yang wajar. Adapun proses manufacturing system disampaikan pada gambar berikut :

## Manufacturing Processes vs. Systems



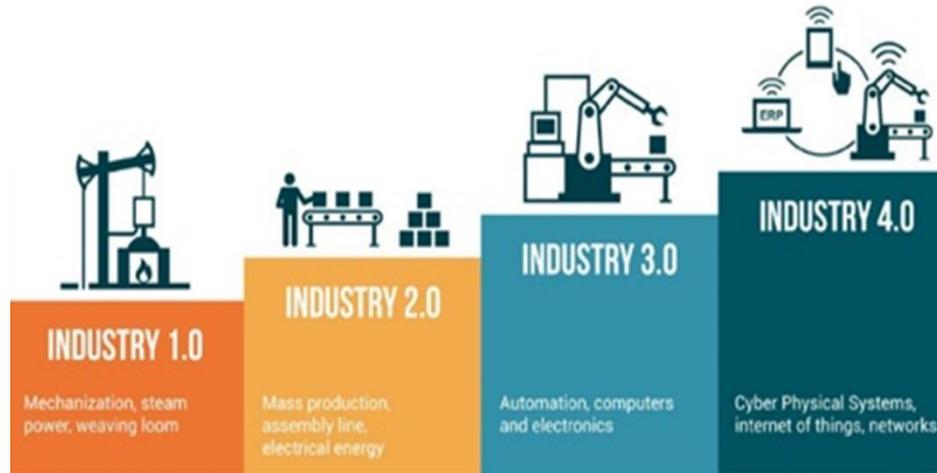
Gambar 1. Manufacturing Process

Keinginan untuk mencapai situasi yang memberikan kemampuan kepada perusahaan agar tetap tumbuh dan berkembang serta mampu menghasilkan keuntungan yang wajar dimotivasi oleh kekwatiran yang sering menghantui pikiran para pebisnis sehubungan dengan perubahan dinamis pada lingkungan industry yang memasuki revolusi Industri 4.0. Pada era ini permintaan terhadap produk yang sesuai dengan keinginan konsumen dan dapat di peroleh dengan waktu yang relative singkat manjadi tema utama dalam pengembangan produk. Factor biaya per unit minimum dan mutu produk yang tinggi tidak lagi memiliki kekuatan untuk membangun daya saing. Daya saing

ditentukan oleh kinerja dalam pengiriman , kemampuan memenuhi keinginan konsumen dan kualitas keterlibatan dalam penanganan isu-isu lingkungan ( Sukaria).

### 3.Revolusi Industri

Revolusi menurut KBBI adalah sebuah perubahan yang mendasar. Revolusi industri bisa dikatakan adalah perubahan besar dan mendasar terhadap yang dilakukan manusia dalam mengelola sumber daya dan memproduksi barang yang berdampak pada tatanan sosial, ekonomi, dan budaya masyarakat.



Gambar.2 Era Revolusi Industri

#### 3.1 Revolusi industry 1.0

Seperti dikutip dari *Line Today*, revolusi industri merupakan suatu perubahan besar terhadap cara manusia dalam mengolah sumber daya dan memproduksi barang. Revolusi industri merupakan fenomena yang terjadi pada tahun 1760 – 1840. Pada saat itu, terjadi perubahan secara besar-besaran di bidang pertanian, manufaktur, pertambangan, transportasi, dan teknologi. Perubahan tersebut ikut berdampak pada kondisi sosial, ekonomi, dan budaya di dunia.

Revolusi Industri yang pertama terjadi pada abad ke-18 ditandai dengan penemuan mesin uap yang digunakan untuk memproduksi barang. Saat itu, di Inggris, mesin uap digunakan sebagai alat tenun mekanis pertama yang dapat meningkatkan produktivitas industri tekstil. Peralatan kerja yang awalnya bergantung pada tenaga manusia dan hewan akhirnya digantikan dengan mesin tersebut.

