



# ORASIO

DIES NATALIS XXIV FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

20 April 2017



## INDUSTRY 4.0

Ancaman, Tantangan, atau Kesempatan?

Sebuah introspeksi menyambut kemajuan teknologi saat ini

Orator : Dr. Ir. Ali Sadiyoko, M.T.

**Bakuning Hyang Mrih Guna Santyaya Bhakti**

Berdasarkan Ketuhanan Menuntut ilmu untuk Dibaktikan kepada Masyarakat



# **Industry 4.0: Ancaman, Tantangan atau Kesempatan?**

*Sebuah introspeksi menyambut kemajuan  
teknologi saat ini.*

**Dr. Ir. Ali Sadiyoko, M.T.**  
(Teknik Mekatronika)

Oratio Dies pada :  
Dies Natalis XXIV  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Katolik Parahyangan  
20 April 2017



**Fakultas Teknologi Industri**  
Universitas Katolik Parahyangan  
2017



## Abstrak

Istilah "*Industry 4.0*" pertama kali muncul tahun 2011 di Jerman. *Industry 4.0* adalah sebuah konsep yang merujuk pada tahapan "Revolusi Industri ke-4", yang sebenarnya sedang dan mulai terjadi saat ini. Istilah ini sebenarnya sama dengan istilah *Industrial Internet of Things* (IIoT) di Amerika Serikat. Baik *Industry 4.0* maupun IIoT, kedua konsep ini memandang bahwa memang telah terjadi perubahan mendasar pada teknologi produksi yang ditunjang oleh pengembangan teknologi internet yang sangat ekstensif sejak dekade 80-an. Dimana penggunaan komputer dan jaringan internet dimanfaatkan secara masif dan intensif di dalam proses-proses produksi.

Dalam kerangka kerja *Industry 4.0* ini, perusahaan-perusahaan akan membangun jaringan global yang menggabungkan mesin-mesin produksi, sistem pergudangan dan fasilitas produksi dalam bentuk *Cyber-Physical System* (CPS). Dalam lingkungan manufaktur, CPS akan terdiri mesin-mesin pintar, sistem penyimpanan dan fasilitas produksi secara mandiri mampu bertukar informasi, melakukan tindakan dan mengendalikan proses produksi satu sama lain secara independen.

*Industry 4.0* didorong oleh empat kelompok teknologi yang juga sedang berkembang saat ini. Kelompok pertama terdiri dari data, daya komputasi, dan konektivitas; kelompok kedua adalah kelompok teknologi analisis data dan intelijen; kelompok ketiga adalah interaksi manusia-mesin; serta yang keempat adalah konversi digital-ke-fisik. Keempat *enabler* ini berada pada titik kritis saat ini, sehingga sekaranglah waktu yang tepat bagi perusahaan manufaktur untuk memutuskan bagaimana menanggapi kemajuan ini.

Dan sebagai bagian dari institusi pendidikan tinggi yang bertugas menyiapkan tenaga kerja profesional yang harus sesuai dengan kebutuhan industri, sudah sewajarnya Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan juga ikut waspada menghadapi gelombang kemajuan teknologi di industri ini. Kemajuan memang tidak perlu ditakuti, karena itu merupakan sebuah keniscayaan. Namun tanpa persiapan yang matang dan pemahaman mendalam, dapat membuat

fakultas yang kita cintai ini tertinggal jauh dari fakultas sejenis di institusi lain.

Menimbang bahwa akan ada tantangan besar di masa depan, yang tidak terlalu lama lagi terjadi, maka pada Oratio Dies XXIV Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan kali ini, akan disajikan tentang apa itu *Industry 4.0*, sektor apa saja yang akan terpengaruh, apa perkiraan dampaknya bagi UNPAR dan FTI khususnya, serta usulan tentang langkah apa saja yang harus kita lakukan.

Semoga, dengan mengenal apa itu *Industry 4.0*, FTI UNPAR mampu mempersiapkan dirinya menghadapi kemajuan industri ini dan mampu lebih cepat berkembang lagi dengan memanfaatkan perkembangan teknologi yang ada di dalam konsep *Industry 4.0* ini.

**Kata kunci:** revolusi industri, *internet of things*, *industrial internet of things cyber-physical systems*, komunikasi dan kerja-sama.

## Daftar Isi

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Pendahuluan . . . . .                               | 1  |
| 2  | Tahapan Revolusi Industri . . . . .                 | 2  |
| 3  | <i>Industry 4.0</i> . . . . .                       | 8  |
| 4  | Teknologi Pendukung <i>Industry 4.0</i> . . . . .   | 12 |
| 5  | Implementasi <i>Industry 4.0</i> di Eropa . . . . . | 25 |
| 6  | Posisi Indonesia saat ini . . . . .                 | 26 |
| 7  | Teknologi digital di Indonesia . . . . .            | 29 |
| 8  | Apa langkah selanjutnya? . . . . .                  | 30 |
| 9  | <i>Education 4.0</i> . . . . .                      | 31 |
| 10 | Dampak bagi FTI UNPAR . . . . .                     | 35 |
| 11 | Kesimpulan . . . . .                                | 36 |



# 1 Pendahuluan

Tanpa kita disadari, sejak istilah *Internet of Things* digulirkan Kevin Ashton di tahun 2002, perkembangan teknologi internet mulai memasuki proses-proses produksi pada industri di negara-negara industri maju, terutama di Amerika Serikat dan Eropa. Istilah IoT ini awalnya hanya mengacu pada sebuah cara baku bagi komputer untuk dapat memahami dunia nyata di sekitarnya secara mandiri. Pada awal perkembangannya, konsep IoT ini kemudian dijabarkan ke dalam penggunaan komputer di berbagai sistem/ kebutuhan manusia, yang pada intinya adalah "penggunaan komputer di mana dan untuk apa saja" (*ubiquitous computing*). Pada tahun 2009 dibentuklah Komisi Negara-negara Eropa yang khusus dibentuk untuk merumuskan kembali definisi IoT ini, yang lebih lanjut didefinisikan sebagai sebuah tahap evolusi berikutnya dari Internet, dengan hal yang paling mendasar adalah perubahan "dari hanya sekedar jaringan dari serangkaian komputer yang saling terhubung menjadi jaringan dari serangkaian objek/ benda yang saling terhubung". [1]

Industry 4.0 didorong oleh empat kelompok teknologi yang juga sedang berkembang saat ini. Kelompok pertama terdiri dari data, daya komputasi, dan konektivitas; kelompok kedua adalah kelompok teknologi analisis data dan intelijen; kelompok ketiga adalah interaksi manusia-mesin (mis: teknologi antarmuka dan *augmented reality*); serta yang keempat adalah konversi digital-ke-fisik. Sistem robotika yang canggih serta teknologi pencetakan 3 dimensi (*additive manufacturing*) adalah contoh teknologi yang ada pada kelompok keempat ini. Jika keempat teknologi *enabler* ini disatukan, maka terbentuklah sebuah era baru dalam teknologi proses manufaktur. Ciri khas yang akan muncul dalam era baru ini adalah munculnya "pabrik-pabrik cerdas" (*smart factories*), yang memungkinkan sebuah pabrik tetap dapat memenuhi permintaan khusus dari seorang pelanggan dengan tetap menjaga tingkat keuntungannya.

Dalam *Industry 4.0*, proses bisnis dan teknik bergerak sangat dinamis sehingga memungkinkan terjadinya perubahan proses, bahkan hingga saat-saat akhir sebuah proses produksi. Sistem ini juga memiliki kemampuan untuk merespon terjadinya gangguan dan kegagalan

## Industry 4.0

secara fleksibel, misalnya gangguan akibat terlambatnya pasokan dari *supplier*. Transparansi proses dari awal hingga akhir tersedia selama proses manufaktur, sehingga dapat memfasilitasi proses pengambilan keputusan secara optimal. *Industry 4.0* juga akan menghasilkan cara-cara baru untuk menciptakan nilai dan model bisnis baru. Secara khusus, hal ini akan menciptakan banyak usaha *start-up* dan usaha kecil dengan kesempatan untuk mengembangkan dan menyediakan layanan di sisi hilir produksi.[2]

Namun sebelum kita melangkah lebih jauh mengenai *Industry 4.0*, ada baiknya kita melihat kembali tahapan perkembangan teknologi industri yang telah terjadi.

## 2 Tahapan Revolusi Industri

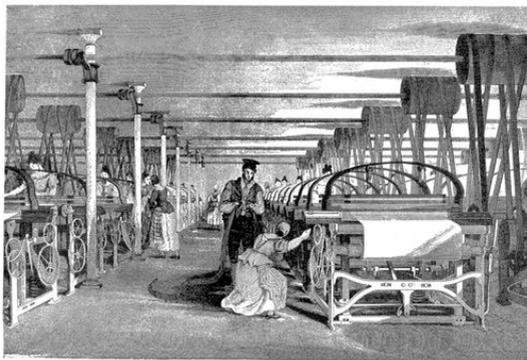
Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa tahapan revolusi industri yang telah terjadi, dari sejak penemuan mesin tenun mekanik hingga era *Internet of Things* saat ini.

### *Revolusi Industri I*

**Revolusi industri pertama** dimulai di Inggris pada tahun 1784, ketika Edmund Cartwright menciptakan mesin tenun mekanik bertenaga uap. Walaupun mesin uap diciptakan pertama kalinya oleh James Watt pada tahun 1781, namun aplikasi mesin ini untuk menggerakkan mesin tenun inilah yang dianggap memulai tahapan industri baru. Banyak sekali perubahan yang terjadi akibat penemuan ini, termasuk perubahan metode produksi dari manual (menggunakan tangan) menjadi proses produksi menggunakan mesin, tumbuhnya industri kimia dan proses produksi besi, meningkatnya efisiensi tenaga air, meningkatnya penggunaan tenaga uap, pengembangan peralatan mesin dan munculnya sistem pabrik. Pada saat itu, industri tekstil adalah industri yang paling dominan dari Revolusi Industri dalam hal pekerjaan, nilai output produksi dan modal yang diinvestasikan. Industri tekstil jugalah yang pertama menggunakan metode produksi modern, melalui peran Edmund Cartwright.

Revolusi Industri menandai titik balik penting dalam sejarah; hampir setiap aspek kehidupan sehari-hari terpengaruh oleh revolusi ini. Pendapatan rata-rata dan jumlah penduduk mulai menunjukkan pertumbuhan yang berkelanjutan, sesuatu hal yang belum pernah terjadi sebelumnya. Dampak utama dari Revolusi Industri adalah bahwa standar hidup untuk masyarakat umum mulai meningkat secara konsisten untuk pertama kalinya dalam sejarah. Kira-kira pada saat yang sama dengan terjadinya Revolusi Industri, Inggris juga mengalami revolusi di bidang pertanian. Hal ini sangat membantu rakyat Inggris dalam meningkatkan standar hidupnya dan juga memberikan surplus tenaga kerja untuk industri.

