KARAKTERISTIK MODEL DAN ANALISA PELUANG-TANTANGAN INDUSTRI 4.0

Rahman Fauzan[1]
[1)]*Master of Industrial Strategic Management*
Teknik Informatika, Politeknik Hasnur
onlymusafir@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini kita berada di tengah-tengah arus revolusi Industri 4.0. Meskipun konsepnya masih belum tersebar luas, namun sangat berpotensi merubah berbagai aspek dalam kehidupan manusia. Karakteristik model dari Industri 4.0 adalah kombinasi dari beberapa perkembangan teknologi terbaru seperti sistem siber fisik, teknologi informasi dan komunikasi, jaringan komunikasi, *big data* dan *cloud computing*, pemodelan, virtualisasi, simulasi serta peralatan yang dikembangkan untuk kemudahan interaksi manusia dengan komputer. Konsep industri 4.0 menjanjikan banyak peluang perubahan positif terhadap industri manufaktur saat ini, diantaranya adalah kemampuan kustomisasi massal, fleksibilitas produksi, meningkatkan kecepatan produksi, kualitas produk yang lebih tinggi, menurunkan rata-rata kegagalan, mengoptimalkan efisiensi, pengambilan keputusan berdasarkan data, hubungan kedekatan dengan pelanggan yang lebih baik, metode baru dalam penciptaan nilai (*value*) serta memperbaiki kehidupan kerja. Industri 4.0 juga memiliki tantangan yang harus dihadapi ke depan, seperti persoalan perubahan paradigma bisnis, keamanan, pengamanan, persoalan hokum dan IP, standarisasi dan tantangan perencanaan sumber daya manusia. Kesalahan yang terburuk dalam menghadapi perubahan ini adalah ketidakmauan untuk mengambil peran terhadap perubahan itu sendiri, sebab masa depan industri 4.0 masihlah belum terlihat jelas, kesuksesan dan kegagalannya sangat bergantung pada keterlibatan semua *stakeholder*.

Keywords: *Industri 4.0, Karakteristik, Peluang, Tantangan*

PENDAHULUAN

Industri 4.0 telah menjadi kata kunci baru dalam dunia industri manufaktur (Kinzel, 2016). Akhiran kata 4.0 mengindikasikan bahwa, ini adalah gelombang ke 4 dari suatu perkembangan industri yang berbeda, dan telah diberinama dengan "Revolusi Industri ke 4". Meskipun konsepnya belum tersebar luas, namun peluangnya sangat besar untuk merubah berbagai aspek kehidupan manusia dan industri manufaktur saat ini. Demikian juga pada saat yang sama hal ini akan diikuti oleh banyak tantangan. Tujuan dari artikel ini adalah untuk memberikan sebuah tinjauan tentang karakteristik model dan analisa peluang-tantangan dari industri 4.0.

LATAR BELAKANG

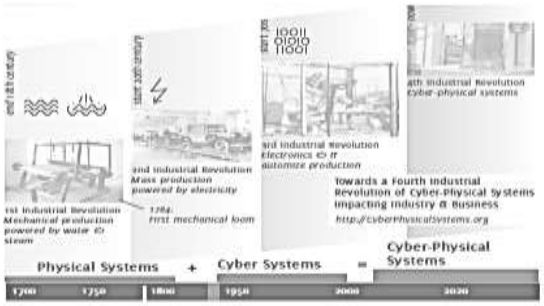
Istilah industri 4.0 (*industry*/*industrie* 4.0) secara resmi dipresentasikan di Hannover Fair Jerman pada tahun 2012 sebagai satu dari sepuluh "Proyek masa depan" yang dibuat oleh Germany's High-Tech Strategy 2020 (Davies, 2015; Kinzel, 2016; T. Pfeiffer, 2016).

Awalnya hal ini diperuntukkan untuk mendeskripsikan perubahan teknologi pada bidang manufaktur dan menetapkan prioritas dari kerangka kerja kebijakan yang konsisten untuk mempertahankan daya saing global industri Jerman. Kata 4.0 mengindikasikan bahwa industri 4.0