#### 3.2 Era Revolusi Industri 2.0

Revolusi Industri 2.0 terjadi pada awal abad ke-20. Revolusi industri ini ditandai dengan penemuan tenaga listrik. Tenaga otot yang saat itu sudah tergantikan oleh mesin uap, perlahan mulai tergantikan lagi oleh tenaga listrik. Namun demikian, masih terdapat kendala yang menghambat proses produksi di pabrik, yaitu masalah pada transportasi. Pada akhir tahun 1800, mulailah diproduksi secara massal kendaraan mobil. Produksi massal ini tidak lantas membuat proses produksinya memakan waktu yang cepat karena setiap mobil harus melakukan assembling dari awal hingga akhir di titik yang sama oleh seorang assembler mobil. Artinya, untuk assembling banyak mobil, proses perakitan harus dilakukan oleh banyak orang yang merakit mobil dalam waktu yang bersamaan.

Revolusi terjadi dengan terciptanya "lini produksi" atau *assembly line* yang menggunakan "ban berjalan" atau *conveyor belt* hal ini terjadi pada tahun 1913. Hal ini mengakibatkan proses produksi berubah total karena untuk menyelesaikan satu mobil, tidak diperlukan satu orang untuk mengasembling dari awal hingga akhir. SDM yang mengasembling mobil dilatih untuk menjadi spesialis yang mengurus satu bagian saja.

Selain itu, para perakit mobil telah melakukan pekerjaannya dengan bantuan alat-alat yang menggunakan tenaga listrik yang jauh lebih mudah dan murah daripada tenaga uap.

### 3.3 Era Revolusi Industri 3.0

Setelah revolusi industri kedua, manusia masih berperan sangat penting dalam proses produksi berbagai macam jenis barang. Tetapi, setelah revolusi industri yang ketiga, manusia tidak lagi memegang peranan penting. Setelah revolusi ini, abad industri pelan-pelan berakhir dan abad informasi dimulai. Pada era ini awal ditemukannya Komputer. Salah satu komputer pertama yang dikembangkan di era perang dunia II sebagai mesin untuk memecahkan kode buatan Nazi Jerman. Komputer yang dapat diprogram tersebut merupakan mesin raksasa sebesar ruang tidur yang tidak memiliki RAM dan tidak bisa menerima perintah dari manusia melalui *keyboard*. Komputer tersebut hanya menerima perintah melalui pita kertas yang membutuhkan daya listrik sangat besar, yaitu 8.500 watt.

Namun, kemajuan teknologi komputer berkembang luar biasa pesat setelah perang dunia kedua selesai. Penemuan semikonduktor, transistor, dan kemudian *integrated chip* (IC) membuat ukuran komputer semakin kecil, listrik yang dibutuhkan semakin sedikit, serta kemampuan berhitungnya semakin canggih. Dengan berubahnya ukuran computer menjadi lebih kecil sehingga membuat komputer bisa dipasang di mesin-mesin yang mengoperasikan lini produksi. Komputer pun mulai menggantikan banyak peran manusia sebagai operator dan pengendali di lini produksi.

### 3.4 Era Revolusi Industri 4.0

Pada industri 4.0 merupakan penggabungan teknologi otomatisasi dengan teknologi siber. Istilah industri 4.0 berasal dari sebuah proyek dalam strategi teknologi canggih Pemerintah Jerman yang mengutamakan komputerasi pabrik.

Industri 4.0, teknologi manufaktur sudah masuk pada tren otomatisasi dan pertukaran data. Hal tersebut mencakup sistem siber-fisik, *internet of things* (IoT), *cloud computing*, dan *cognitive computing*. Tren ini telah mengubah banyak bidang kehidupan manusia, termasuk ekonomi, dunia kerja, bahkan gaya hidup.

Industri 4.0 menanamkan teknologi cerdas yang dapat terhubung dengan berbagai bidang kehidupan manusia. Banyak hal yang tak terpikirkan sebelumnya, tiba-tiba muncul dan menjadi inovasi baru, serta membuka lahan bisnis yang sangat besar. Sebagai contoh yang berada dalam lingkungan kita adalah dengan munculnya transportasi dengan sistem *ride-sharing*. Kehadiran revolusi industri 4.0 memang menghadirkan usaha baru, lapangan kerja baru, dan profesi baru yang tak terpikirkan sebelumnya.

Tidak dapat dipungkiri, berbagai aspek kehidupan manusia akan terus berubah seiring dengan revolusi dan perkembangan teknologi yang terjadi. Memang perubahan seringkali diiringi banyak dampak negatif dan menimbulkan masalah-masalah baru. Namun, perubahan juga selalu bisa membawa masyarakat ke arah yang lebih baik.

