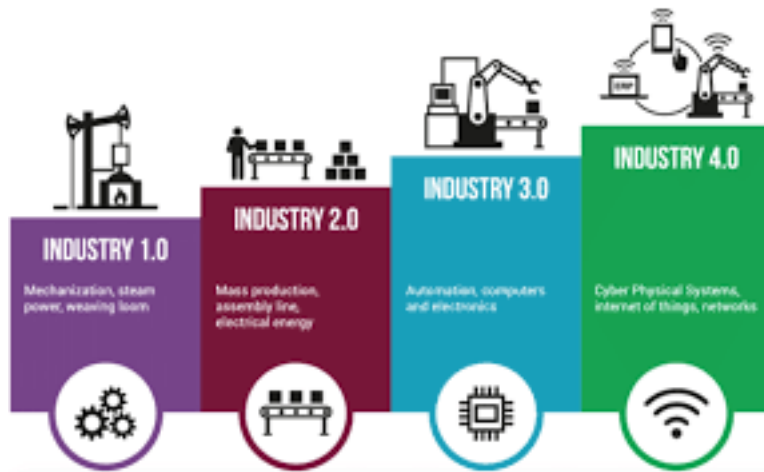


BAB II DAMPAK DARI REVOLUSI INDUSTRI

1. Sejarah Revolusi Industri

Dari tinjauan secara historis maka perkembangan revolusi industri terjadi saat dimulainya penggunaan teknologi dan metode baru pada proses produksi. Pada akhir abad ke-18, revolusi industri I dimulai dengan adanya pemakaian mesin produksi di mana tenaga air dan uap mulai digunakan. Proses produksi secara masal dengan pembagian kerja karyawan berdasar lini produksi dengan bantuan listrik adalah ciri revolusi industri 2. Revolusi industri ke-3 dimulai dengan aplikasi TI dan elektronik yang memungkinkan otomatisasi dalam produksi pada tahun 1970-an (Lukac, 2016).



Gambar 1. Perkembangan Revolusi Industri

a. Industri 1.0

Akhir abad ke-18 mulai digunakan mesin produksi di dunia. Mesin bertenaga air dan uap dikembangkan untuk membantu para pekerja dalam memproduksi barang secara masal. Alat tenun pertama diperkenalkan pada 1784. Dengan meningkatnya efisiensi dan skala produksi, usaha kecil tumbuh dari yang pertama hanya melayani sejumlah kecil pelanggan kemudian mulai mampu melayani organisasi besar. Susunan perusahaan yang bergerak di industri ini juga berubah menjadi organisasi yang memiliki pemilik, manajer, dan karyawan. Industri 1.0 juga dapat dianggap sebagai awal dari budaya industri yang berfokus pada kualitas, efisiensi dan skala.

b. Industri 2.0

Awal abad ke-20 menandai dimulainya revolusi industri kedua (Industri 2.0). Kontributor utama revolusi ini adalah pengembangan mesin yang menggunakan energi listrik. Energi listrik sudah digunakan sebagai sumber daya utama. Mesin-mesin listrik lebih efisien untuk dioperasikan dan dirawat, baik dari segi biaya maupun usaha, tidak seperti mesin berbasis air dan uap yang relatif tidak efisien dan boros akan sumber daya. Jalur atau lini perakitan pertama juga dibangun pada era ini, yang semakin mempersingkat proses produksi massal. Produksi massal barang menggunakan jalur perakitan menjadi sesuatu standar produksi.

Era ini juga bisa terlihat adanya evolusi budaya industri yang pertama tama diperkenalkan di Industri 1.0 ke dalam bentuk program manajemen untuk peningkatan efisiensi pabrik. Berbagai teknik manajemen produksi seperti pembagian kerja, manufaktur tepat waktu (*just in time*) dan prinsip *lean manufacturing* mampu menyempurnakan proses yang mengarah pada peningkatan kualitas dan output.

c. Industri 3.0

Industri 3.0 muncul didorong dengan adanya kemajuan industri elektronik dalam beberapa dekade terakhir di abad ke-20. Penemuan dan pembuatan berbagai perangkat elektronik termasuk transistor dan IC (*Integrated Circuit*) atau sirkuit terintegrasi secara otomatis membuat mesin-mesin tersebut secara substansial menghasilkan sesuatu yang membutuhkan lebih sedikit daya, peningkatan kecepatan, akurasi yang lebih besar, dan bahkan penggantian tenaga kerja manusia secara lengkap dalam beberapa kasus. *Programmable Logic Controller* (PLC), yang pertama kali digunakan pada 1960-an adalah salah satu penemuan penting yang menandai otomatisasi berbasis elektronik. Integrasi perangkat keras elektronik ke dalam sistem manufaktur juga menciptakan adanya sistem perangkat lunak untuk memungkinkan bekerjanya perangkat elektronik ini, yang pada akhirnya juga memicu pasar akan pengembangan perangkat lunak. Selain mengendalikan perangkat keras, sistem perangkat lunak juga memungkinkan banyak membantu proses manajemen seperti *enterprise resource planning* (perencanaan sumber daya perusahaan), manajemen inventaris, logistik pengiriman, penjadwalan aliran produk, dan pelacakan di seluruh pabrik. Seluruh industri selanjutnya diotomatisasi menggunakan perangkat elektronik dan Teknologi informasi. Proses otomatisasi dan sistem perangkat lunak terus berkembang seiring dengan kemajuan industri elektronik dan Teknologi informasi. Tekanan untuk semakin mengurangi biaya memaksa banyak produsen