Industri tekstil dengan menggunakan mesin-mesin mekanik mulai menyebar ke benua Eropa pada awal abad ke-19, dengan pusat-pusat penting tekstil, besi dan batu bara di Belgia dan Perancis. Sejak itulah industrialisasi tersebar di hampir seluruh dunia. Mengam



**Gambar 1:** Suasana pabrik tekstil di tahun 1835. [3]

banyak sekali dampak sosial yang ditimbulkan oleh adanya revolusi industri ini. Namun, seiring dengan tingkat kesejahteraan yang makin meningkat, muncul aksi-aksi sosial dan politik di Inggris dan negara-negara Eropa yang mengawal proses perubahan ini agar tidak mengorbankan kesejahteraan kelas pekerja.

## *Revolusi Industri II*

**Revolusi Industri Kedua**, atau yang dikenal juga sebagai *Revolusi Teknologi*, adalah fase industrialisasi yang pesat di sepertiga akhir abad ke-19 (1870) hingga awal abad ke-20 (1914). Ciri khas tahap revolusi industri kedua ini adalah dimulainya penggunaan mesin-mesin elektrik pada proses produksi massal berdasar sistem pembagian tenaga kerja. Revolusi Industri Kedua terjadi di Amerika Serikat dengan ditandai oleh penggunaan energi listrik sebagai energi utama motor penggerak mesin-mesin di industri. Munculnya teknologi listrik dan telekomunikasi, memicu munculnya proses pembangunan infrastruktur telekomunikasi (telegraf) serta teknologi lainnya yang berbasis energi listrik. Dengan dibangunnya infrastruktur telekomunikasi secara luas ini, secara beruntun memicu pembangunan infrastruktur transportasi (berupa rel kereta api, produksi kereta api serta jembatan); munculnya industri besi dan baja berskala besar; meluasnya penggunaan mesin di bidang manufaktur, meningkatnya penggunaan tenaga uap serta penggunaan minyak bumi. Periode ini juga merupakan periode di mana metode organisasi modern untuk operasi bisnis skala besar di wilayah yang luas mulai digunakan [4].



**Gambar 2:** Lini produksi mobil Ford model-T. [5]

## *Revolusi Industri III*

Menurut Lembaga Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Jerman (*Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*), **Revolusi Industri Ketiga** adalah era dimana komponen elektronika dan teknologi informatika digunakan secara masif di industri, terutama untuk otomasi proses produksi [4]. Oleh karena itu, era ini dimulai dengan digunakannya PLC (*Programmable Logic Controller*) di industri pada tahun 1970. PLC sendiri merupakan sebuah perangkat pengendali universal yang dirancang khusus untuk digunakan di lingkungan pabrik. Pada perkembangannya hingga sekarang, PLC biasa dipasang secara langsung ke mesin-mesin pabrik ataupun dipasang ke dalam mesin perkakas lainnya seperti sistem CNC (*Computer Numerical Control*) ataupun robot. Dengan menggunakan PLC, banyak alat produksi yang tadinya harus dioperasikan oleh operator, sekarang menjadi terotomasi.

Pada era Revolusi Industri III ini juga muncul teknologi robotika, dimana jenis robot ber lengan (*articulated robot*) mulai diimplementasikan di beberapa industri manufaktur.



**Gambar 3:** Lini produksi menggunakan robot & PLC. [6], [7]

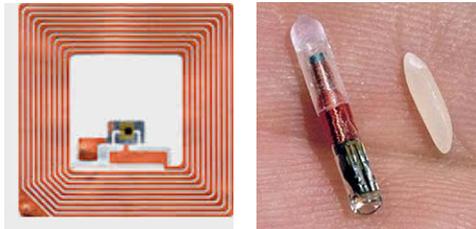
## *Revolusi Industri IV*

Walaupun masih terjadi pertentangan di dunia akademis tentang kapan sebenarnya **Revolusi Industri Keempat** dimulai, namun berdasar telaah yang dilakukan penulis, era Revolusi Industri Keempat

## Industry 4.0

dapat dipastikan dimulai sejak istilah "*Internet of Things (IoT)*" dikenalkan oleh Kevin Ashton pada tahun 2002 [8], [9].

Ashton adalah seorang ilmuwan di MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) yang pada saat itu sedang mengembangkan infrastruktur RFID (*Radio-frequency Identification*). RFID sendiri, adalah sebuah sistem identifikasi benda dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik (frekuensi radio). Oleh karena itu, pada awal perkembangan IoT, target yang ingin dicapai sebenarnya relatif sederhana, yaitu bahwa 'semua benda memiliki identitas diri' (yang ditunjukkan oleh RFID *tag* di benda tersebut). RFID dapat dianalogikan sebagai sebuah KTP (Kartu Tanda Penduduk) bagi sebuah benda.



**Gambar 4:** RFID *tag* & perbandingan dimensi dengan butir beras.

Dengan dimilikinya 'identitas' bagi setiap produk dan material di sebuah proses industri, maka keberadaan produk dan material tersebut menjadi mudah terlacak statusnya. Tentu hal ini akan mempermudah proses manufaktur dalam sebuah industri yang memiliki banyak sekali proses, komponen serta target produksi, seperti yang terdapat pada industri otomotif, farmasi ataupun peternakan. Pada industri otomotif, sistem RFID digunakan dengan menempelkan *tag* RFID pada semua komponen/ bahan baku pembuatan mobil, sehingga komponen tersebut dapat terus terpantau sepanjang lini produksi. Mulai dari proses pengambilannya di gudang *inventory*, proses perakitan selama di lini produksi, hingga keluar dari lini produksi dengan keadaan sudah terakit/ terintegrasi dalam bentuk produk jadi (mobil). Jika teknologi RFID ini digabungkan dengan teknologi internet dan *big data*, maka semesta pembicaraan kita tidak lagi terbatas pa-



**Gambar 5:** Pabrik mobil VW di Slovakia yang sudah menggunakan RFID di lini produksinya [10].

da proses di dalam sebuah pabrik. Semesta pembicaraan kita sudah meluas hingga batas-batas teknologi telekomunikasi memungkinkan. Dalam kasus pabrik mobil di atas, seorang manajer produksi global di Jerman dapat dengan mudah mengetahui informasi sebuah proses di mesin tertentu di pabrik di Slovakia, secara *real time*. Bahkan bukan hanya proses, namun komponen apa saja yang digunakan dalam pembuatan mobil tersebut.

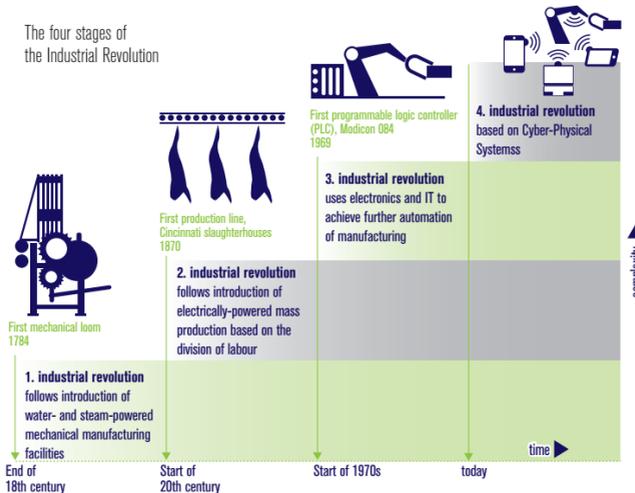
Tentu, dalam hal ini, produsen tersebut tetap mampu menentukan sampai seberapa detil informasi yang diperlukan serta seberapa jauh informasi tersebut boleh dibagikan (*shared*).

Revolusi Industri keempat adalah era dimana teknologi internet, teknologi informatika serta teknologi otomasi produksi digunakan secara terintegrasi membentuk sebuah sistem yang disebut *Cyber-Physical Systems* (CPS). Sebuah sistem dimana sebuah entitas ataupun mekanisme fisik diawasi dan dikendalikan oleh algoritma berbasis komputer, terintegrasi dengan internet dan penggunaanya.

Dalam CPS, komponen fisik dan komponen *software* terkait sangat erat, masing-masing beroperasi pada dimensi ruang dan waktu yang berbeda, melakukan beberapa pekerjaan yang secara sifat berbeda, secara simultan, namun tetap berinteraksi satu sama lainnya dalam berbagai cara yang berubah-ubah sesuai dengan konteks prosesnya [11]. Saat ini, konsep CPS ini telah diaplikasikan ke dalam berbagai macam sistem, termasuk di sini adalah teknologi *smart grid* pada sistem distribusi listrik, sistem mobil otonom (sistem kendaraan

## Industry 4.0

tanpa pengemudi yang mampu berjalan dari asal ke tujuannya dengan aman), pemantauan medis, sistem kendali proses, sistem robotika dan sistem avionik (*auto pilot system*) [12].



Gambar 6: Tahapan Revolusi Industri. [4]

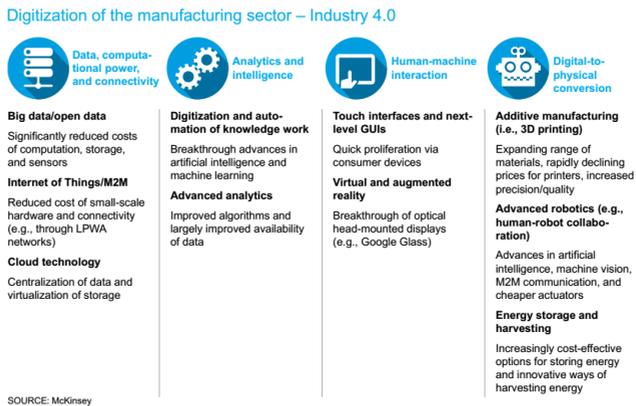
Sebagai inti dari Revolusi Industri Keempat, CPS bukanlah sebuah aplikasi ilmu baru yang berdiri sendiri, tetapi lebih merupakan aplikasi kolaborasi berbagai disiplin ilmu. Diperlukan sebuah pendekatan lintas-ilmu untuk mampu memahami konsep CPS ini, terutama dari ilmu *cybernetics* dan teknik kendali, mekatronika serta ilmu desain dan proses. Penjabaran tahapan revolusi industri dari yang pertama hingga keempat digambarkan secara lebih sederhana dapat diamati pada Gambar 6 di atas.

## 3 Industry 4.0

Selanjutnya, apakah perbedaan *Industry 4.0* dengan Revolusi Industri keempat? Atau apakah kedua istilah ini sebenarnya sama? Pada

Bab ini akan dijelaskan lebih detil tentang apa itu *Industry 4.0*.