### 3.5 Integrated manufacturing system

Konsep *Integrated Manufacturing System* (IMS) merupakan konsep yang mengimplementasikan desain dan system manufaktur dalam suatu system manajemen. Tujuannya agar dapat melakukan pertukaran data secara otomatis. Bila sistem otomatis dan terkait secara keseluruhan di dalam *Integrated Manufacturing System* (IMS), akan sangat menguntungkan dibandingkan dengan *individual automated fuctions*, seperti :

- a. Mengurangi *lead time*
- b. Meningkatkan fleksibilitas kapasitas produksi dan jadwal produksi
- c. Mengurangi kebutuhan tenaga kerja
- d. Mengurangi level inventory material, *work in process* dan produk jadi
- e. Meningkatkan penggunaan sumber daya
- f. Fleksibel terhadap perubahan permintaan.

Dalam konsep IMS, seluruh aktivitas dasar manufaktur diotomasi dan dihubungkan satu dengan yang lain. Aktivitas dasar manufaktur secara garis besar dapat dibagi 3 bagian, *product design*, *manufacturing planning* dan *manufacturing execution*.

*Product design*. Aktivitas ini meliputi mendefinisikan geometri baik spesifikasi *part* maupun *bills of material* (BOM). Informasi desain ini merupakan sumber kunci data untuk menggerakkan proses manufaktur.

*Manufacturing planning*. Aktivitas ini dimulai dari merencanakan baik *tool* maupun kapasitas yang dibutuhkan. Setelah itu baru merencanakan proses dimana hasilnya berupa rute proses, intruksi operator, program pengendalian *tool*.

*Manufacturing execution*. Aktivitas ini merupakan bagian yang paling nyata dari sistem manufaktur. Tugas utamanya adalah mengontrol proses, *tool* dan jadwal produksi dimana ini semua dilakukan oleh *technical and logistical data system*. Unjuk kerja operasi manufaktur dimonitor dan diukur.

#### 3.5.1 Computer Integrated Manufacturing

Computer-integrated manufacturing (CIM) merupakan sebuah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan secara komplit mengenai otomasi, perencanaan proses manufaktur, dengan semua proses yang difungsikan dibawah kontrol komputer dan informasi digital yang dilakukan dalam suatu sistem bersama-sama.

Sebuah sistem bisnis yang terintegrasikan oleh sebuah data base secara umum). *Computer-integrated manufacturing* (CIM) adalah manufaktur yang dengan menggunakan pendekatan komputer untuk mengontrol dan mengintegrasikan seluruh proses produksi. Integrasi ini memungkinkan proses setiap individu atau departemen untuk melakukan pertukaran informasi dengan satu sama lain dan melakukan tindakan. Melalui *Computer-integrated manufacturing* (CIM) ini, sistem manufaktur yang dilakukan oleh suatu perusahaan dapat menjadi lebih cepat dengan meminimalisasi kesalahan. Walaupun tujuan utamanya adalah meningkatkan kemampuan untuk membuat proses manufaktur secara otomatis, biasanya CIM bergantung pada proses kontrol berdasarkan kondisi atau waktu nyata dari yang diterima melalui sensor. Jadi, CIM ini juga dikenal sebagai desain yang fleksibel untuk manufaktur. Dalam CIM ini yang merupakan jantungnya adalah Computer Aided Design (CAD) dan *Computer Aided Manufacture* (CAM). Adapun CAD/CAM ini juga memiliki banyak manfaat dalam sistem

manufaktur. Sistem yang ada pada CAD/CAM tersebut sangat penting untuk mengurangi *cycle time* dalam sebuah organisasi. CAD memudahkan para desainer untuk menciptakan gambar yang bersifat elektronik yang dapat dibuat menjadi dua dimensi maupun dengan tiga dimensi dan dapat diputar untuk dilihat keseluruhan sudut pandang. Software program ini juga menyediakan fasilitas yang bisa menganalisa dan melakukan percobaan terhadap desain tersebut sebelum dilakukan realisasi. Terlebih dari itu, software pada CAM juga menyediakan fasilitas menampilkan alur proses machining yang akan dilakukan pada produk yang telah di desain. Penggunaan CAD/CAM yang juga memiliki peran penting adalah sebagai database record. Dengan adanya database yang jelas atas produk yang diproduksi, maka untuk selanjutnya ketika terdapat sekecil masalah terhadap proses produksi bisa secepatnya diidentifikasi