untuk pindah ke negara berbiaya rendah. Juga berkembang konsep *Supply Chain Management* karena adanya suplai bahan baku dan komponen industri dari beberapa lokasi yang tersebar di seluruh dunia

d. Industri 4.0

Berkembangnya industri Internet dan telekomunikasi pada 1990-an merevolusi cara perusahaan untuk saling terhubung dan bertukar informasi. Hal ini juga mengakibatkan perubahan paradigma dalam industri manufaktur dan sistem industri konvensional. Revolusi Industry 4.0 mencakup penggabungan antara industri manufaktur dengan teknologi pintar terbaru. Ada beberapa bidang teknologi yang mendukung Industri 4.0, yaitu *system integration*, *the internet of things*, *cybersecurity*, *the cloud*, *big data analytics*, *simulation*, *additive manufacturing (3d printing)*, *augmented reality*, dan robot (Rübmann et al., 2015).

Kebutuhan industri 4.0 adalah untuk mengkonversi mesin reguler menjadi *self-learning machines* untuk meningkatkan kinerja keseluruhan dan manajemen pemeliharaan dengan interaksi di sekitarnya (Lee, Kao, & Yang, 2014). Industri 4.0 bertujuan untuk membangun platform manufaktur yang terbuka dan cerdas untuk aplikasi informasi jaringan industri (Aiman et al., 2016). Pemantauan data *real time*, pelacakan status dan posisi produk serta untuk memegang instruksi untuk mengendalikan proses produksi adalah kebutuhan utama Industri 4.0 (Almada-Lobo, 2016).

2. Dampak Revolusi Industri 4.0

Konsep Industri 4.0 yang menjadi dasar perkembangan Revolusi Industri Keempat, diperkenalkan oleh Jerman pada tahun 2011 di pameran perdagangan Hannover Messe dan menarik perhatian dunia. Sejak saat itu, efeknya telah terlihat di berbagai bidang, seperti pendidikan, teknologi, dan masyarakat.

a. Pendidikan

Pekerja masa era industri 4.0 harus sangat terlatih dalam teknologi yang baru muncul. Tidak kalah pentingnya adalah memahami nilai-nilai yang terkait dengan penggunaan teknologi tersebut. Di masa depan, pekerja tidak hanya harus memiliki kemampuan untuk mengembangkan teknologi tetapi juga untuk mengetahui apa, kapan, dan di mana harus menggunakan teknologi itu. Pemikiran semacam itu bersifat reflektif dan interdisipliner. Sekolah dan dunia pendidikan harus menemukan kembali jati diri mereka dengan cepat.

Sekolah perlu beradaptasi dengan tuntutan Revolusi Industri 4.0 dan memiliki kewajiban untuk keluar dari cangkang, ruangnya dan mencoba memberikan sebanyak mungkin peluang dengan menciptakan konteks yang memadai bagi siswa untuk siap menghadapi pekerjaan di masa depan. Masalahnya di masa depan bukanlah kurangnya lapangan kerja, tetapi kurangnya keterampilan yang akan dituntut oleh pekerjaan baru. Dengan kata lain, Industri 4.0 akan meminta dunia untuk menghasilkan pekerja jenis baru — tenaga kerja berpengetahuan. Para pemimpin dan manajer industri masa depan harus memiliki perangkat keterampilan baru untuk beradaptasi, mengelola, dan memanfaatkan Industri 4.0. Manajer harus menjadi pemikir kritis, pemecah masalah, inovator, komunikator, dan memberikan kepemimpinan berbasis nilai. Para pemimpin bisnis, pendidik, dan pemerintah semua harus proaktif dalam meningkatkan keterampilan dan melatih kembali orang-orang sehingga semua orang dapat memperoleh manfaat dari Revolusi Industri Keempat (Alex Gray, 2016) Manajer harus dapat melihat di luar teknologi yang berperan pada implikasi bagi masyarakat untuk penggunaan teknologi itu. Ciri-ciri ini adalah definisi dari pekerja yang pengetahuan. Mereka harus mengetahui teknologinya tetapi mampu memenuhi dan menyelesaikan semua aspek tantangan yang ditimbulkan oleh teknologi ini.

b. Teknologi

Boston Consulting Group yang merupakan perusahaan manajemen konsultasi level global menunjukkan bahwa ada sembilan kemajuan teknologi yang mengubah produksi suatu industri di dalam sebuah laporan berjudul "Industri 4.0: Masa Depan Produktivitas dan Pertumbuhan di Industri Manufaktur" dengan menggunakan studi kasus dari Jerman (Rüßmann, 2015). Kemajuan teknologi bisa disebut sebagai sembilan pilar utama Revolusi Industri 4 atau Industri 4.0.