McKinsey mendefinisikan Industri 4.0 sebagai proses digitalisasi sektor manufaktur, dengan berbagai macam sensor tertanam di hampir semua komponen produk dan peralatan manufaktur yang terlibat, sistem siber-fisik (CPS, *Cyber-Physical Systems*) di mana-mana, dengan kemampuan analisis dari semua data yang berhubungan dengan proses yang ada.[13]



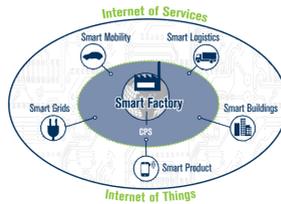
**Gambar 7:** Empat kelompok teknologi pembangun *Industry 4.0*. [13]

Jika istilah Revolusi Industri lebih mengarah pada penunjukkan sebuah rentang waktu (era), maka istilah *Industry 4.0* lebih dikhususkan pada kejadian di sektor manufaktur saja. *Industry 4.0* berfokus pada *penciptaan sebuah produk, prosedur dan proses manufaktur yang cerdas*.

Pabrik cerdas (*smart factory*) merupakan fitur kunci dari *Industry 4.0*. Sebuah pabrik cerdas diartikan sebagai sebuah pabrik yang mampu mengelola kompleksitas sebuah proses produksi, kurang rentan terhadap gangguan dan mampu memproduksi barang dengan lebih efisien.

Di sebuah pabrik cerdas, manusia, mesin dan sumber daya lainnya dapat saling berkomunikasi satu sama lain secara alami seperti yang

## Industry 4.0

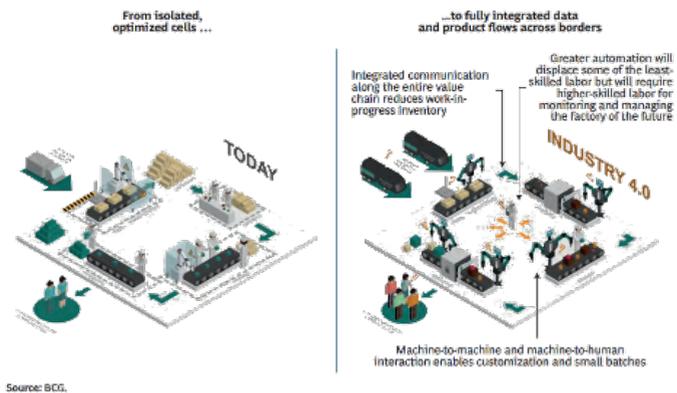


**Gambar 8:** Hubungan antara *Smart factory* dengan komponen lain di dalam IoT. [2]

terjadi pada sebuah lingkungan sosial. Sebuah produk cerdas memiliki pengetahuan yang rinci tentang bagaimana mereka diproduksi dan bagaimana mereka akan digunakan. Mereka (produk cerdas ini) secara aktif mendukung proses manufaktur. Mereka mampu menjawab pertanyaan seperti "*kapan saya dibuat?*", "*Parameter apa yang harus digunakan untuk memproses saya?*", "*Kemana saya harus dikirim?*", dan lain sebagainya.

Mereka dilengkapi dengan antarmuka (*interface*) untuk berhubungan dengan sistem mobilitas yang cerdas (*smart mobility*), sistem logistik cerdas (*smart logistic*) dan sistem *smart grid*. Hal-hal seperti inilah yang akan membuat sebuah pabrik cerdas menjadi komponen kunci dari infrastruktur cerdas di masa depan. Pabrik cerdas, proses cerdas dan produk cerdas inilah manifestasi dari konsep *cyber-physics system* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

*Industry 4.0* tidak bisa dilihat sebagai sebuah sistem yang terisolasi, berdiri sendiri. Namun harus dilihat sebagai salah satu komponen dari sejumlah komponen utama dari sebuah aplikasi. Oleh karena itu, *Industry 4.0* harus dilaksanakan secara interdisipliner dan bekerjasama dengan komponen utama lainnya [13]. Tentu, hal ini akan mengakibatkan transformasi dari rantai nilai konvensional yang ada saat ini, memunculkan model bisnis baru serta juga dampak sosial dan politik baru.



**Gambar 9:** Perubahan yang terjadi akibat implementasi *Industry 4.0*. [14]

## 4 Teknologi Pendukung *Industry 4.0*

*Industry 4.0* merupakan perpaduan/ integrasi dari beberapa teknologi yang sedang sangat berkembang saat ini. Terdapat 9 (sembilan) teknologi utama yang menjadi pilar penopang struktur sistem *Industry 4.0*. Kesembilan teknologi ini adalah [14]:

1. Teknologi *Internet of Things*
2. Teknologi *cybersecurity* (kemananan dunia maya)
3. Teknologi *cloud*
4. Teknologi *additive manufacturing*
5. Teknologi *augmented reality*
6. Teknologi *big data & analytic*
7. Teknologi *autonomous robots*
8. Teknologi *simulation*
9. Teknologi integrasi sistem, baik secara horisontal maupun vertikal.

Beberapa teknologi mungkin sudah akrab dengan kita, namun ada juga yang belum. Oleh karena itu, berikut ini akan dijabarkan tentang teknologi tersebut di atas.

### *Internet of Thing*

Saat ini, belum banyak produsen mesin dan sensor untuk industri yang menghasilkan sensor dan mesin yang mampu terkoneksi dengan jaringan dan menggunakan komponen *embedded computing*. Namun dengan *IoT*, akan semakin banyak sensor dan mesin yang dilengkapi kemampuan untuk terhubung ke jaringan internet. Bukan hanya mesin dan sensor, bahkan juga produk setengah jadi yang sedang dalam proses pengerjaanpun dapat ditempel/ ditanam dengan kemampuan komputasi. Menanamkan teknologi RFID pada sebuah mesin, sensor



Source: BCG.

**Gambar 10:** Teknologi pendukung utama *Industry 4.0*. [14]

ataupun produk dapat membuat komponen-komponen tersebut '*saling berkomunikasi*', dan juga dengan pengendali proses produksi di dekatnya.

Contoh aplikasi teknologi ini dapat dilihat pada fasilitas produksi perusahaan Bosch Rexroth, Jerman, yang melengkapi proses produksinya dengan teknologi RFID. Dengan teknologi ini, jika sebuah komponen datang ke sebuah mesin, maka mesin tersebut akan mengetahui proses apa yang harus dilakukan terhadap komponen tersebut.

Penerapan IIoT dalam proses manufaktur merupakan langkah awal dalam mewujudkan sebuah '*smart factory*', seperti yang disyaratkan dalam kerangka kerja *Industry 4.0*.



Gambar 11: Proses *scanning* RFID pada sebuah produk. [15]

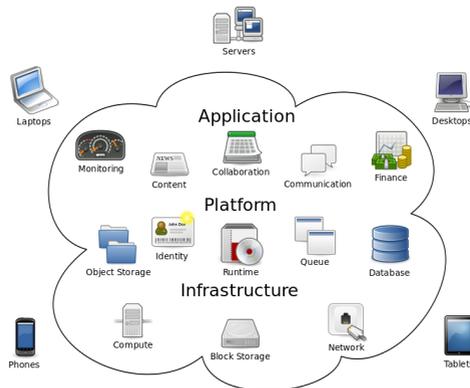
## *Cybersecurity*

Dengan digunakannya internet sebagai sarana komunikasi antara produk dengan proses, dan juga komunikasi antara satu sistem dengan sistem yang lain, maka faktor faktor keamanan terhadap data juga harus diperkuat. Dengan meningkatnya konektivitas dan penggunaan protokol komunikasi standar yang akan berlaku pada kerangka kerja *Industry 4.0*, maka kebutuhan untuk perlindungan atas sistem industri dan proses manufaktur yang kritis juga akan semakin meningkat. Di masa depan, kebutuhan akan sebuah sistem komunikasi antar proses dan produk yang aman dan handal akan menjadi sebuah kebutuhan yang sangat mendasar bagi sebuah industri.

Sebagai antisipasi dalam ranah teknologi *cybersecurity* ini, beberapa perusahaan IT dan manufaktur telah mengadakan kerjasama pengembangan. Cisco Systems, sebagai salah satu produsen *hardware* dan *software* jaringan IT, mengadakan kerja-sama dengan Rockwell Automation dan beberapa pihak lain untuk mengembangkan beberapa standar komunikasi data untuk industri serta beberapa *hardware* pendukungnya [16].

## Cloud

Teknologi *cloud* adalah sebuah teknologi IT berbasis internet yang menyediakan sumber daya pemrosesan komputer dan data bersama untuk kepentingan komputer atau perangkat lain sesuai permintaan. Ini adalah model untuk memungkinkan sebuah proses komputasi dapat dilakukan dari mana saja dan sesuai permintaan (misalnya: jaringan komputer, *server*, penyimpanan data, aplikasi dan layanan). Dengan menggunakan teknologi *cloud* perusahaan yang tidak memiliki kemampuan *manage* data dengan baik, tetap dapat memaksimalkan penggunaan data/ informasi yang dimilikinya untuk memaksimalkan tujuan bisnisnya, namun dengan upaya manajemen data yang minimal. Teknologi *cloud* memberikan layanan bagi perusahaan (dan juga pribadi) untuk menyimpan dan mengolah data mereka, baik milik pribadi, perusahaan ataupun data pihak ketiga, yang secara fisik terpisah sangat jauh lokasinya. Dengan kemampuan penyimpanan yang tak terbatas, para pengguna *cloud* akan dapat mengolah semakin banyak informasi. Hal ini akan meningkatkan kebutuhan bagi perusahaan untuk membuat informasi tersebut dapat diakses dan ditindaklanjuti. *Industry 4.0* memerlukan lalu-lintas data dan informasi



**Gambar 12:** Teknologi *cloud*. [17]

## Industry 4.0

yang besar, aman dan handal. Oleh karena itu, sebuah perusahaan yang akan mengimplementasikan konsep *Industry 4.0* tidak mungkin dapat menangani kebutuhan pengolahan datanya sendiri. Untuk perusahaan yang tidak memiliki basis teknologi informasi yang kuat, teknologi *cloud* adalah salah satu solusi yang masuk akal. Sebuah pola kolaborasi antar entitas usaha akan muncul di masa mendatang, dalam penyediaan data dan sumber daya komputasi bersama.

Untuk masalah teknologi *cloud*, salah satu perusahaan yang aktif menyediakan layanan *cloud* ini adalah Oracle Corporation. General Electric (GE), salah satu pengguna platform *cloud* Oracle, menyatakan bahwa teknologi *cloud* yang merupakan cara aman bagi perusahaan untuk menyimpan, mengolah dan menganalisis data dari perangkat industri mereka. Dengan menggunakan platform *cloud*, mereka mampu "*mengoptimalkan proses bisnis, memungkinkan rantai pasokan yang lebih efisien dan menyediakan sistem pemeliharaan yang prediktif*" [18].