dianggap sebagai revolusi industri keempat, sebagai keberlanjutan yang logis dari tiga revolusi industri sebelumnya. Bagi kebanyakan orang, terminologi revolusi industri merujuk kepada perubahan-perubahan yang terjadi setelah diperkenalkannya metode produksi menggunakan tenaga mesin uap. Memang benar demikian, revolusi industri pertama dimulai ketika ditemukannya mesin tenun pertama di tahun 1784. Metode produksi secara manual telah digantikan menggunakan mesin dan bengkel kerja (*workshop*) kecil telah berubah menjadi pabrik yang memungkinkan untuk memproduksi dalam skala lebih besar. Tidak sampai 100 tahun kemudian revolusi industri kedua dimulai, antara akhir abad ke 19 dan awal abad ke 20. Bersamaan dengan meluasnya pemakaian energi listrik, revolusi industri kedua memperkenalkan perkembangan perindustrian utama yaitu jalur perakitan (*assembly line*) dan produksi massal (*mass production*). Periode antara revolusi kedua dan ketiga hanya kurang dari beberapa dekade. Dimulai tahun 70an, dengan sangat cepatnya adopsi terhadap peralatan elektronik dan IT telah memungkinkan otomatisasi produksi yang jauh lebih baik lagi di pabrik-pabrik.

KARAKTERISTIK INDUSTRI 4.0

Revolusi industri ke 4 saat ini, yang telah dimulai tahun 2000an, membuat otomatisasi sudah semakin jauh berkembang utamanya pada sistem produksi siber-fisik *(cyber-physical).* Hal ini secara luas telah melampaui perkembangan teknologi yang dikenal dengan pabrik pintar (*smart factories*), industri *internet of things*, *smart industry*, ataupun *advance manufacturing* (Kinzel, 2016).



Gambar 1. Revolusi Industri Ke 4 (Sogeti VINT, 2014)

Karakteristik industri 4.0 adalah kombinasi dari beberapa perkembangan teknologi-teknologi terbaru (Kinzel, 2016), yaitu:

- Sistem siber-fisik (*cyber-physical systems*).
- Teknologi Informasi dan komunikasi (*information and communication technology*).
- Jaringan komunikasi (*network communications*).
- *Big data* dan *cloud computing.*
- Peningkatan kemampuan peralatan untuk interaksi dan kooperasi manusia-komputer (*human-computer*).
- Pemodelan (*modeling*), virtualisasi (*virtualization*), dan simulasi (*simulation*).

Sistem Siber-Fisik

Sistem siber-fisik (*cyber-physical systems*) meningkatkan kemampuan untuk mengontrol dan memonitor proses fisik, dengan bantuan sensor, robot cerdas, drone, printer 3D dan lain sebagainya. Dalam *cyber-physical systems,* komponen fisik seperti printer 3D, drone dan robot, serta komponen perangkat lunak seperti analisa data dan teknologi sensor semua disatukan ke dalam jaringan (*network*) yang saling berinteraksi antar elemennya. Pada saat input awal dan produk akhir yang biasanya berbentuk fisik, informasi biasanya

dipindahkan antara kondisi fisik dan digital selama proses manufaktur berlangsung. Sebagai contoh, aktivitas memindai (*scan*) komponen fisik yang menghasilkan representasi model digital sesuai dengan hasil pindaiannya. Data digital ini kemudian dapat dirubah ke bentuk informasi fisik lagi menggunakan printer 3D.

Teknologi Informasi dan Komunikasi

80% inovasi-inovasi dalam manufaktur berbasis pada ICT (Wahlster, 2012). Digitalisasi dan menyebarluasnya aplikasi ICT memungkinkan untuk mengintegrasikan semua sistem diseluruh pasokan dan rantai nilai sehingga dapat mengagregasikan data di semua level. Seluruh informasi terdigitalisasi dan kesesuaian sistem di dalam dan antar perusahaan terintegrasi dalam setiap tahapan antar pembuatan dan penggunaan siklus hidup produk (Kinzel, 2016).

Manufaktur produk pintar (smart product) akan mengambil peran tambahan dari tujuan utamanya: sebagai wadah informasi yang mengumpulkan informasi sepanjang rantai suplai dan siklus hidupnya; sebagai agen; produk secara aktif memberikan pengaruh kepada lingkungan, dan sebagai observer; produk memonitor dirinya sendiri dan lingkungannya (Wahlster, 2012). Sebagai contoh, item pakaian dapat memonitor berapa lama keusangannya atau sebarap sering telah dicuci, untuk dilaporkan ke pabrik dalam rangka untuk memproduksi penggantinya saat dibutuhkan (Kinzel, 2016). Pengembangan sektor ICT saat ini telah membentuk pondasi industri 4.0, sebagai proses industrialisasi yang telah mulai untuk melampaui otomatisasi sederhana dari produksi yang telah dimulai pada awal 1970an (Schlaepfer, 2014).