c. Masyarakat

Salah satu dampak terbesar dari Industri 4.0 akan terjadi pada pola kehidupan masyarakat karena dengan adanya perkembangan teknologi, gaya hidup orang juga berubah. Perubahan pola atau cara hidup tercermin sebagai perubahan radikal dalam masyarakat. Dapat diamati bahwa masyarakat telah dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, karena setiap manusia harus mengintegrasikan hidupnya dengan perubahan-perubahan tersebut yang tentunya memiliki dampak positif dan negatif. Oleh karena kemajuan teknologi membawa

kecepatan maka komunikasi cepat dan transportasi cepat dapat terealisasi. Sementara situasi ini telah meningkatkan cara berkomunikasi masyarakat, akan tetapi tidak diimbangi dengan kebenaran informasi dan banyaknya sumber data terpercaya pada saat yang sama. Penerapan teknologi baru mungkin menimbulkan masalah, seperti kehilangan kepribadian dan timbulnya rasa malas pada masyarakat. Ini dapat dianggap sebagai efek negatif dari Industri 4.0 pada masyarakat. Di sisi lain, Industri 4.0 juga memiliki dampak positif. Teknologi ini telah meningkatkan pengembangan budaya karena menyediakan akses yang lebih mudah ke bidang yang diminati. Karena pengembangan teknologi membantu orang menghemat waktu, mereka dapat meluangkan waktu untuk pengembangan diri. Kemudahan telah meningkat di banyak bidang kehidupan masyarakat.

Dengan integrasi teknologi baru ke dalam cara hidup Industri 4.0 dan pengenalan Society 5.0, yang perlu dilakukan semua orang adalah memperbarui atau mengubah semua yang berlaku selama ini. Pekerjaan baru muncul untuk beradaptasi dengan inovasi atau perubahan ini. Sementara beberapa pekerjaan sudah tidak relevan atau hilang, dan beberapa pekerjaan menjadi idola atau banyak peminat. Transformasi era industri ini sebenarnya tercermin di semua bidang masyarakat. Misalnya, dalam bidang akademis, matakuliah Industri 4.0 telah ditambahkan oleh beberapa sekolah di tingkat perguruan tinggi. Pekerjaan yang muncul karena adanya industri 4.0 yang dinyatakan dalam beberapa sumber, salah satu sumbernya menyebutkan sebagai berikut:

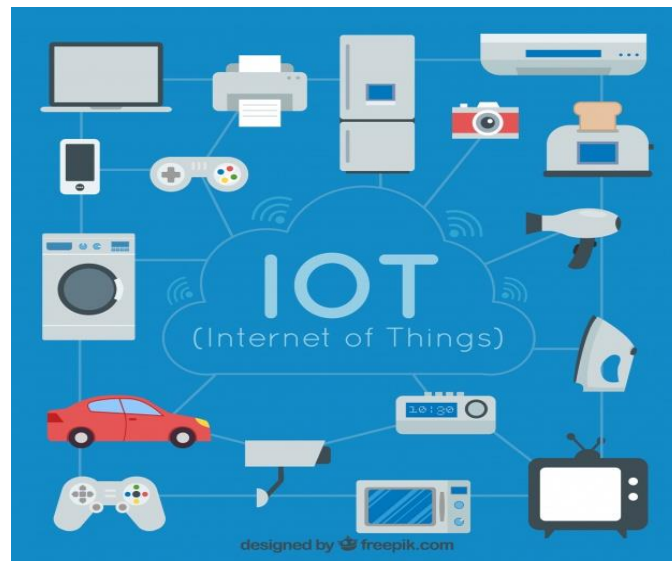
- 1) *Industrial Data Scientist*: Profesi ini didasarkan pada pekerjaan manajemen Big Data. Bertugas menganalisis data dan bekerja untuk membuat hasil analisis berguna bagi perusahaan.
- 2) *Robot Coordinator* (Koordinator Robot): bertugas melakukan tugas mengawasi robot produksi dan memastikan pemeriksaan rutin terhadap robot.
- 3) *Cloud Computing expertise* (Keahlian Komputasi Awan) : bertugas memastikan bahwa komputasi awan berfungsi tanpa masalah sehingga bahwa semua data dari titik mana pun dapat diakses dengan server internet yang persisten.
- 4) *Wearable Technology Design* (Desain Teknologi yang Dapat Dipakai): bekerja dengan menggunakan kemajuan teknologi untuk mendisain produk yang dapat dikenakan, dan pada saat yang sama juga dapat dirancang sesuai dengan permintaan pelanggan.
- 5) *3-D Printer Engineering*: bertugas melakukan tugas mengembangkan alat printer baru

3. Pilar-pilar Fungsional Revolusi Industri 4.0

Pilar-pilar fungsional di era Revolusi Industri 4.0 merupakan teknologi baru yang dapat digunakan untuk meningkatkan semua bidang proses produksi, meliputi:

a. *The Internet of Things*

Konsep teknologi IoT pada dasarnya adalah menghubungkan perangkat apa pun dengan sakelar on dan off ke Internet. *Internet of Things* (IoT) sebagai keinginan bahwa semua perangkat melakukan komunikasi satu sama lain dalam jaringan, memadukan dunia virtual dengan dunia nyata (Zhou, Liu, & Zhou, 2016). Selain itu, dapat digambarkan sebagai sistem di mana piranti elektronik (RFID, tag, sensor) tertanam dalam perangkat elektronik kemudian dihubungkan dengan Internet (Shrouf, Ordieres, & Miragliotta, 2014). Perangkat elektronik mencakup segala sesuatu mulai dari ponsel, pembuat kopi, mesin cuci, headphone, lampu, perangkat yang dapat dipakai dan hampir semua hal lain yang dapat selama ini ada di sekitar manusia. Hal ini juga berlaku untuk komponen mesin, misalnya mesin jet dari pesawat terbang atau alat bor untuk rig minyak. Jika sistem tersebut atau alat memiliki saklar on dan off maka kemungkinan itu bisa menjadi bagian dari IoT. Skema IoT dapat digambarkan seperti Gambar 2.