Penelitian yang dilakukan Oracle menemukan fakta bahwa 60% dari perusahaan bisnis (di Amerika Serikat) memiliki infrastruktur TI yang kaku, yang justru menahan mereka untuk melakukan inovasi lebih lanjut. Data yang sama juga menyatakan bahwa proses inovasi terhambat oleh pendekatan yang salah yang diambil di sistem *cloud* perusahaan tersebut. Dapat disimpulkan bahwa, walaupun seseorang sudah memiliki kemampuan di bidang IT (terutama *cloud*) namun mereka belum tentu memiliki pengalaman dan wawasan dalam memandang masalah perusahaan secara terpadu.

Kesalahan yang sering terjadi adalah: pengembangan sistem IT hanya bersifat lokal dan sementara (bersifat *ad hoc*) dan ada indikasi bahwa entiti bisnis menolak bekerja sama untuk menerapkan standar yang diberlakukan di seluruh perusahaan ke lingkungan *cloud*, padahal standar ini sangat diperlukan pada penyusunan infrastruktur, platform dan *software* aplikasi [19].

Berdasar pengamatan, kejadian ini juga banyak terjadi di banyak perusahaan di Indonesia. Keengganan untuk membuka standar perusahaan kepada konsultan ataupun *IT solution provider* menjadi penyebab utama kenapa banyak sistem IT di perusahaan tersebut gagal ataupun tidak optimal implementasinya. Di samping masih banyak

yang belum percaya akan kemampuan teknologi IT dalam membantu meningkatkan efisiensi dan kinerja perusahaan.

Saat ini, beberapa perusahaan sudah menggunakan teknologi *cloud* pada proses bisnisnya, namun dengan adanya *Industry 4.0*, kebutuhan untuk berbagi data akan semakin meningkat serta bersifat lintas lokasi dan lintas perusahaan. Pada saat yang sama, kinerja dari teknologi *cloud* juga semakin meningkat kecepatan, keamanan dan keandalannya. Akibatnya, akan terjadi peningkatan penggunaan *cloud* untuk menyimpan dan mengolah data dari proses produksi (dari mesin, sensor serta produk).

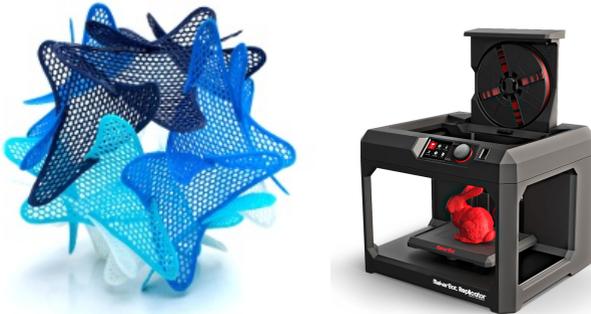
## *Additive manufacturing*

Teknologi *additive manufacturing* adalah proses yang digunakan untuk membangun sebuah objek tiga dimensi secara berlapis, dimana proses pembentukannya dimulai dari lapisan terbawah dan berturut-turut lapisan demi lapisan di atasnya. Bentuk benda yang dapat dibuat menggunakan teknologi ini mencakup hampir semua model geometri, sejauh model datanya dapat dibentuk menggunakan *software* desain 3D. Dari segi bentuk, teknologi ini mampu memproduksi sebuah benda yang sangat rumit bentuknya, yang bahkan mustahil dikerjakan dengan teknologi konvensional saat ini.

Teknologi ini memungkinkan sebuah benda diproduksi dari tempat yang jauh. Seorang pengguna dapat men-*download* file desain 3 dimensi dari *cloud* dan kemudian mencetaknya menggunakan printer 3D. Teknologi ini ditambah dengan internet, memungkinkan proses produksi dapat dilakukan dimana saja, sejauh tersedia koneksi internet dan printer 3D. Di masa depan, bengkel-bengkel tidak lagi perlu memiliki mesin-mesin produksi berbagai macam. Cukup sebuah printer 3D dan persediaan material yang sesuai serta koneksi internet.

Yang menjadi pertanyaan adalah apakah keahlian/ ketrampilan tangan manusia dalam memproduksi sebuah produk akan hilang? Kemungkinan besar tidak akan langsung menghilang, namun sedikit demi sedikit berkurang hingga di satu titik muncul keahlian baru yang menggabungkan keahlian tangan dengan kemampuan mesin dalam mencetak produk. Sekali lagi, dalam teknologi digital ini, ukuran

## Industry 4.0



**Gambar 13:** Bentuk objek 3D yang mampu dibentuk menggunakan teknologi *Additive manufacturing* & contoh printer 3D.

dimensi produk bukan lagi menjadi masalah.

Kemudahan yang diberikan oleh teknologi *additive manufacture* dalam proses produksi inilah yang akan mendorong proses implementasi *Industry 4.0* semakin mungkin terlaksana.

## *Augmented reality*

Teknologi *augmented reality* (AR) adalah sebuah teknologi yang menggabungkan citra bentukan komputer dengan dunia nyata di sekitarnya; biasanya dilakukan menggunakan sebuah alat pandang yang dipasangkan di mata (*virtual google*)[20]. Saat ini, teknologi ini masih dalam tahap permulaan, namun di masa depan, perusahaan dapat memanfaatkan teknologi ini sebagai pengganti buku manual yang mungkin sangat rumit dipahami oleh seorang pekerja. Dengan menggunakan teknologi AR ini, pekerja akan dapat diberikan informasi secara *real-time* tentang langkah-langkah yang harus dikerjakan, sehingga akan meningkatkan proses pengambilan keputusan dan prosedur kerja. Dengan teknologi ini, proses belajar akan semakin menarik dan cepat dipahami.

Selain untuk membantu pekerjaan di sebuah proses produksi, tek-



**Gambar 14:** *Augmented reality* di manufaktur. [21]

nologi AR ini juga banyak dikembangkan untuk dunia pendidikan. Pemahaman tentang terjadinya proses erupsi gunung berapi misalnya, dapat mudah dipahami oleh murid-murid tingkat SD dengan hanya menggunakan *AR google* dan model 3D gunung berapi di depannya. Ilustrasi tentang naiknya lava ke puncak gunung dan keluarnya lava tersaji di layar *google* dengan latar belakang model gunung apa yang ada.

Aplikasi lainnya adalah *game*. Tentu kita masih ingat akan demam permainan '*Pokemon Go*' yang sempat *booming* tahun lalu. Aplikasi *game* tersebut adalah salah satu aplikasi yang menggabungkan teknologi telekomunikasi bergerak, internet, *augmented reality* dan *big data*. Semua teknologi tersebut secara apik tersaji dalam sebuah aplikasi untuk sebuah *gadget*. Teknologi AR diprediksi akan



**Gambar 15:** *Google Glass* dari Google.

merevolusi cara manusia belajar dan berlatih. Dengan tersedianya koneksi internet dan *cloud*, maka data dapat diakses dari mana saja dan

## Industry 4.0

disajikan di *google AR* ataupun sistem AR lain yang dimiliki. Beberapa nama besar di dunia digital seperti Google, Microsoft dan Apple sudah mengeluarkan beberapa produknya saat ini, namun aplikasinya masih terbatas. Beberapa perusahaan otomotif juga mengembangkan teknologi ini untuk proses reparasi produk-produknya.

## *Big data & analitik*

Teknologi *big data & analytic* ini adalah teknologi yang berkaitan dengan proses analisa terhadap sejumlah data yang sangat besar. Sebenarnya teknologi ini muncul sudah agak lama di dunia komputasi data, namun baru muncul belakangan ini di dunia manufaktur. Kebutuhan analisis data yang sangat banyak mulai muncul ketika proses produksi membutuhkan informasi yang sangat banyak dari proses, mesin dan produk yang sedang dibuat. Singkat kata, konsep '*smart factory*' tidak akan berarti apa-apa tanpa adanya kemampuan mengolah data dalam jumlah sangat banyak. Kemampuan mengolah '*big*



**Gambar 16:** Pusat data *Facebook* di Swedia . [<http://www.quora.com>]

*data*' akan mengoptimalkan kualitas produksi, menghemat energi dan meningkatkan layanan peralatan. Dalam konteks *Industry 4.0*, proses pengumpulan dan evaluasi komprehensif terhadap data dari berbagai

peralatan, material dan sistem produksi, bahkan sistem hubungan perusahaan-konsumen akan menjadi standar dalam mendukung proses pengambilan keputusan yang *real-time*.

Sebagai contoh, perusahaan manufaktur Infineon, berhasil menurunkan rasio kegagalan produk dengan cara menghubungkan data yang diperoleh pada saat tahap uji produk di tahap akhir produksi dengan data yang dikumpulkan selama proses produksi sebelumnya. Dengan cara ini, Infineon dapat mengidentifikasi pola-pola yang membantu melepaskan chip rusak pada awal proses produksi dan meningkatkan kualitas produksi.

Di masa depan, para matematikawan, fisikawan dan insinyur *IT* akan makin bekerja sama untuk mengatasi masalah-masalah yang sekarang belum terlihat. Karena semakin banyak data, maka waktu pengolahan juga semakin meningkat, kemungkinan terjadi kesalahan pun juga meningkat. Masih banyak celah yang terbuka untuk mengembangkan berbagai teori dan aplikasi di bidang '*big data*' ini.