Suatu perusahaan yang menggunakan atau mengaplikasikan CIM ini memiliki banyak manfaat. CIM ini merupakan suatu bentuk otomatisasi yang komplit pada fasilitas manufaktur di suatu perusahaan. Seluruh fungsi dalam sistem manufaktur tersebut berada di bawah kontrol komputer. Fungsi kontrol tersebut dilakukan mulai dari proses desain, pembuatan prototype, pengontrolan serta memberikan penentuan terhadap efisiensi yang lebih besar (menghitung biaya, metode produksi, jumlah yang diproduksi, penyimpanan dan pendistribusian), kebutuhan material, permesinan yang dimulai dari CAM, quality control, produk di asembli dengan robot, distribusi produk, dan memperbarui akuntansi keuangan. CIM merupakan filosofi manajemen, dimana seluruh fungsi yang terdapat didalam proses perencanaan hingga proses manufaktur dirasionalisasikan secara terintegrasi dengan penerapan teknologi komputer, komunikasi dan informasi. (R. Widodo) Dari definisi diatas terlihat bahwa anggota elemen CIM adalah proses perencanaan dan proses manufaktur yang saling melengkapi satu sama lain.



Gambar 3. Computer Integrated Manufacturing System

### 3.6 Pabrik Masa Depan

Inovasi telah menjadi kekuatan pendorong utama dalam pengembangan industri pabrik modern. Dengan berlalunya setiap era, teknologi baru selalu diperkenalkan ke dunia industri, sehingga mau tidak mau, pabrik pun juga terus bertransformasi mengikut perkembangan jaman. Ketika teknologi berubah, demikian juga fasilitas-fasilitas maupun mesin-mesin pabrik juga ikut berubah, Meskipun tidak mungkin untuk memprediksi secara penuh seperti apa pabrik di masa depan, dari trend yang ada saat ini, kita akan dapat melintas waktu untuk memperkirakan kira-kira akan jadi seperti apa?

#### 1. Data Real Time dan Konstan

Dengan menggunakan sensor, pabrik di masa depan akan dapat memantau dan melaporkan segala sesuatu mulai dari mesin individual, seluruh sistem lini produksi hingga faktor lingkungan di pabrik. Data ini kemudian akan disimpan di cloud dan dianalisis menggunakan perangkat lunak khusus.

#### 2. *Cloude Computing*

Pabrik masa depan akan terhubung di hampir setiap cara, memungkinkan untuk operasi tanpa batas dalam berbagai skenario:

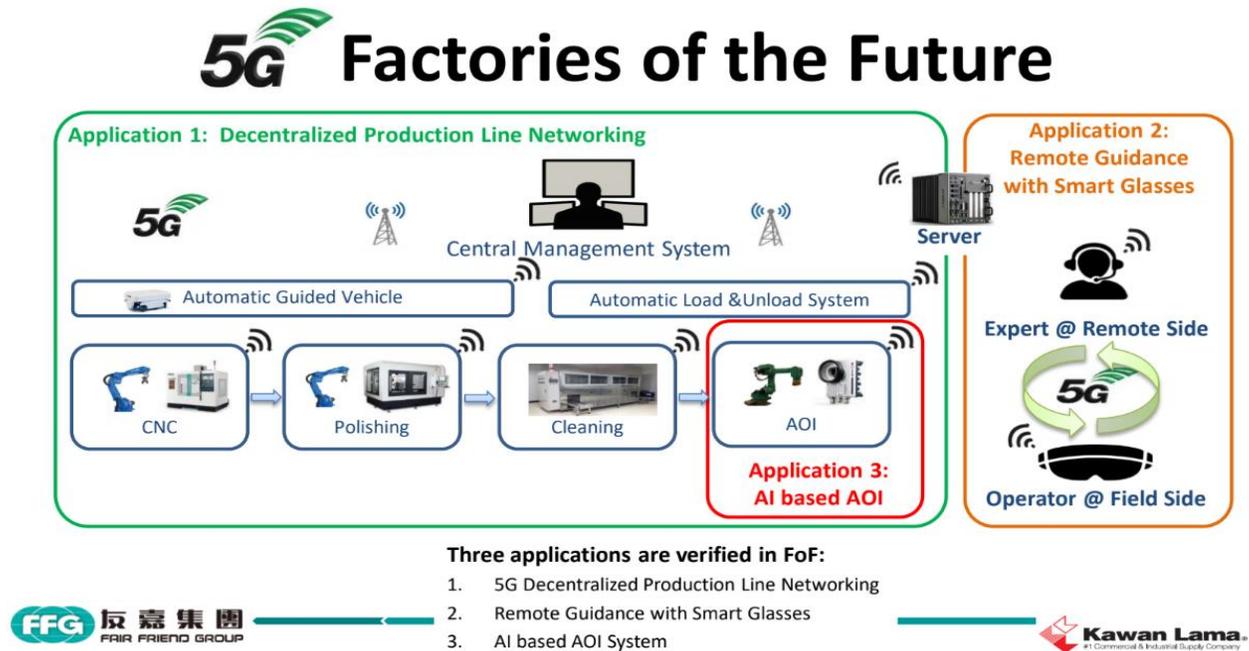
- *Cloud Computing* – Memanfaatkan teknologi cloud akan memungkinkan perusahaan mengakses data kapan saja, di mana saja. Karena semua informasi akan tersedia untuk semua orang, dan tidak terikat pada mesin fisik tertentu, keputusan dapat dibuat terlepas dari dimana lokasi pembuat keputusan itu berada.
- *Industrial Internet of Things (IIoT)* – Data juga akan dikomunikasikan ke berbagai bagian pabrik itu sendiri. Misalnya, sensor dapat mendeteksi beberapa jenis bahaya yang memerlukan evakuasi segera. Sensor akan mengomunikasikan informasi ini ke sistem gedung, yang akan merespons dengan membuat area karantina, membunyikan alarm, atau mengingatkan pekerja di berbagai bagian gedung.

#### 3. Sistim Digital

Pabrik masa depan akan terhubung di hampir setiap cara, memungkinkan untuk operasi tanpa batas dalam berbagai skenario:

- *Robotic Process Automation* – tugas back-office yang monoton seperti manajemen pengumpulan data dan pemrosesan pesanan akan ditangani oleh *software bot* perangkat lunak otomatisasi proses robot, yang akan melakukan segala pekerjaan dengan cepat dan minim kesalahan.
- *Analisis data* – Perangkat lunak khusus akan mengatur dan mengevaluasi semua data yang dikompilasi melalui sensor dan sistem IIoT dengan tujuan untuk menciptakan informasi dasar yang dapat ditindaklanjuti. Ini kemudian akan digunakan di berbagai lini bisnis, termasuk analisis pasar, riset konsumen, dan pemeliharaan prediktif, serta *supply chan* dan kendaraan komersil. Hal ini tidak hanya akan meningkatkan kemudahan pelacakan dan transparansi, tetapi juga akan meningkatkan hubungan *supplier* dan pelanggan.
- *Digital supply network (DSN)* – Rantai suplai akan ditransformasi sepenuhnya oleh jaringan suplai digital, yang memanfaatkan teknologi *Artificial Intteligence (AI)* dan sensor untuk menciptakan sistem rantai suplai yang sepenuhnya transparan,

dapat dilacak, dan terhubung. Perusahaan akan dapat melihat setiap tautan dal rantai secara real time, mengatasi komplikasi segera setelah mereka muncul, dan sangat terlibat dengan pemasok.