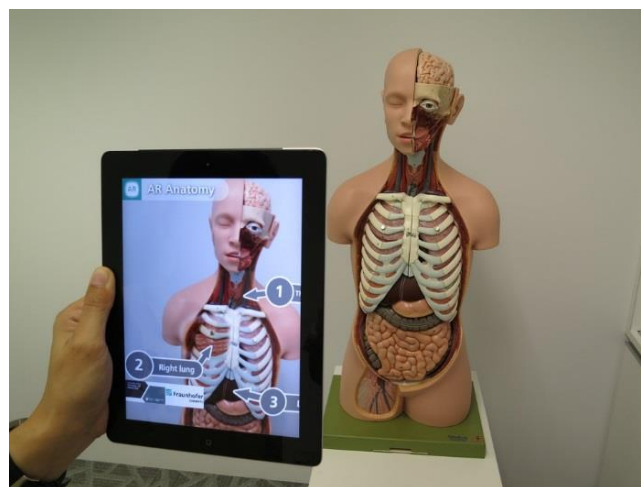
Gambar 2. Skema *Internet of Things*

Industri Internet of Things (IIoT) mengacu pada aplikasi terkait IoT yang digunakan dalam industri. Piranti dengan sensor tertanam yang di dalamnya mengandung informasi terkoneksi ke jaringan yang dapat memberikan peningkatan proses bisnis yang dapat

mengakibatkan turunnya biaya dan risiko (Chui, Löffler, & Roberts, 2010). Salah satu manfaat aplikasi IoT dalam manajemen operasi rantai pasokan adalah visibilitas yang dapat meningkatkan transparansi rantai pasokan (Sun, 2012). Selain itu, aplikasi ini dapat memberikan *real time* manajemen, kelincahan tinggi, respons terhadap perubahan permintaan pasar dengan cepat, dan integrasi lengkap. Meskipun aplikasi IIoT menawarkan beberapa keuntungan bagi perusahaan, keamanan dan perlindungan data adalah masalah yang terkait dengan IoT dan IIoT.

b. *Augmented Reality*

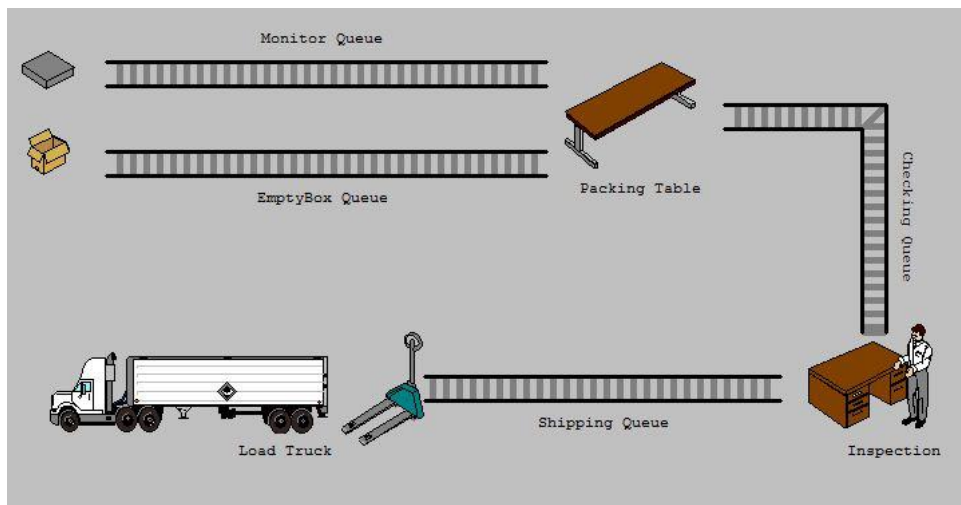
Augmented reality (AR) adalah teknologi yang memperluas dunia fisik kita, menambahkan lapisan informasi digital ke dalamnya (Van Krevelen & Poelman, 2010). Tidak seperti *Virtual Reality* (VR), AR tidak menciptakan lingkungan artificial untuk menggantikan yang nyata dengan yang virtual. AR muncul di tampilan perangkat elektronik dari lingkungan yang ada dengan menambahkan suara, video, grafik ke dalamnya seperti terlihat pada Gambar 3. Dalam waktu tidak terlalu lama sebagian besar perusahaan akan menggunakan teknologi AR secara ekstensif untuk meningkatkan diri. Terutama teknologi ini akan banyak digunakan di bidang-bidang seperti desain industri dan pemasaran. Teknologi ini pada dasarnya memastikan untuk menghasilkan produk dan gagasan inovatif baru yang lebih luas.