## *Autonomous robot*

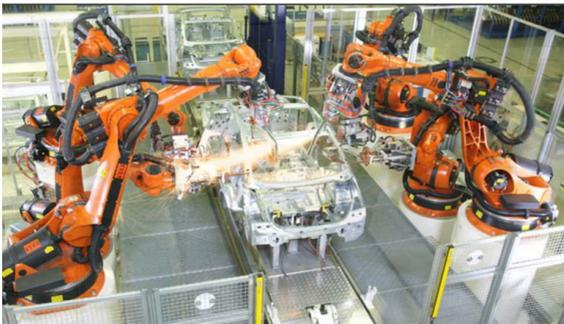
Robot telah digunakan di banyak industri terutama untuk mengatasi tugas yang kompleks. Namun teknologi robotik terus berkembang untuk semakin meningkatkan utilitasnya. Sistem robot menjadi lebih otonom, fleksibel, dan mampu bekerja-sama. Robot mampu berinteraksi dengan sesamanya dan bekerja-sama berdampingan dengan manusia dengan aman dan memiliki kemampuan belajar dari manusia. Seiring dengan waktu, biaya implementasi sistem robotik akan semakin murah dengan kemampuan yang makin meningkat dibandingkan dengan kemampuannya sekarang. Beberapa perusahaan pembuat robot sudah mengeluarkan robot yang mampu bekerja-sama. Sebagai contoh, KUKA, produsen robot dari Eropa, menawarkan robot otonom yang mampu berinteraksi satu sama lain. Robot ini saling berhubungan sehingga mereka dapat bekerja sama dan secara otomatis menyesuaikan tindakan mereka agar sesuai dengan produk yang belum selesai di lini produksi. Sistem sensor mutakhir dan unit kendali memungkinkan kerjasama yang aman dengan manusia. Tidak mau kalah dengan rekannya di Jerman, pemasok robot-industri ABB

## Industry 4.0

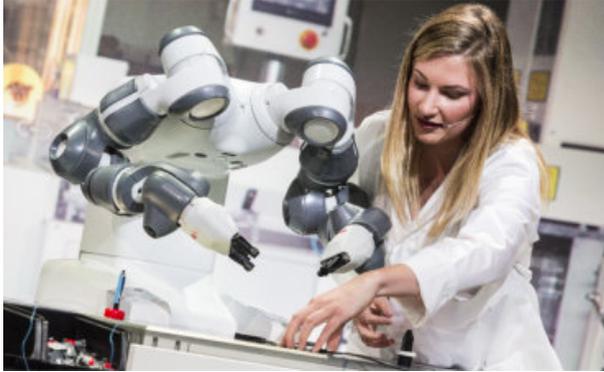


**Gambar 17:** Kerja-sama antara manusia dan robot di industri. [<http://www.bosch-presse.de>]

meluncurkan robot YuMi. Robot ini merupakan robot dengan dua lengan yang dirancang khusus untuk merakit produk (seperti elektronik) bersama manusia. Material kedua lengan robot yang lunak serta adanya sistem komputer visi memungkinkan robot ini untuk dapat berinteraksi dengan manusia secara aman.



**Gambar 18:** Interaksi antar robot (KUKA).



**Gambar 19:** Interaksi antara robot YuMi dengan manusia.

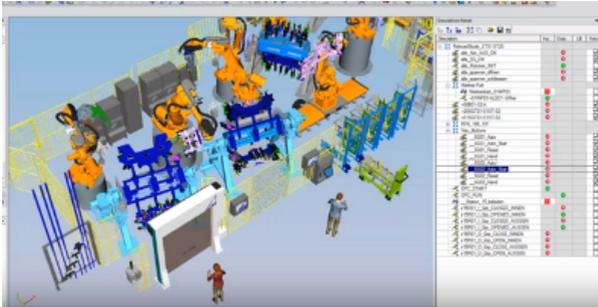
## *Simulation*

Simulasi dalam bidang teknik produksi dapat diartikan sebagai sebuah teknologi yang mampu menampilkan dan menirukan berbagai sifat dari sebuah produk atau proses ke dalam layar komputer. Pada tahapan perancangan sebuah produk, simulasi 3D dari produk, material dan proses yang akan dilakukan sudah dilakukan.

Namun di masa depan, simulasi juga akan diimplementasikan secara luas di tahapan produksi. Simulasi pada tahap ini akan menggunakan data *real-time* dari rantai produksi dan kemudian ditampilkan secara virtual kepada pengguna. Data yang mampu ditampilkan tidak hanya bentuk dan posisi material saja, namun juga status dan posisi mesin dan manusia. Simulasi ini akan membantu seorang operator untuk menguji dan mengoptimalkan pengaturan mesin di lingkungan *virtual* sebelum diimplementasikan di sistem nyatanya. Hal ini tentu akan mengurangi waktu *setting* mesin dan meningkatkan kualitas produk.

Di Jerman, Siemens & beberapa perusahaan pemesinan lainnya, mengembangkan sebuah mesin virtual yang mampu mensimulasikan proses pemesinan dari sebuah produk dengan menggunakan data *real-time* dari mesin fisiknya. Proses simulasi ini ternyata berhasil

## Industry 4.0



Gambar 20: Software simulasi proses dari Siemens.

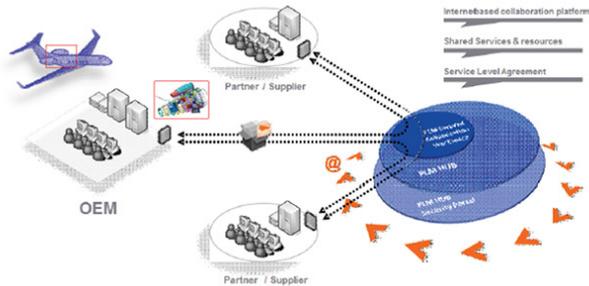
menurunkan waktu *setup* untuk proses pemesinan yang sebenarnya sebanyak 80%.

## *System integration*

Yang dimaksud dengan integrasi sistem di sini adalah integrasi sistem *IT* di sebuah perusahaan manufaktur. Saat ini, sebagian besar sistem *IT* tidak terintegrasi sepenuhnya. Perusahaan, pemasok, dan pelanggan jarang berhubungan erat. Bahkan banyak ditemui di sebuah perusahaan, sistem *IT* antar departemen seperti departemen pemasaran & penjualan, perencanaan produksi & produk, produksi, inventori dan pelayanan tidak terkait sistem *IT*-nya. Masing-masing fungsi berjalan sendiri-sendiri dan tidak mampu memaksimalkan kemampuan sistem *IT* yang ada. Jika fungsi-fungsi horizontal antar departemen saja tidak dapat tercapai, maka fungsi dari perusahaan ke tingkat rantai produksi dapat dipastikan juga tidak akan terintegrasi sepenuhnya. Jangankan fungsi antar-departemen, bahkan di departemen produksipun sering tidak mampu menintegrasikan proses-proses di dalamnya- dari produk ke proses produksi ke proses otomasi.

Namun, dengan adanya konsep *Industry 4.0*, integrasi sistem *IT* di dalam perusahaan, departemen, fungsi, dan kemampuannya akan menjadi jauh lebih menyatu. Jika integrasi data antar-perusahaan,

akan berkembang sebuah jaringan data universal yang memungkinkan terciptanya rantai nilai yang benar-benar otomatis.



Gambar 21: Konsep integrasi *AirDesign*.

Contoh terciptanya integrasi sistem *IT* adalah diluncurkan platform kolaborasi desain untuk industri kedirgantaraan dan pertahanan Eropa yang disebut dengan *AirDesign*. *AirDesign* merupakan hasil kolaborasi dari Dassault Systèmes dan BoostAeroSpace, yang berfungsi sebagai ruang kerja bersama untuk melakukan desain dan kolaborasi manufaktur dan tersedia sebagai layanan pada sistem *cloud* pribadi. Platform *AirDesign* ini mampu bertugas mengatur pertukaran data produk dan produksi yang sangat kompleks di antara para mitra yang memanfaatkan *AirDesign* ini.

Di masa depan, cikal bakal integrasi sistem *IT* seperti *AirDesign* ini akan semakin banyak dilakukan. Hal ini akan mengarah pada pembentukan sebuah standar yang akan berlaku secara universal.

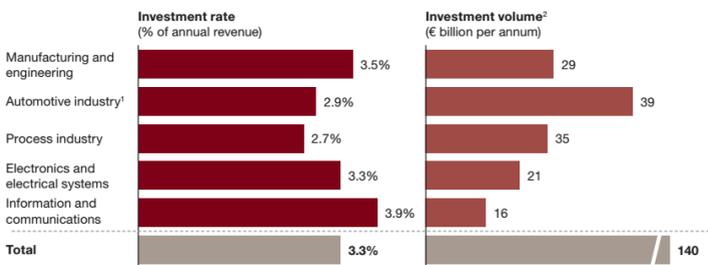
## 5 Implementasi *Industry 4.0* di Eropa

Sebagai sumber dari konsep *Industry 4.0*, negara-negara Eropa Barat, dengan dimotori Jerman, sudah mulai menyusun langkah-langkah untuk mewujudkan konsep *Industry 4.0*. Dalam tiga tahun ke depan (hingga 2020) akan ada 200 lebih perusahaan yang akan ikut serta

## Industry 4.0

mendukung program ini, dengan investasi sekitar € 140 milyar. Karena merupakan program unggulan Eropa untuk meningkatkan daya saing produknya, maka *platform Industry 4.0* ini diikuti oleh industri inti Eropa. Beberapa industri yang menjadi sasaran implementasi *Industry 4.0* ini adalah: industri manufaktur dan teknik, industri otomotif, industri proses, industri elektronika dan sistem elektrik serta industri informasi dan komunikasi. Dengan nilai investasi sebesar ini,

Annual investments in Industry 4.0 solutions through until 2020



<sup>1</sup> Projection for the entire automotive industry (economic sector 29: production of motor vehicles and motor vehicle parts).

<sup>2</sup> Projection on the basis of total revenues per industry sector in the EU-28.

**Gambar 22:** Nilai investasi untuk implementasi *Industry 4.0*. [22]

*platform Industry 4.0* diharapkan akan meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi di sepanjang rantai nilai industri terkait [22].

## 6 Posisi Indonesia saat ini

Konsep *Industry 4.0* memang sedang '*hits*' di Eropa Barat dan juga negara industri maju lainnya. Lalu, bagaimana dengan di Indonesia? Bagi kita di Indonesia, adanya *Industry 4.0* ini harus disingkapi dengan hati-hati, mengingat Indonesia sudah bukan lagi negara yang "*terbelakang*" dalam hal manufaktur. Dalam laporan studinya, McKinsey Global Institute (MGI) mencatat bahwa pada tahun 2010 Indonesia berada di peringkat 13 dari 15 negara yang ekonominya di-

topang oleh sektor manufaktur. Naik dari peringkat ke 20 di tahun 2000 [23].

Dengan semakin meningkatnya sumbangan sektor manufaktur terhadap perekonomian Indonesia, maka sekecil apapun kemajuan teknologi di bidang manufaktur, dampaknya akan terasa besar bagi ekonomi kita. Dalam laporannya yang lain MGI juga memprediksi bahwa kekuatan ekonomi Indonesia akan berada di peringkat 7 dunia pada tahun 2030. Prediksi ini juga disertai catatan bahwa hal ini dapat tercapai jika Indonesia mampu meningkatkan tingkat produktifitasnya. Perlu diketahui, kekuatan ekonomi Indonesia saat ini berada di peringkat ke-16.

Namun, peningkatan kekuatan ekonomi ini lebih ditopang oleh meningkatnya nilai konsumsi masyarakatnya. Ada tambahan konsumen potensial hingga 90 juta orang hingga tahun 2030 [24]. Hal ini sebaiknya jangan dipandang sebagai sebuah beban demografis, namun harus dilihat sebagai potensi pasar konsumsi yang sangat besar yang tentunya harus dapat dijadikan sebagai penggerak roda perekonomian nasional untuk lebih maju lagi. Pasar potensial ini harus mampu digarap oleh industri dalam negeri kita, bila tidak ingin potensi ini dimanfaatkan oleh negara lain.