Gambar.4 Pabrik Masa Depan dengan Teknologi 5G

- *E-procurement* – Proses seperti kontrol inventaris, penagihan, dan negosiasi harga yang secara tradisional ditangani menggunakan model manual akan ditangani oleh platform digital yang berkoordinasi dengan infrastruktur perusahaan melalui teknologi pintar. Ini tidak hanya akan mengurangi pemborosan, meningkatkan produksi, dan menurunkan biaya, tetapi juga akan meningkatkan kemampuan perusahaan untuk fokus pada lebih banyak perusahaan berbasis nilai seperti penilaian risiko dan analitik prediktif.
  - *Blockchain* – Blockchain dapat merekam data, transaksi, dan cryptocurrency, pabrik di masa depan akan memiliki blockchain yang memainkan peran besar dalam manajemen data dan aplikasi rantai pasokan. Blockchain menawarkan transparansi penuh, yang akan membuat teknologi ini penting untuk kepatuhan regulasi, audit, dan bidang bisnis lainnya.
4. Pabrik beroperasi tanpa batas

Pabrik masa depan akan terhubung di hampir setiap cara, memungkinkan untuk operasi tanpa batas dalam berbagai skenario:

- Robotika, AI, dan co-bot – Industri pabrik sudah menggunakan robotika, tetapi, di pabrik masa depan, mesin ini akan jauh lebih maju dan kolaboratif. Ketika kecerdasan buatan terus tumbuh, proses seperti desain, pemeliharaan prediktif, dan pemrograman tingkat lanjut akan menjadi lebih ramping dan instan. Selanjutnya, AI pada akhirnya akan mengembangkan kemampuan untuk mengikuti cara berpikir manusia dan lebih kreatif;

- *Virtual reality (VR)* – Pelatihan industri dan pendidikan akan menjadi lebih komprehensif dengan penggunaan VR.

#### 4. Green Manufacturing

Green manufacturing berkaitan erat dengan Sustainable manufacturing (SM). Sustainability dapat diperoleh dengan melakukan konsep Green (Dornfeld, 2014; Tseng, dkk., 2013). Sustainable Manufacturing sendiri diartikan sebagai "penciptaan produk yang bernilai ekonomis melalui proses yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam, serta melestarikan sumber daya alam dan energi untuk menjamin ketersediaannya di masa yang akan datang. Proses yang dilakukan juga harus aman bagi karyawan, masyarakat, dan konsumen." Sustainable Manufacturing merupakan evolusi dari sistem manufaktur mulai dari sistem manufaktur yang tradisional, kemudian lean manufacturing yang fokus pada pengurangan pemborosan (waste reduction based), green manufacturing dengan 3R, hingga akhirnya pada konsep sustainable manufacturing dengan pendekatan 6R pada siklus hidup produk (Gambar 1). Penerapan Sustainable Manufacturing mengarah pada tercapainya pembangunan berkelanjutan (sustainable development) sebagaimana dikemukakan oleh Komisi Dunia tentang Lingkungan dan Pembangunan (David A. Dornfeld, 2013) diartikan sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri.

Manufaktur ramah lingkungan adalah produksi barang-barang menggunakan proses dan teknik terpilih yang layak secara ekonomi namun kurang dampaknya pada lingkungan. Ada tiga kriteria dalam pemilihan proses yaitu: – Minim limbah – Minim penggunaan bahan berbahaya – Minim penggunaan energi. Limbah adalah sumber daya yang dikeluarkan namun tidak menjadi produk. Limbah antara lain

##### **Industri Bisnis**

Ribuan orang bekerja di dalam gedung-gedung pencakar langit. Mungkin hal ini terdengar biasa saja, namun orang-orang yang bekerja di kantor telah menggunakan banyak energi dan memiliki banyak limbah kertas. Hal ini yang menyebabkan banyak perkantoran mencari cara untuk ramah lingkungan. Salah satu cara agar bisnis menjadi ramah lingkungan adalah meminimaliskan penggunaan kertas, dengan beralih ke lingkungan tanpa kertas; seperti penggunaan email, karena sebagian besar karyawan bekerja menggunakan komputer dan bisa membuka file kapanpun dengan akses internet, sehingga tidak perlu mencetaknya. Tagihan dan pernyataan lainnya juga bisa dikirim ke pelanggan dengan menggunakan e-mail atau transfer file online untuk mengurangi limbah kertas.

##### **Industri Data dan Teknologi**

Tidak ada keraguan bahwa komputer telah memperbaiki kehidupan orang-orang di seluruh dunia, namun tidak memiliki jejak karbon yang kecil. Untuk mengatasi masalah ini, industri ini berupaya mengembangkan standar pasokan daya untuk mengurangi konsumsi energi. Misalnya, semakin banyak data center yang memilih menggunakan arus searah, bukan arus bolak-balik karena biaya pendinginannya kurang.