Gambar 3. *Augmented Reality*

c. *Simulation*

Simulasi adalah proses menciptakan suatu lingkungan dengan mentransfer data aktual ke sistem komputer. Simulasi memberikan keuntungan dalam hal waktu, biaya dan manajemen risiko karena dapat membuat pengembangan proses dapat dilacak (Barlas & Heavey, 2016). Lingkungan atau proses kerja suatu sistem yang bisa dibuat simulasi seperti operasi sehari-hari suatu bank, menjalankan jalur produksi di suatu pabrik atau situasi kerja staf di rumah sakit. Contoh simulasi proses pengepakan di suatu pabrik bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Simulasi Shippingbox di Pabrik

d. *Additive Manufacturing*

Additive Manufacturing atau Manufaktur aditif, juga dikenal sebagai *3D printing* (cetakan 3D), adalah pendekatan baru yang bersifat transformatif untuk proses produksi di industri yang memungkinkan terciptanya komponen dan sistem yang lebih ringan dan kuat. Proses ini adalah satu lagi kemajuan teknologi yang dimungkinkan oleh transisi dari teknologi analog ke teknologi digital. Dalam beberapa dekade terakhir, telekomunikasi, pencitraan, arsitektur dan bidang rekayasa masing masing telah mengalami revolusi digital. Pada saat ini *Additive manufacturing* (AM) dapat menghadirkan fleksibilitas dan efisiensi digital untuk proses produksi di pabrik.

Additive manufacturing menggunakan data perangkat lunak Perancangan berbantuan komputer (*computer-aided-design* atau CAD) atau scanner objek 3D untuk memindai suatu piranti agar mampu menyimpan data mengenai bahan, lapis demi lapis dalam bentuk geometris yang tepat. Seperti namanya, AM mampu membuat obyek benda dengan data yang didapatkan

dari pemindaian tadi. Proses Printing dapat dilihat pada Gambar 5. Meskipun istilah *3D printing* dan *rapid prototyping* biasanya digunakan untuk menggantikan istilah *Additive Manufacturing*, sebenarnya kedua proses tadi adalah bagian dari *Additive manufacturing*.



Gambar 5. 3D Printing

Sementara pembuatan aditif tampaknya baru bagi banyak orang, sebenarnya sudah ada selama beberapa dekade. Dengan teknologi AM yang menggantikan proses produksi tradisional, itu membuat produksi lebih terspesialisasi dan menghasilkan jumlah produksi yang lebih kecil dan produk khusus melayani pesanan personal pelanggan secara efisien (Calignano et al., 2017).

e. *System Integration*

System Integration (integrasi sistem) didefinisikan dalam bidang rekayasa sebagai proses menyatukan sub-sistem komponen ke dalam satu sistem (agregasi dari subsistem yang bekerja sama sehingga sistem mampu memberikan fungsi menyeluruh) dan memastikan bahwa subsistem berfungsi bersama sebagai suatu sistem dan dalam di dalam bidang teknologi informasi sebagai proses menghubungkan bersama berbagai sistem komputasi dan aplikasi perangkat lunak secara fisik atau fungsi untuk bisa berjalan dengan terkoordinasi secara keseluruhan.

f. *Cloud Computing*

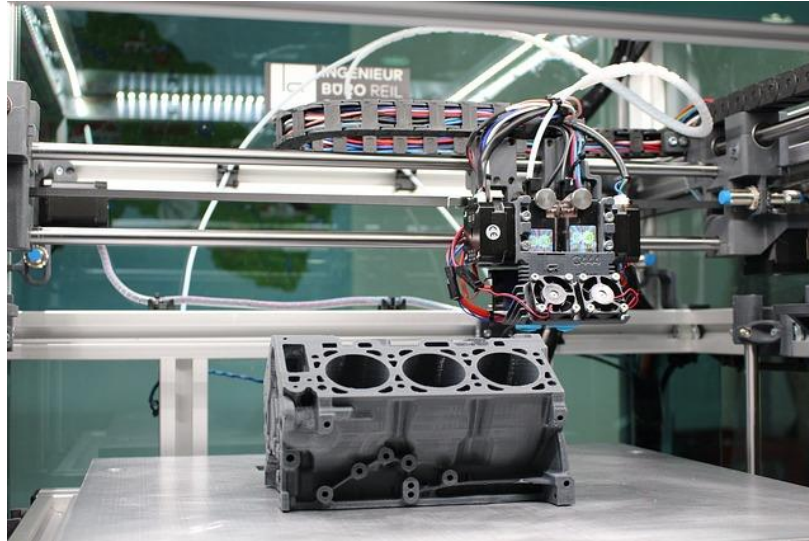
Penggunaan server yang jaraknya secara fisik bisa jauh dari pengguna dengan mekanisme *hosting* dan tersambung ke Internet untuk menyimpan, mengelola, dan memproses data, bukan server lokal dan bukan komputer pribadi. Skema infrastruktur cloud computing dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Cloud Computing