Data selama 20 tahun terakhir menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas tenaga kerja menyumbang lebih dari 60% perkembangan ekonomi nasional, dengan 3 sektor utamanya: sektor perdagangan (grosir & eceran), sektor peralatan transportasi & manufaktur serta transportasi dan telekomunikasi. Berdasarkan pengalaman selama 20 tahun ini, kecil kemungkinannya akan terjadi pergeseran secara drastis pada sektor-sektor penggerak ekonomi ini.

## Industry 4.0

| Parameter               | 2016   | 2030                               |
|-------------------------|--|------------------------------------|
| Peringkat ekonomi dunia | 16   | 7                                  |
| Potensi konsumen        | 45 jt  | 135 jt                             |
| Demografi GDP           | 53% pddk kota menghasilkan 74% GDP                         | 71% pddk kota menghasilkan 86% GDP |
| Kebutuhan TK trampil    | 55jt.  | 113 jt.                            |
| Nilai pasar             | USD 0.5 T  | USD 1.8 T                          |
| Sektor                  | jasa, pertanian, perikanan, sumber daya alam & pendidikan. |                                    |

Sumber : MGI.

Dengan adanya *Industry 4.0*, diperkirakan kebutuhan akan tenaga kerja trampil juga akan meningkat. Namun, khusus kasus Indonesia, mungkin akan perlu sedikit penyesuaian. Skema *Industry 4.0* yang berlaku di negara-negara Eropa harus diadaptasi dengan lingkungan Indonesia. Teknologi digital yang menjadi landasan *Industry 4.0* harus juga diarahkan untuk memperkuat sektor pertanian, perikanan, jasa, sumber daya alam dan pendidikan.

Sebagai basis industri elektronika dan otomotif dunia, Indonesia mau tidak mau pasti akan terimbas akan teknologi yang ada di konsep *Industry 4.0* ini, mengingat Jepang, sebagai investor industri terbesar di Indonesia, juga mulai memikirkan implementasi *Industry 4.0* di perusahaan-perusahaannya. [25]

Di Indonesia, industri yang akan terimbas dampak *Industry 4.0* bukan hanya industri manufaktur elektronika dan otomotif saja, namun juga industri kesehatan dan bioteknologi. Dengan dampaknya yang sangat luas bagi kualitas kesehatan seluruh rakyat Indonesia, implementasi *Industry 4.0* di industri kesehatan dan bioteknologi tidak dapat dianggap ringan. Bioteknologi adalah dasar dalam hampir semua proses bioterapi farmasi. Penggunaan teknologi robotik akan banyak diterapkan untuk memanipulasi berbagai bahan biologis yang dapat dipakai sebagai terapi untuk berbagai kondisi dan jenis penyakit, terutama yang bersifat mematikan. Beberapa teknologi yang

akan berkembang dan digunakan untuk penemuan-penemuan baru adalah metoda rekayasa DNA, metoda komputasi dalam pencarian obat baru, serta proses penemuan target obat lewat mikrobiota organ manusia. Semua ini akan memberikan peluang dikembangkannya obat-obat baru yang dapat mengurangi angka kematian dan sekaligus meningkatkan kualitas hidup manusia [26].

## 7 Teknologi digital di Indonesia

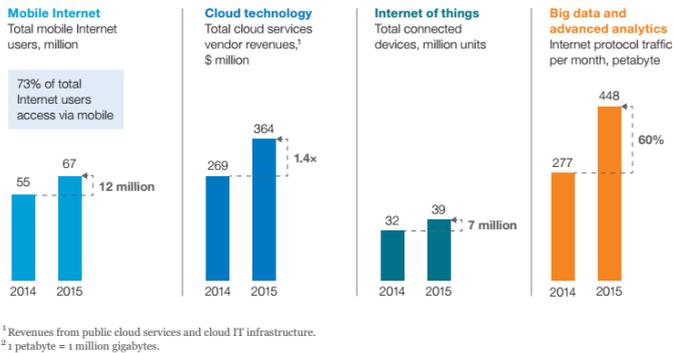
Sementara itu, kemajuan teknologi digital di Indonesia juga sudah sedemikian majunya. Walau tingkat penetrasi internet masih 34% (masih di bawah Filipina, Malaysia, Singapura, China & Thailand), namun teknologi ini menghubungkan para pengguna yang sangat aktif terhubung di internet. Jumlah waktu yang digunakan pengguna internet di Indonesia jauh melebihi waktu yang digunakan oleh penduduk AS. Penggunaan waktu untuk aktifitas di sosial media juga lebih tinggi, serta jumlah pengguna yang menggunakan internet untuk melakukan belanja produk juga sudah melebihi AS [27].

Revolusi teknologi digital sendiri didorong oleh 4 teknologi inti yang saat ini juga sedang sangat berkembang, yaitu: *mobile internet*, teknologi *cloud*, *Internet of Things* serta teknologi *big data and advanced analytics*. Keempat teknologi ini adalah kunci utama untuk mempercepat implementasi digital di Indonesia. Indonesia sudah memiliki pengalaman dalam mengadopsi teknologi ini dan mampu meletakkan pondasi yang kokoh dalam melakukan investasi di masa mendatang.

Berdasar hal inilah, dapat dipastikan bahwa Indonesia sudah memasuki era revolusi digital. Landasan paling dasar dari implementasi kerangka kerja *Industry 4.0* sudah siap, tinggal bagaimana dunia industri di Indonesia memanfaatkan peluang ini.

Jika memang benar bahwa industri manufaktur di Indonesia juga akan mengadopsi konsep *Industry 4.0*, maka tentunya akan banyak pekerjaan rumah bagi pemerintah, mengingat *Industry 4.0* ini akan berdampak sistemik di berbagai sektor. Berbagai kebijakan harus dirumuskan agar tercapai keseimbangan antara kemajuan teknologi dengan *supply-demand* produk dan tenaga kerja.

## Industry 4.0



**Gambar 23:** Kondisi penggunaan teknologi digital di Indonesia. [2]

## 8 Apa langkah selanjutnya?

Walaupun konsep *Industry 4.0* masih sangat awal, namun konsep ini tidaklah prematur. Laju perkembangan teknologi yang mendorongnya, membuat para pengagasnya tidak bisa bersantai-santai. Banyak kebijakan nasional yang belum ditentukan. Namun, beberapa kebijakan dasar dapat diambil sebagai langkah awal menyiapkan diri terhadap kedatangan *Industry 4.0* ini.

Berdasar telaah pada beberapa kebijakan dasar dari pemerintah AS dan Uni Eropa, dapat disarikan beberapa hal sebagai berikut: [28], [29]

1. **Berikan ruang dan investasi** bagi konsep *Industry 4.0* untuk berkembang. Pemerintah harus percaya bahwa perkembangan teknologi ini akan memberikan dampak yang besar dan positif kepada pertumbuhan produktifitas nasional. Dukungan pemerintah pada lembaga penelitian dan juga perguruan tinggi akan sangat membantu dalam proses perkembangan *Industry 4.0* yang selaras dengan kondisi Indonesia.
2. **Berikan pendidikan dan latihan** bagi para pekerja dan calon pekerja, pekerjaan masa depan. *Industry 4.0* akan mengubah

hampir semua pola kerja dan ketrampilan yang dibutuhkan oleh pasar tenaga kerja. Semua pekerja (dan juga calon pekerja) perlu diberikan pelatihan yang sesuai sehingga mereka mampu menyelaraskan diri dengan kemajuan teknologi. Sikap untuk terus mau belajar harus ditanamkan dari dini sehingga mereka tidak merasa '*stagnant*' pada pekerjaan/ keahliannya.

3. Pada masa transisi perubahan teknologi, pemerintah harus **menyiapkan bantuan** bagi pekerja yang terkena imbas perkembangan teknologi ini. Para pembuat kebijakan harus memastikan bahwa para pekerja dan pencari kerja, keduanya mampu mengejar kesempatan kerja yang terbaik dan posisi terbaik bagi mereka sesuai dengan kemampuannya. Juga harus dipastikan bahwa mereka menerima upah penyesuaian kerja yang sesuai untuk pekerjaan mereka dalam bentuk kenaikan upah. Termasuk pada langkah-langkah ini adalah usaha untuk memodernisasi sistem sosial tenaga kerja dan jaminan sosial lainnya.
4. **Meningkatkan kesadaran** tentang tantangan dan peluang pada sektor-sektor yang terlibat dalam konsep *Industry 4.0* dan industri internet. Membantu mengidentifikasi dan mengembangkan pasar utama untuk produk dan jasa yang terkait dengan *Industry 4.0*.

Tentu langkah-langkah kebijakan di atas tidak bisa dicontoh, '*copy and paste*' begitu saja. Perlu ada penyesuaian terhadap kondisi demografis, sosial dan ekonomi Indonesia. Namun paling tidak, sudah ada titik awal untuk mulai melakukan kajian.

## 9 Education 4.0

*Industry 4.0* akan merevolusi banyak hal, tidak terkecuali bidang pendidikan. Konektivitas global (dengan teknologi internet), tersedianya mesin-mesin cerdas dan media baru, hanyalah beberapa penggerak untuk membentuk kembali cara pandang kita tentang definisi pekerjaan: *apa itu pekerjaan, bagaimana kita belajar dan bagaimana kita mengembangkan keterampilan untuk bekerja di masa depan.*



**Gambar 24:** Sistem pembelajaran menggunakan *holodome*. [30]

Kecepatan perubahan inovasi yang terus-menerus menuntut ke-trampilan dan pengetahuan baru untuk dapat mengimbangnya. Kebutuhan untuk selalu belajar menjadi lebih penting dibandingkan dengan pekerjaan itu sendiri [30]. Di masa mendatang, manusia akan terbiasa untuk memiliki lebih dari satu karier. Bukan karena harus mencukupi kehidupannya, namun lebih untuk mengeksplorasi kemampuan dirinya. Hal ini dapat dipenuhi ketika sistem pembelajaran juga mampu menyediakan sistem belajar yang efektif, efisien dan tentu saja menarik.

Ketrampilan kerja juga dapat dilatih menggunakan teknologi *augmented reality*, selain bahwa akan ada banyak sekali *real-time virtual laboratory* yang akan dibuka oleh berbagai lembaga pendidikan khusus. Semua akan memudahkan manusia untuk belajar dan berlatih. Oleh karena itu, Fisk (2017) mengusulkan sebuah *platform* pendidikan baru untuk menyelaraskan dengan *platform* teknologi di dalam *Industry 4.0*. Platform pendidikan ini disebut sebagai **Educa-tion 4.0**.