##### **Industri Energi**

Sebagian besar pembangkit listrik menggunakan sumber bahan bakar yang tidak terbarukan untuk menghasilkan tenaga. Ini berarti mereka mengambil barang-barang dari lingkungan yang tidak pernah bisa diganti. Namun, industri ini akan ramah lingkungan apabila sektor industri ini mencari sumber bahan bakar yang bisa diperbaharui, seperti tenaga surya dan angin. Itu sebabnya semakin banyak pembangkit tenaga surya yang bermunculan, begitu pula pusat turbin angin. Industri ini

bergerak menjauh dari transformer besar menjadi metode penghasil listrik yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

### **Industri Manufaktur**

Industri manufaktur merupakan salah satu konsumen energi terbesar. Hal ini disebabkan peralatan manufaktur khusus yang menggunakan beberapa driver dan motor yang menyumbang 70 persen dari konsumsi daya mereka. 30 persen lainnya berasal dari biaya pemanasan dan pendinginan. Salah satu kunci untuk membuat proses produksi lebih ramah lingkungan adalah dengan mengurangi penggunaan energi. Dan satu-satunya cara melakukannya dengan efektif adalah jika Anda tahu persis di mana energi Anda digunakan. Kita tahu pabrik menggunakan banyak energi untuk kebutuhan alat produksi seperti motor listrik, pemanas, boiler, kompresor udara, pendingin, dll. oleh karenanya, Manufaktur akan menjadi lebih ramah lingkungan apabila industri mempersiapkan peralatan baru yang mengkonsumsi lebih sedikit energi.

### **Industri Transportasi**

Biaya pengiriman dari satu tempat ke tempat lain baik melalui darat, udara dan laut memang relatif mahal, berkat kenaikan biaya bahan bakar, Itu sebabnya banyak perusahaan seperti perusahaan pelayaran mengganti kendaraan lama dengan model hibrida dan mencari cara lain untuk mengurangi konsumsi bahan bakar mereka. Ini bagus dari perspektif finansial, tapi juga lebih baik bagi lingkungan karena kendaraan hemat energi menghasilkan lebih sedikit emisi karbon..

Hampir semua industri saat ini mencari cara untuk menjadi industri yang ramah lingkungan, karena hal tentunya menghemat uang dalam jangka panjang dan lebih baik bagi lingkungan. Seperti yang sudah dijabarkan, banyak cara yang bisa dilakukan untuk menciptakan industri yang ramah lingkungan diantaranya dengan menurunkan konsumsi energi, mengurangi biaya bahan bakar, daur ulang, dan mengambil tindakan lain untuk memperbaiki lingkungan.

## **5.Sumber Daya Manusia di Era Industri 4.0**

Memasuki era Industri 4.0, terdapat 20 pekerjaan baru dan juga pekerjaan yang berkurang antara lain :

*Increasing demand*

- |  |  |
|--|--|
| 1.Data Analysts and Scientists               | 12.Business Services and Administration Managers |
| 2.AI and Machine Learning Specialists        | 13.Database and Network Professionals            |
| 3.Big Data Specialists                       | 14.Robotics Engineers                            |
| 4.Digital Marketing and Strategy Specialists | 15.Strategic Advisors                            |
| 5.Process Automation Specialists             | 16.Management and Organization Analysts          |
| 6.Business Development Professionals         | 17.FinTech Engineers                             |
| 7.Digital Transformation Specialists         | 18.Mechanics and Machinery Repairers             |
| 8.Information Security Analysts              | 19.Organizational Development Specialists        |
| 9.Software and Applications Developers.      | 20.Risk Management Specialists                   |
| 10.Internet of Things Specialists            |  |
| 11.Project Managers                          |  |

*Decreasing demand*

- 1.Data Entry Clerks
- 2.Administrative and Executive Secretaries
- 3.Accounting, Book keeping and Payroll Clerks
- 4.Accountants and Auditors
- 5.Assembly and Factory Workers
- 6.Business Services and Administration \ Managers
- 7.Client Information and Customer Service Workers
- 8.General and Operations Managers
- 9.Mechanics and Machinery Repairers
- 10.Material-Recording and Stock-Keeping Clerks
11. Financial Analysts
- 12.Postal Service Clerks
13. Sales Rep., Wholesale and Manuf.,Tech. and Sci.Products
- 14 .Relationship Managers
- 15.Bank Tellers and Related Clerks
- 16.Door-To-Door Sales, News and Street Vendors
- 17.Electronics and Telecoms Installers and Repairers
- 18.Human Resources Specialists
- 19.Training and Development Specialists
- 20.Construction Laborers.