g. *Autonomous Systems*

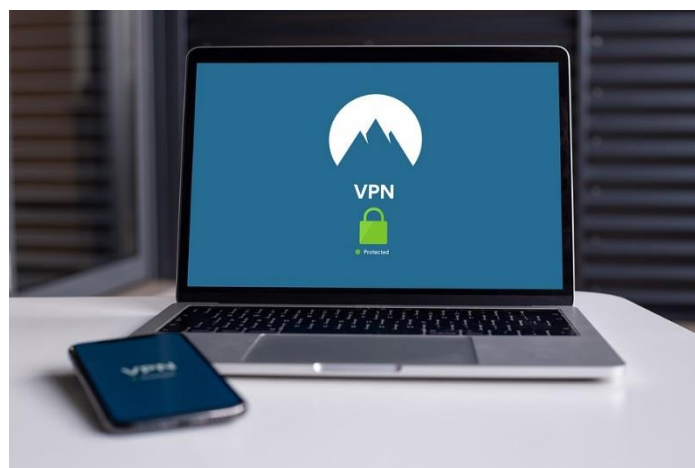
Peranan Robot telah dipakai dalam sistem manufaktur untuk waktu yang lama, dengan revolusi industri 4.0 maka teknologi robot tidak sesederhana sebelumnya. Robot terbaru bersifat lebih mandiri, interaktif, fleksibel, dan kooperatif. Autonomus sistem yang biasanya berujud robot cerdas bisa digambarkan pada gambar 5.



Gambar 7. *Autonomous Robot*

h. *Cybersecurity*

Keadaan dimana *user* terlindungi terhadap kejahatan atau penggunaan data elektronik yang tidak sah, atau tindakan ilegal yang diambil untuk mencapai hal ini. Diharapkan bahwa ketika jumlah perusahaan saling terhubung melalui IoT meningkat, jumlah serangan dunia maya juga akan meningkat (Ervural & Ervural, 2018). Situasi ini membawa *Cybersecurity* dalam agenda yang penting dalam revolusi industri 4.0. Salah satu mekanisme pengamanan adalah menggunakan Virtual Private Network seperti terlihat pada Gambar 8.



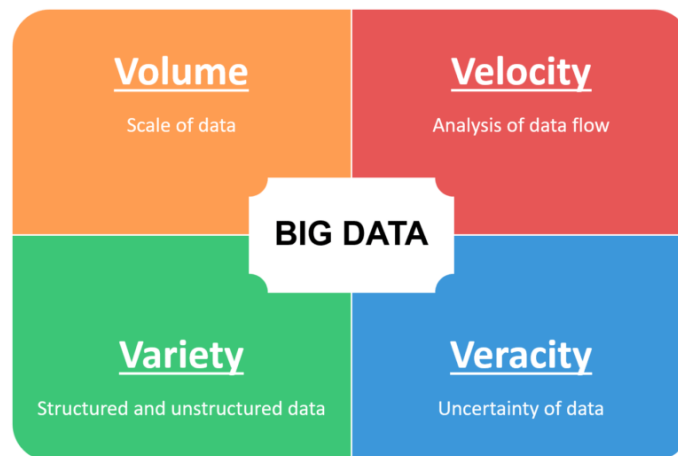
Gambar 8. Aplikasi VPN untuk keamanan

i. *Big Data Analytics*

Big Data telah berada pada ranah *data mining* sejak orang-orang mulai membuat konten dan mempublikasikannya melalui jejaring sosial. Tren ini juga disebut era web 2.0 sejak akhir 2004 (Graham, 2005). Banyak organisasi penelitian dan perusahaan fokus pada topik penelitian baru ini, dan sebagian besar fokus pada *data mining* sosial dan komersial (prediksi penjualan, sistem rekomendasi, opini mining, *user relationship mining and clustering*, dll.(Al-Noukari & Al-Hussan, 2008; Cohen, Dolan, Dunlap, Hellerstein, & Welton, 2009; Provost & Fawcett, 2013).

Big Data Analytics melakukan pemeriksaan banyak data untuk mengungkap pola tersembunyi, korelasi antar data dan informasi lainnya. Data yang jumlahnya besar dan kompleks dihasilkan oleh elemen-elemen Industri 4.0, termasuk peralatan, mesin, proses produksi, aplikasi, produk dan layanan. Analisis diperlukan untuk mengekstrak nilai dari data yang jumlahnya sangat besar, yaitu disebut sebagai Big Data. Analisis Big Data dapat dipakai dan memungkinkan untuk mengoptimalkan proses, mengurangi biaya, dan meningkatkan efisiensi operasional (Zhou et al., 2016).

Big Data memiliki empat karakteristik utama yang merupakan keunggulan sekaligus tantangan yang dihadapi dalam inisiatif big data. Empat karakteristik ini juga dikenal sebagai 4V *Big Data* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Karakteristik 4V *Big Data*

- 1) *Volume* - *Volume* adalah yang paling sering dikaitkan dengan data besar - jumlah data bisa besar sehingga dapat mencapai proporsi yang tidak dapat dipahami. Sebagai contoh, Facebook menyimpan lebih dari 250 miliar gambar yang diunggah oleh orang-orang, selain

semua posting individu (lebih dari 2,5 triliun posting). Secara keseluruhan, hampir 2,5 exabytes (1 Exabyte = 10^9 Gigabytes) data sedang diproduksi setiap hari. Dan, total data di dunia diperkirakan akan mencapai 44 zettabytes (1 Zettabyte = 10^{12} Gigabytes) pada tahun 2020.