Komunikasi Jaringan (*Network Communications*)

Semua peralatan ini, baik pada pabrik manufaktur, pemasok dan distributor semua terhubung melalui teknologi internet dan *wireless* (Kinzel, 2016). Jaringan komunikasi dengan kualitas tinggi yang terpercaya menjadi kebutuhan paling penting bagi industri 4.0 dan karenannya sangat penting untuk mengembangkan infrastruktur jaringan internet di mana dibutuhkan (Kagermann, 2013). Jaringan dengan kemampuan internet yang tinggi mampu menghubungkan antar komponen ini sehingga dapat melakukan desentralisasi dan pengaturan mandiri dari pengoperasian sistem siber-fisik (*cyber-physical systems*).

Big Data* and *Cloud Computing

Dengan penggunaan *big data* dan komputasi awan (*cloud computing*), informasi yang diambil melalui jaringan ini dapat digunakan untuk memodelkan, memvirtualisasi dan mensimulasi produk dan proses manufakturnya. Model ini disebut sebagai kembar digital (*digital twins*), atau peralatan bayangan (*device shadows*). *Digital twins* adalah pendamping komputerisasi (*computerized companion*) dari asset fisik yang mampu melakukan monitoring, diagnosis, dan prognosis asset secara langsung (*real time).*

Peralatan Yang Ditingkatkan Kemampuannya (*Improved Tools*)

Untuk melakukan kontrol terhadap proses tersebut, tempat kerja manusia dipasok dengan peralatan ICT yang dibuat untuk digunakan untuk perkembangan dalam *augmented reality* dan robot cerdas. Sistem siber-fisik pada industri 4.0 memiliki tujuan utama untuk membantu manusia dalam pekerjaan sehari-hari. Mereka menyertakan pembantu fisik *exoskeletons*, *context-adaptive* sistem untuk mendiagnosa kesalahan, sistem perencanaan dan perawatan berbasis waktu, *mobile*, personalisasi, sistem tutor yang

adaptive terhadap situasi, dan lain-lain. Fitur kunci dari semua sistem pembantu tersebut adalah *non-intrusiveness, context-adaptiveness,* personalisasi, berbasis lokasi dan mobilitas. Untuk memastikan pengunaan secara optimal dan efisien, sistem-sistem tersebut harus didesain secara baik, dengan memperhatikan kemungkinan untuk dapat merespon ucapan, gerak, treking mata, bahasa tubuh, ekspresi wajah, gerakan fisik dan grafik-grafik (Wahlster, 2012).

Aspek sentral dari industri 4.0 adalah antarmuka (*interface*) nya dengan infrastruktur pintar lainnya, seperti, bangunan pintar (*smart building*), rumah pintar (*smart home*), logistik pintar (*smart logistic*), mobilitas dan jaringan, serta konektifitas terhadap bisnis dan web sosial (Kagermann, 2013; Schlaepfer, 2014). Hal ini sangat penting bahwa area-area kunci ini dipertimbangkan ketika mengimplementasikan industri 4.0. karenanya, dapat dikatakan, bahwa efek dari industri 4.0 tidak terbatas pada *manufacturing* namun juga berpengaruh kepada berbagai aspek kehidupan manusia.



Gambar 2. Lingkungan Industri 4.0 (Schlaepfer, 2014)

PELUANG DARI INDUSTRI 4.0

Perubahan dalam manufaktur ini dikatakan akan menghasilkan perubahan pada berbagai macam proses manufaktur, produk dan bisnis (Kinzel, 2016). Indutri 4.0 memiliki potensi peluang untuk dapat memenuhi kebutuhan konsumen secara individual, fleksibilitas produksi, optimalisasi pengambilan keputusan, efisiensi dan produktivitas sumber daya, perubahan tempat kerja secara demografik, tenaga kerja dan dunia kerja yang seimbang, dan ekonomi kompetitif dengan upah yang tinggi (Kagermann, 2013).

Kustomisasi Massal (*Mass Customization*)

Berkebalikan dengan produksi massal yang berkembang saat ini, industri 4.0 memiliki kemampuan untuk *mass customization*, yang memungkinkan untuk memproduksi dalam skala yang sangat kecil bahkan hanya 1 produk unik dan tetap memperoleh keuntungan (Kagermann, 2013). Kemampuan ini akan meningkatkan efektifitas biaya dari kustomisasi dan pembuatan purwa rupa (*prototype*) serta apa saja yang mendorong inovasi. Perubahan kecil yang terjadi di akhir waktu terhadap produk atau *prototype* menjadi mungkin dilakukan, berkat konfigurasi tinggi dari sistem produksi yangn otomatis. Hal ini menjadi peluang bagi perusahaan untuk mengadopsi model bisnis baru yang bisa menciptakan *value* (nilai) baru dan bersaing tidak hanya dengan harga, namun dengan pilihan pembuatan *prototype* yang cepat dan bersifat individual.