Berdasarkan kebutuhan yang diperlukan untuk mempersiapkan tenaga-tenaga terdidik dan trampil yang selaras dengan kemajuan

dalam *framework Industry 4.0*, disimpulkan beberapa sifat dari konsep pendidikan Education 4.0, yaitu:

1. ***Anywhere-anytime***: dapat diakses dari manapun dan kapan saja. Hal ini dapat dilaksanakan dengan penggunaan teknologi internet, *cloud* serta *augmented reality*.
2. ***Personal***: bersifat pribadi, sesuai dengan kebutuhan pengguna/ siswa.
3. ***Flexible delivery***: penyampaiannya bersifat *flexible*, namun tetap sesuai standar yang ditentukan.
4. ***Peers & mentors***: walaupun penyampaian bahan ajar sebagian besar dapat dilakukan secara virtual, namun tetap saja fungsi teman sejawat dan mentor diperlukan. Pertemuan memang tidak perlu di sebuah tempat nyata (kelas), namun komunikasi haruslah bersifat *real-time*, manusia ke manusia.
5. ***Why/Where not What/How***: karena tersedianya informasi yang sangat terbuka maka konsep *sharing* ilmu tidaklah lagi berbentuk pertanyaan '**Apa**' dan '**Bagaimana**'. Hal ini tentu sangat tidak menarik, karena 'hampir' semua hal yang ditanyakan tersebut sudah tersedia di internet. Oleh karena itu, ertanyaan pada suatu topik lebih baik berupa pertanyaan '*Mengapa*' dan '*Dimana*': '*dimana harus mencari*', '*dimana hal tersebut diperlukan*' dan lain sebagainya.
6. ***Practical application***: aplikasi praktis dari teori yang dipelajari selalu menarik minat lebih terhadap siswa. Generasi masa datang (generasi milenial) akan memiliki pandangan yang lebih pragmatik terhadap sebuah pelajaran. Saat inipun sudah mulai terasa bahwa mengajarkan teori saja tidak cukup tanpa adanya praktek aplikasi yang nyata.
7. ***Modular & project***: hal ini merupakan konsekuensi dari syarat bahwa pelajaran yang disampaikan harus memiliki kegunaan

## Industry 4.0



Gambar 25: Karakteristik Education 4.0. [30]

praktis di dunia nyata. Modul dan proyek untuk membuat sebuah aplikasi/ eksperimen/ produk, merupakan langkah untuk mengevaluasi keberhasilan pembelajaran.

8. **Student ownership:** hal ini berarti keterlibatan siswa secara aktif terhadap pembentukan kurikulum yang mereka pilih. Dengan melakukan hal ini, maka kurikulum akan selalu kontemporer, *up-to-date* dan berguna (selaras dengan kebutuhan lapangan kerja). Masukan kritis dari siswa tentang isi dan kesesuaian program yang mereka pilih adalah keharusan bagi seluruh program studi.
9. **Evaluated not Examined:** keberhasilan seorang siswa tidak lagi diukur dari hasil ujian, namun diukur dari akumulasi hasil evaluasi terus menerus, sejak dari awal program. Saat ini, hal ini masih menjadi *utopia* bagi sebagian besar penyelenggara pendidikan. Namun dengan teknologi yang semakin berkembang dan makin dapat diperoleh, sistem penilaian seperti ini akan dapat terwujud.

Berdasar karakteristik pendidikan seperti di atas, maka langkah terpenting yang harus mampu dilakukan sebuah lembaga pendidikan adalah *mampu mengantisipasi perubahan* karakteristik belajar generasi milenium yang unik ini dan bukan hanya kokoh mempertahankan tradisi saja.

## 10 Dampak bagi FTI UNPAR

Selaras dengan jiwa perkembangan *Industry 4.0*, pendidikan harus mampu memberikan lingkungan di mana manusia dan teknologi berjalan selaras. Mampu menyelaraskan diri dalam memanfaatkan potensi teknologi digital, data yang dipersonalisasi, konten dari berbagai sumber terbuka dan nilai-nilai kemanusiaan baru yang terhubung secara global. Sebuah cetak biru bagi masa depan pembelajaran harus ditetapkan dari saat ini dimana *pembelajaran seumur hidup* menjadi inti dari semuanya. Semua dimulai dari pendidikan dasar, kemudian lanjut untuk terus belajar di tempat kerja serta berperan lebih baik bagi lingkungannya.

Oleh sebab itu, sebagai sebuah institusi pendidikan tinggi, ada baiknya Fakultas Teknologi Industri Universitas Katolik Parahyangan sebagai unit yang akan menyiapkan lulusan untuk era *Industry 4.0*, mulai merancang ulang arah pendidikannya, sehingga lulusan yang akan dihasilkan pada tiga-lima tahun ke depan sudah "*siap*" dengan tantangan teknologi yang dihadapi. Lulusan FTI UNPAR nantinya harus faham tentang posisinya di dalam era revolusi industri keempat ini dan mampu memanfaatkannya semaksimal mungkin untuk mengembangkan karier dan pribadinya. Seorang lulusan FTI UNPAR tidak boleh gagap menghadapi perkembangan teknologi yang semakin cepat, bahkan harus mampu untuk terus belajar agar mampu memanfaatkan kemajuan teknologi tersebut agar dapat memainkan peran yang lebih baik bagi masyarakat & lingkungan di sekitarnya.

Karena pada akhirnya, teknologi itu hanyalah sebuah hal yang diciptakan manusia untuk mempermudah pekerjaannya, seperti yang selalu Penulis tekankan kepada mahasiswa bahwa:

*Teknologi diciptakan untuk memanusiakan manusia ; namun hanya manusia jugalah yang mampu memilih apakah akan menjadi hamba atau tuan dari teknologi yang diciptakannya.*

## 11 Kesimpulan

Setelah paparan singkat tentang apa itu *Industry 4.0*, implementasinya di Eropa Barat, posisi kemajuan teknologi digital di Indonesia saat ini, pengaruhnya terhadap pendidikan dan mungkin juga terhadap pendidikan di FTI UNPAR khususnya, maka saatnya disimpulkan paparan *oratio* ini. Beberapa *point* penting yang dapat dituliskan antara lain:

1. *Industry 4.0* pada intinya adalah konsep implementasi teknologi digital dan informasi yang ditanamkan pada sistem industri. Konsep ini nantinya akan terwujud pada terbangunnya sebuah '*smart factory*'.
2. *Industry 4.0* sendiri merupakan kolaborasi dari 9 teknologi yang mendasarinya, yaitu:
  - (a) *Internet of Things*
  - (b) *Cybersecurity* (kemananan dunia maya)
  - (c) *Cloud*
  - (d) *Additive manufacturing*
  - (e) *augmented reality*
  - (f) *Big data & analytic*
  - (g) *Autonomous robots*
  - (h) *Simulation*
  - (i) Integrasi sistem.
3. Bila dipandang dari tingkat kemajuan industri dan literasi digitalnya, Indonesia seharusnya sudah siap untuk memasuki era *Industry 4.0*. Namun masih perlu kajian lanjut mengenai kesiapan dan dampak implementasi *Industry 4.0* pada masalah sosial, budaya, politik dan ekonomi.
4. Konsep *Industry 4.0* akan berdampak pada berbagai sektor dan pendidikan tinggi teknik, terutama Teknologi Industri, akan sangat terpengaruh. Khusus bagi Fakultas Teknologi Industri UNPAR yang sedang berulang-tahun, FTI UNPAR harus mampu

menyelaraskan ketrampilan dan ilmu para lulusannya agar dapat '**matched**' dengan kebutuhan *Industry 4.0*, dan ini perlu komitmen dari kita semua.

5. Dengan dimulainya era MEA (Masyarakat Ekonomi ASEAN), di tahun 2015, perlu penulis ingatkan kembali bahwa kita harus mampu menyiapkan lulusan kita bukan hanya untuk bersaing di Indonesia, namun juga di luar negeri, palingtidak di kawasan ASEAN. Kita perlu tanamkan kesadaran kepada mahasiswa kita bahwa mahasiswa kita nantinya, bukan hanya warga Indonesia, namun juga warga ASEAN dan bahkan warga dunia. Mereka tidak hanya berhak bekerja di Indonesia, namun juga berhak sepenuhnya bekerja di kawasan ASEAN dan juga dunia.
6. Perlu perubahan paradigma dalam menyusun kurikulum, bukan hanya harus sesuai dengan kemajuan era teknologi saat ini, namun juga karakteristik generasi milenial yang unik, yang saat ini sering disebutkan sebagai generasi yang *terlahirkan dengan teknologi digital di dalam DNA-nya*.

## Industry 4.0

Akhir kata, sekali lagi perlu penulis tekankan, bahwa kemajuan teknologi yang dibawa oleh konsep *Industry 4.0* ini janganlah ditakuti, namun justru dimanfaatkan semaksimal mungkin demi memajukan kehidupan umat manusia yang lebih baik. Sebab :

*Teknologi hanyalah teknologi, ia diciptakan untuk memanusiakan manusia ; namun hanya manusia jugalah yang mampu memilih apakah akan menjadi hamba atau tuan dari teknologi yang diciptakannya.*

## Daftar Pustaka

- [1] Commission of the European Communities, *Internet of Things - an Action Plan for Europe: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. Office for Official Publications of the European Communities, 2009.
- [2] H. Kagermann, W. Wahlster, and J. Helbig, "Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0 - Securing the future of German manufacturing industry", acatech – National Academy of Science and Engineering, Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, 2013. [Online]. Available: [http://forschungsunion.de/pdf/industrie\\_4\\_0\\_final\\_report.pdf](http://forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_final_report.pdf).
- [3] (). Textile manufacture during the industrial revolution, [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Textile\\_manufacture\\_during\\_the\\_Industrial\\_Revolution/](https://en.wikipedia.org/wiki/Textile_manufacture_during_the_Industrial_Revolution/).
- [4] R. Engelman, "The second industrial revolution, 1870-1914", 2017. [Online]. Available: <http://ushistoryscene.com/article/second-industrial-revolution/>.
- [5] M. Debord, "The history of car brands in the US", *Business Insider Indonesia*, 2014. [Online]. Available: <http://www.businessinsider.co.id/infographic-the-history-of-car-brands-in-the-us-2014-9/>.
- [6] Digital Technologies International LLC, [Online]. Available: <http://www.automatefactory.com/Products.html>.