- 2) *Velocity* - *Velocity* adalah ukuran seberapa cepat data dihasilkan dan dikumpulkan. Misalnya, di Facebook, lebih dari 350 juta foto diunggah setiap hari. Data ini perlu dikumpulkan, disimpan, diajukan, dan tersedia untuk diambil kapan pun diperlukan. Kecepatan data menyoroti kebutuhan untuk memproses data dengan cepat, dan yang paling penting, menggunakannya dengan kecepatan yang lebih cepat daripada sebelumnya. Banyak tipe data memiliki umur simpan terbatas dan nilainya dapat dikurangi dengan sangat cepat. Misalnya, untuk meningkatkan penjualan dalam bisnis ritel, produk yang tidak tersedia harus diidentifikasi dalam hitungan menit, bukan beberapa hari atau minggu.
- 3) *Variety* - Data dapat datang dalam semua bentuk - foto, video, data sensor, tweet, paket terenkripsi, dan sebagainya. Data tidak selalu terakumulasi dalam bentuk baris dan kolom dalam database - data dapat terstruktur atau tidak terstruktur. Dengan peningkatan sumber data, ada lebih banyak jenis data dalam berbagai format - dari dokumen dan basis data tradisional, hingga data semi-terstruktur dan tidak terstruktur termasuk aliran klik, data lokasi GPS, dan aplikasi media sosial. Format data yang berbeda berarti lebih sulit untuk mendapatkan nilai dari data karena semuanya harus diekstraksi untuk diproses dengan cara yang berbeda.
- 4) *Veracity* - *Veracity* data adalah tingkat di mana data akurat, tepat, dan tepercaya. Ini mengacu pada bias, kebisingan, dan kelainan dalam data. Untuk menghindari akumulasi 'data kotor' di sistem maka perlu memiliki strategi untuk menjaga agar data tetap dapat digunakan. Memiliki data yang beragam dan berantakan membutuhkan banyak pembersihan. Memperoleh dan membersihkan kumpulan data yang masih beragam dan berantakan akan membutuhkan waktu yang lebih banyak bagi seorang *data scientist* dibandingkan menggunakan keterampilan investigasinya (statistik, pembelajaran mesin, dan algoritma).

4. Isu dan Tantangan di Era Industri 4.0

Penemuan teknologi baru telah membuat pengembangan industri dari adopsi awal sistem mekanis, hingga ke arah otomatisasi saat ini, agar responsif dan adaptif terhadap kebutuhan dan tuntutan pasar yang dinamis saat ini. Ada beberapa tantangan dan masalah mendasar yang dapat terjadi selama implementasi industri 4.0:

- a. *Intelligent Decision-Making and Negotiation Mechanism*, di era Industri 4.0 perusahaan dituntut dalam sistem pengambilan keputusan yang cepat dan optimal. Pada sistem perusahaan yang cerdas dibutuhkan lebih banyak kemampuan otonomi dan sosial sebagai faktor kunci dari sistem yang terorganisir sendiri sehingga dapat melakukan pengambilan keputusan (Wang, Wan, Li, & Zhang, 2016).
- b. *Manufacturing Specific Big Data and Analytics* merupakan tantangan untuk memastikan kualitas tinggi dan integritas data yang direkam dari sistem pabrik. Anotasi entitas data sangat beragam dan merupakan tantangan yang semakin besar untuk menggabungkan beragam repositori data dengan semantik berbeda untuk analitik data lanjutan (Thoben, Wiesner, & Wuest, 2017).
- c. *System Modeling and Analysis*, dalam pemodelan sistem, untuk mengurangi persamaan dinamis dan menyimpulkan model kontrol yang tepat, sistem harus dimodelkan sebagai sistem manufaktur yang terorganisir sendiri. Perlu dikembangkan untuk sistem yang kompleks (Wang et al., 2016).
- d. *Cyber Security*, faktor keamanan *cyber* menjadi penting seiring dengan peningkatan konektivitas dan penggunaan protokol komunikasi standar di era Industry 4.0. Kebutuhan untuk melindungi data dan sistem perusahaan dari ancaman keamanan *cyber* meningkat secara dramatis (Rüßmann, 2015).
- e. *Investment Issues*, masalah investasi adalah masalah yang agak umum bagi sebagian besar pelaku bisnis berbasis teknologi baru di bidang manufaktur. Investasi signifikan yang diperlukan untuk mengimplementasikan industri 4.0 pada awalnya adalah berupa UKM, nyatanya implementasi semua pilar industri 4.0 membutuhkan sejumlah besar investasi untuk suatu industri (Calero Valdez, Brauner, Schaar, Holzinger, & Ziefle, 2015).