Untuk dapat memenuhi tuntutan dalam era Industri 4.0 maka setidaknya mahasiswa harus membekali dalam peningkatan kompetensi diri. Berkaitan dengan ini terdapat 10 skill yang dibutuhkan dalam menghadapi era Industri 4.0

- 1.Complex problem solving: kemampuan menyelesaikan problem yang kompleks
  - 2.Critical thinking: kemampuan berfiksi kritis dalam melihat gambaran yang besar dalam suatu masalah dan akan permasalahan
  - 3.Creativity: kemampuan kreatif, kemamuan melihat hal-hal baru.
  - 4.People management : kemampuan mengelola, menggerakkan orang, kemampuan berkomunikasi dengan departemen lain untuk mencapai tujuan.
  - 5.Co-ordinating with other: kemampuan untuk berkolaborasi, berdiskusi kelompok, kemampuan menyampaikan ide.
  - 6.Emotional Intelligence: kejelasan emosional untuk mengelola dri sendiri dan orang lain. Mampu menghargai pendapat orang lain.
  - 7.Judgement & Decision making: kemampuan mengambil dan menilai keputusan dengan cepat.
  8. Service orientation: kemampuan berorientasi memberikan pelayanan yang lebih baik. Membuat lebih ber empati kepada orang lain.
  - 9.Negotitation: kemampuan bernegosiasi, kemampuan menyakinkan orang lain bahwa apa yang kita sampaikan adalah win-win solution
  10. Cognitive flexibility: Kemampuan untuk beradaptasi dalam hal-hal baru
- Kesemua skill tersebut diatas tidak dimiliki oleh mesin-mesin maupun robot industry.

## 6. Penutup

Dalam Era industry 4.0 teknologi berkembang dengan pesat, industry manufaktur menggunakan system control digital sehingga diperlukan kepakaran dalam merancang system tersebut.

Mahasiswa harus ikut berperan dalam era industri ini dengan cara mengembangkan pola berpikir kritis, kreatif, innovative dan memiliki jiwa entrepreneur. Mahasiswa sebagai generasi pembawa perubahan harus mampu membawa kehidupan masyarakat ke zaman teknologi yang sudah canggih, tanpa membeda-bedakan golongannya. Sehingga, tidak ada lagi masyarakat yang terjajah oleh perkembangan teknologi.

Terdapat beberapa softskill yang sangat penting untuk diasah dan dimiliki oleh mahasiswa di era revolusi industry 4.0, yaitu: kemampuan dalam berbahasa asing, kemampuan dalam memecahkan masalah, public speaking, kemampuan dalam berkomunikasi, serta kepemimpinan.

## Daftar Pustaka

<https://www.tiraya-technology.com/pabrik-masa-depan/>

Sukaria Sinulingga,(2008). Pengantar Teknik Industri.Penerbit Graha Ilmu.Yogyakarta 55511 Indonesia.

Bagus Arthaya, I Ketut Gunarta. (2001). Otomasi, Sistem Produksi dan Computer Integrated Manufacturing. Penerbit Gima Widya Indonesia.

Prasetyo, B., & Trisyanti, U. (2018). Revolusi Industri 4.0 dan Tantangan Perubahan Sosial. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, (5), 22-27.

Sangwan, K. S., & Mittal, V. K. (2015). A bibliometric analysis of green manufacturing and similar frameworks. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 26(4), 566–587

Dornfeld, D. A. (2014). Moving Towards Green and Sustainable Manufacturing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 1(1), 63–66.

Tseng, M., Shun, A., Chiu, F., Tan, R. R., & Siriban-manalang, A. B. (2013). Sustainable consumption and production for Asia : sustainability through green design and practice. *Journal of Cleaner Production*, 40, 1–5