## Industry 4.0

- [7] Siemens Nederland N.V., “PLC besturingen van Siemens – voor prestaties op maat”, [Online]. Available: <http://www.industry.siemens.nl/automation/.../industrial-automation/simatic-controller/pages/>.
- [8] F. Mattern and C. Floerkemeier, “From the internet of computers to the internet of things (vom internet der computer zum internet der dinge)”, *Informatik-Spektrum*, vol. 33, no. 2, pp. 107–121, 2010.
- [9] C. R. Schoenberger, “The internet of things”, *Forbes magazine*, Mar. 18, 2002.
- [10] (2012). RFID tracks 1,000 vehicles a day at vw plant in slovakia, RFID 24-7, [Online]. Available: <http://rfid24-7.com/2012/02/13/volkswagen-adopts-rtls-solution-to-track-autos-at-its-slovakia-plant/>.
- [11] “Cyber-physical systems (cps)”, US National Science Foundation, Report, 2010. [Online]. Available: <https://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10515/nsf10515.pdf>.
- [12] S. K. Khaitan and J. D. McCalley, “Design techniques and applications of cyberphysical systems: A survey”, *IEEE Systems Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 350–365, 2015.
- [13] McKinsey & Company, “Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector”, Tech. Rep., 2015. [Online]. Available: [https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf).
- [14] M. Rüßmann et al., “Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries”, *BCG Perspectives*, 2015.
- [15] C. Swedberg. (2014). RFID improves efficiency and transparency at rehau’s bumper factory, RFID Journal, [Online]. Available: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?11856>.
- [16] (). Cisco and rockwell automation, Cisco System, [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/manufacturing/rockwell-automation.html>.

- [17] (). Cloud computing, Wikipedia, [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cloudcomputing>.
- [18] Paige. (2017). Why cloud computing is crucial for Industry 4.0, Edgy Labs, [Online]. Available: <https://edgylabs.com/2017/02/20/cloud-computing-industry-4-0/>.
- [19] "Cloud: Opening up the road to Industry 4.0", Oracle Corporation, Report, 2016. [Online]. Available: [https://www.oracle.com/webfolder/s/delivery\\_production/docs/FY16h1/doc30/reportIaaS.pdf](https://www.oracle.com/webfolder/s/delivery_production/docs/FY16h1/doc30/reportIaaS.pdf).
- [20] Oxford Dictionaries, *Augmented reality*.
- [21] Smart2Zero. (). Augmented reality visualises complex production processes, [Online]. Available: <http://www.smart2zero.com/news/augmented-reality-visualises-complex-production-processes>.
- [22] Koch, V., S. Kuge, R. Geissbauer and S. Schrauf, "Industry 4.0 – opportunities and challenges of the industrial internet", PricewaterhouseCoopers, Tech. Rep.
- [23] J. Mayinka et al., "Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation", McKinsey Global Institute, Report, 2012. [Online]. Available: <https://www.nist.gov/document-4679>.
- [24] R. Oberman et al., "The archipelago economy: Unleashing Indonesia's potential", McKinsey Global Institute, Report, 2012. [Online]. Available: <http://www.mckinsey.com/global-themes/asia-pacific/the-archipelago-economy>.
- [25] M. Matsutani, "Examining 'Industry 4.0' opportunities", *The Japan Times*, 2016.
- [26] R. R. Tjandrawinata, "Industri 4.0: Revolusi industri abad ini dan pengaruhnya pada bidang kesehatan dan bioteknologi", *Medicinus*, vol. 29, no. 1, 2016.
- [27] K. Dhas, M. Gryseels, P. Sudhir, and K. Tan, "Unlocking Indonesia's digital opportunity", McKinsey & Company, Report, 2016. [Online]. Available: <http://www.mckinsey.com/global-locations/asia/indonesia/en/latest-thinking>.

## Industry 4.0

- [28] Smit, J., S. Kreuzer, C. Moeller dan M. Carlberg, *Study Report: Industry 4.0*. Policy Department A, Directorate General for Internal Policies, European Parliament, 2016.
- [29] Executive Office of The President, *Artificial intelligence, automation, and the economy*. The White House, Dec 2016.
- [30] P. Fisk, "Education 4.0 . . . the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life", 2017. [Online]. Available: <http://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>.

## Curriculum Vitae



**Nama** : Ali Sadiyoko  
**TTL** : Semarang, 14 Juni 1971  
**Alamat** : Jl. Cibeunying Permai Raya  
no 22, Cigadung,  
Bandung 40191.  
**E-mail** : alfa51@unpar.ac.id

*Teknologi diciptakan untuk memanusikan manusia; namun hanya manusia jugalah yang mampu memilih apakah akan menjadi hamba atau tuan dari teknologi yang diciptakannya. –*  
(A. Sadiyoko)

## Pendidikan

- |      |   |
|------|---|
| 2016 | <b>Doktor</b> , Teknik Elektro, Sekolah Teknik Elektro & Informatika, Institut Teknologi Bandung<br><b>Bidang:</b> Robotika & Kendali Terdistribusi |
| 1999 | <b>Magister Teknik</b> , Studi Pembangunan, Institut Teknologi Bandung<br><b>Bidang:</b> Kebijakan Industri & Teknologi                             |
| 1995 | <b>Sarjana Teknik</b> , Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung<br><b>Bidang:</b> Sistem Kendali   |

## Disertasi

- Judul : *Sistem Kendali Formasi Serta Penghindaran Halangan untuk Kelompok Robot Otonom Berbasis pada Algoritma Konsensus dan Model Gaya Sosial*
- Promotor : Prof. Dr. Ir. Bambang Riyanto T, M.Sc.
- Co-Prom : Dr. Kusprasapta Mutijarsa, S.T., M.T.  
Dr. Widyawardana Adiprawita, S.T., M.T.
- Deskripsi : Disertasi ini membahas tentang algoritma menghindari rintangan dan pembentukan formasi yang ditanamkan pada sekelompok robot humanoid.

## Publikasi

### Jurnal Internasional

- 2014 | **Sadiyoko, A.**, H. Septanto, O. Soedjana, B. Riyanto & K. Mutijarsa. (2014): *Implementation of Consensus Algorithm on a Group of Humanoid Robots with Varying Network Topologies*. Int'l J. on Electrical Engineering and Informatics, Vol. 6 (4), pp. 755-768.
- 2015 | **Sadiyoko, A.**, B. Riyanto, K. Mutijarsa & W. Adiprawita. (2015). *Obstacle Avoidance Method for A Group of Humanoids Inspired by Social Force Model*. J. of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology, Vol. 6 (2),67-74.
- 2017 | Damayanti, K.A., **A. Sadiyoko** dan M.B. Rivani (2017): *The Design of Color Detector Device for Visually Impaired People*. Asian J. of Applied Sciences, Vol. 5 (2).

## Prosiding

- 2011 **Sadiyoko, A.**, B. Riyanto, & K. Mutijarsa. (2011): *Dinamika Kerumunan Manusia Menggunakan Model Gaya Sosial*, Seminar Nasional & Workshop Pemodelan & Perancangan Sistem. Bandung, Indonesia.
- 2012 **Sadiyoko, A.**, B. Riyanto & K. Mutijarsa. (2012): *The Propagation of Psychological Variables in Crowd: Simulation Results*. The 6th Asia Modeling Symposium, Bali, Indonesia.
- Sadiyoko, A.**, Oetomo, H. Septanto, B. Riyanto, K. Mutijarsa & A. Syaichu-Rohman. (2012): *Experimental Study of Consensus Algorithm on a Group of Humanoid Robots*. The 8th Int'l Conf. on Intelligent Unmanned Systems, Singapore.
- 2013 **Sadiyoko, A.**, H. Septanto, O. Soedjana, B. Riyanto, K. Mutijarsa & W. Adiprawita. (2013): *Sinkronisasi Gerakan Sekelompok Robot Humanoid Menggunakan Algoritma Konsensus*. Seminar Nasional Teknik Elektro Unjani 2013. Cimahi.
- 2015 **Sadiyoko, A.**, B. Riyanto, K. Mutijarsa & W. Adiprawita. (2015): *Formation Control of Humanoid Robots with Obstacle and Collision Avoidance Inspired by SFM*. The 10th Int'l Conf. on Intelligent Unmanned Systems, Bali, Indonesia.
- Sadiyoko, A.**, B. Riyanto, K. Mutijarsa & W. Adiprawita. (2015): *Consensus Algorithm for Obstacle Avoidance and Formation Control*. The 10th Asian Control Conf. 2015, Kota Kinabalu, Sabah, Malay-sia.

## Organisasi Profesi

- 2010-... **IEEE**, *Institute of Electric & Electronics Engineers, IEEE*.
- 2016-... **PII**, Persatuan Insinyur Indonesia

## Motion Control Solutions for Your Production Machines and Machine Tools

**CNCdesign**  
Motion Control Solutions



**CNC Design Indonesia** (PT CNC Disain Nusantara) is a part of CNC Design Group operation within the Southeast Asia region since 1996. CNC Design Group itself has been established since 1984, having its head quarter located in Melbourne, Australia. We have active offices in Malaysia, Singapore, Thailand, Indonesia, Australia and New Zealand.

We offer motion control solutions for machine tools and production machines application leveraging the latest motion control technology from Siemens as our key technology partner. Professional project management, and highly motivated-well trained-passionate engineers are of our distinctive advantages in delivering unique and reliable motion control solutions for broad range of industries either for new machine design or upgrading the existing ones. Range of solutions include:

- **CNC Retrofit:** Compact Machine Tools, Heavy Engineering, Roll Grinder, Education Machines, Gear Cutter, Special Purpose Machine, etc.
- **Flexible Packaging, Plastic and Printing:** Forming, Sealing, Filling, Tubular Bagging, Stand Up Pouch, Bag Making, F&B Packaging, Laminating, Coating, Extrusion, Gravure and Flexography
- **Metal and Sheet Metal Processing:** Tube Bending, Plate Bending, Press Brake, Flying Shear, Flame, Plasma Cutting, Beam Drilling, Punching, Continuous Galvanizing and Painting Line
- **Paper Converting and Finishing:** Tissue Folding and Packaging, Unwinder/Rewinder, Sheet Cutter, Callender and Slitter



Siemens Sinumerik CNC System



Siemens Simotics Servo and Spindle Motors



Siemens Simotics Torque and Linear Motors



Office and Engineering Shop:  
**PT CNC Disain Nusantara**  
**Partner of Siemens AG**  
Digital Factory Division  
Motion Control  
Machine Tools Systems (DF MC MTS)

Kawasan Industri Pulogadung  
Jl. Pulo Buaran V No.8B  
Jakarta 13920  
INDONESIA  
Phone: +62 21 4682 7939 Fax: +62 21 4682 7764  
Email: [cnccindo@cnccdesign.com.au](mailto:cnccindo@cnccdesign.com.au)  
Website: [www.cnccdesign.com.au](http://www.cnccdesign.com.au)

**iati**  
unpar

 @iati\_unpar

**Sidharta Sulistio**  
Teknik Industri 2001