5. Ringkasan

Penggunaan teknologi Industri 4.0 membawa berbagai manfaat bagi perusahaan. Meskipun evolusi Industry 4.0 dikaitkan dengan perubahan teknologi dalam industri

manufaktur, teknologi tersebut memiliki efek penting pada masyarakat. Meskipun ada kekhawatiran bahwa teknologi yang digunakan dalam produksi akan membawa masalah yang akan berdampak negatif pada masyarakat, seperti pengangguran, penting juga untuk mempertimbangkan bahwa model bisnis baru akan muncul, inovasi harus diterapkan di bidang pendidikan agar untuk melengkapi tenaga kerja dengan keterampilan yang dibutuhkan oleh konsep ini

6. Latihan

- 1) Penemuan apakah yang mengawali penciptaan produksi massal untuk pertama kalinya pada saat Revolusi Industri 2.0?
 - a) Komputer
 - b) Telepon
 - c) Listrik
 - d) Mesin Uap
 - e) Internet
- 2) Apa maksud dari pernyataan “Revolusi Industri 4.0”?
 - a) Mengembangkan mesin-mesin bertenaga air dan uap untuk membantu para pekerja
 - b) Menggunakan listrik lebih banyak dari pada tenaga uap atau air karena produksi difokuskan ke satu mesin.
 - c) Mengotomasi mesin-mesin individual untuk mengganti operator
 - d) Mengotomasi mesin-mesin individual untuk melengkapi operator
 - e) Mengotomasi proses manufaktur yang berbasis internet atau jaringan wireless
- 3) Berikut termasuk empat pilar fungsional Industri 4.0, kecuali _____
 - a) Internet of Things (IoT)
 - b) Tecnical Assistance
 - c) Big Data
 - d) Artificial Intelligence
 - e) Social Media
- 4) Apa kelebihan utama Industri 4.0?
 - a) Peningkatan produktivitas dan efisiensi
 - b) Biaya implementasi yang rendah

- c) Menciptakan lebih banyak lowongan untuk pekerja
 - d) Tidak ada risiko peretasan ke jaringan internal
 - e) Dapat menciptakan produk dalam skala besar
- 5) Manakah di bawah ini yang dinilai sebagai tantangan Industry 4.0?
- a) Banyak orang sudah terhubung pada internet
 - b) Manusia terancam digantikan dengan robot
 - c) Melahirkan keterampilan baru untuk penelitian
 - d) Pasar Industri semakin melejit

A. Referensi

- Aiman, M., Bahrin, K., Othman, F., Hayati, N., Azli, N., & Talib, F. (2016). Jurnal Teknologi Full Paper INDUSTRY 4.0: A REVIEW ON INDUSTRIAL AUTOMATION AND ROBOTIC, 78, 2180–3722. Retrieved from www.jurnalteknologi.utm.my
- Alex Gray, *The 10 Skills You Need to Thrive in the Fourth Industrial Revolution* | World Economic Forum, The World Economic Forum, last modified 2016, accessed June 20, 2020, <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-10-skills-you-need-to-thrive-inthe-fourth-industrial-revolution/>.
- Al-Noukari, M., & Al-Hussan, W. (2008). Using data mining techniques for predicting future car market demand. *2008 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, ICTTA*, (May 2008). <https://doi.org/10.1109/ICTTA.2008.4530367>
- Almada-Lobo, F. (2016). The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16–21. https://doi.org/10.24840/2183-0606_003.004_0003
- Barlas, P., & Heavey, C. (2016). Automation of input data to discrete event simulation for manufacturing: A review. *International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing*. <https://doi.org/10.1142/S1793962316300016>
- Calero Valdez, A., Brauner, P., Schaar, A. K., Holzinger, A., & Ziefle, M. (2015). Reducing Complexity with Simplicity - Usability Methods for Industry 4.0. *19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2015)*, (August), 1–8. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4253.6809>

- Calignano, F., Manfredi, D., Ambrosio, E. P., Biamino, S., Lombardi, M., Atzeni, E., ... Fino, P. (2017). Overview on additive manufacturing technologies. *Proceedings of the IEEE*. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2016.2625098>
- Chui, M., Löffler, M., & Roberts, R. (2010). The internet of things. *McKinsey Quarterly*.
- Cohen, J., Dolan, B., Dunlap, M., Hellerstein, J. M., & Welton, C. (2009). MAD skills: New analysis practices for big data. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 2(2), 1481–1492. <https://doi.org/10.14778/1687553.1687576>
- Ervural, B. C., & Ervural, B. (2018). Overview of Cyber Security in the Industry 4.0 Era. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_16
- Graham, P. 2005. *Web 2.0*. Consultado (21/12/2008) en: <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/Web20.htm>.
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*, 16, 3–8. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Lukac, D. (2016). The fourth ICT-based industrial revolution “industry 4.0” - HMI and the case of CAE/CAD innovation with EPLAN P8. In *2015 23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015*. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2015.7377595>
- Provost, F., & Fawcett, T. (2013). Data Science and its Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making. *Big Data*, 1(1), 51–59. <https://doi.org/10.1089/big.2013.1508>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: World Economic Forum. *The Boston Consulting Group*, 1–20. Retrieved from https://www.bcgperspectives.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm80-185183.pdf
- Rüßmann, M. et al. (2015). Future of Productivity and Growth in Manufacturing. *Boston Consulting*. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Shrouf, F., Ordieres, J., & Miragliotta, G. (2014). Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm. In *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058728>
- Sun, C. (2012). Application of RFID Technology for Logistics on Internet of Things. *AASRI Procedia*. <https://doi.org/10.1016/j.aasri.2012.06.019>

- Thoben, K. D., Wiesner, S. A., & Wuest, T. (2017). "Industrie 4.0" and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4–16. <https://doi.org/10.20965/ijat.2017.p0004>
- Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1–20. <https://doi.org/10.20870/ijvr.2010.9.2.2767>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2016). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In *2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD 2015*. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>