Fleksibilitas Produksi

Dengan pendirian pabrik pintar, mesin cerdas dan memiliki kemampuan konfigurasi yang tinggi memberikan kemampuan untuk berproduksi lebih fleksibel, sehingga mampu untuk menghasilkan produk yang lebih bervariasi dalam fasilitas manufaktur tertentu, proses manufaktur yang lebih tangkas dan cepat tanggap terhadap perubahan dalam waktu singkat (Kagermann, 2013). Hal ini

memberikan peluang bagi perusahaan untuk memproduksi produk bagi konsumen yang lebih luas dan secara cepat dapat beradaptasi terhadap kenaikan dan penurunan kebutuhan pasar yang sifatnya hanya sementara. Misalnya, saat kebutuhan untuk produk tertentu rendah, maka lini produksi dapat dengan mudah dikonfigurasi untuk memproduksi produk lain sebagai kapasitas tambahan sehingga bisa menghantarkan pesanan kepada klien lebih cepat dari yang diharapkan. Hal ini tentu saja akan meningkatkan keyakinan dan kepercayaan dari klien.

Meningkatkan Kecepatan Produksi

Berkat produk digital dan pemodelan proses produksi serta rantai pasok yang dituntun dengan data, kecepatan produksi menjadi meningkat (Kinzel, 2016). Pengumpulan, pra-pemrosesan dan analisa semua data lantai produksi pabrik akan menghasilkan transparansi bagi keseluruhan proses produksi serta mampu mengidentifikasi *bottleneck* dan titik-titik pengembangan yang penting. Sebagai contoh, dalam industri otomotif, spesifikasi desain sering ditetapkan sebelumnya oleh klien. Saat perubahan desain berdampak pada perubahan kecepatan produksi, maka perubahan tersebut dapat dideteksi dan dapat menyampaikannya kepada klien bagaimana perubahan spesifikasi desain itu akan berpengaruh terhadap berkurangnya kecepatan produksi. Dengan kemampuan ini, perusahaan dapat memberikan informasi kepada mitra ataupun pelanggannya tentang kemampuan kecepatan produksinya secara lebih baik.

Kualitas Produk Yang Lebih Baik dan Mengurangi Rata-Rata Kerusakan

Meskipun tingginya kecepatan produksi telah diasosiakan dengan rendahnya kualitas, dalam kasus manufaktur berbasis data, kualitas produksi akan meningkat dan rata-rata kesalahan akan menurun, sebab metode sampel untuk deteksi kesalahan telah digantikan dengan data *real-time* yang berasal dari sensor (Kinzel, 2016). Aspek penting lainnya dari manufaktur berbasis data adalah kemampuannya untuk melakukan analisa akar masalah (*root-cause analysis*). Dalam lingkungan pabrik yang umum, sering terjadi kasus alat yang tidak berfungsi, perbaikannya lebih sering dilakukan pada gejala kerusakan saja daripada penyebab utama dari gejala tersebut. Tentu saja, hal ini akan menambah biaya perawatan dari mesin, karena sering berulangnya perbaikan yang dilakukan. Perawatan yang tidak terencana akan lebih sering terjadi dan karyawan bagian perawatan harus selalu *stanby* di pabrik. Dengan melihat seluruh data dan bukan hanya pada satu elemen dalam sistem akan sangat membantu dalam mendeteksi akar masalah dan memperbaikinya daripada sekedar memperbaiki gejala-gejalanya saja. Hal ini juga membuat prosedur perawatan lebih mudah diprediksi dan menurunkan kebutuhan akan karyawan bagian perawatan untuk selalu *stanby* di perusahaan.

Mengoptimalkan Efisiensi dan Pengendalian Data Untuk Pengambilan Keputusan

Secara simultan data dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan efsiensi, serta mengoptimalkan pembuatan keputusan dengan analisa yang lebih baik, prediksi perawatan, dan simulasi berbasis data akan membantu meghindari kegagalan mesin dan perencanaan perubahan lantai produksi (Kinzel, 2016; Kagermann, 2013). Analisa data memungkinkan untuk secara *real time* memonitor, mendiagnosa dan melakukan prognosa terhadap asset perusahaan. Dengan kemampuan pengumpulan data secara massif dari sistem yang berbeda-beda, kemudian menggabungkan dan menganalisanya, maka akan muncul pola yang dapat digunakan untuk memprediksi aktivitas

masa depan. Sebagai contoh, kemampuan untuk memodelkan skenario kejadian yang berbeda-beda terhadap aset dan bagaimana suatu kejadian akan berdampak terhadap elemen-elemen lain yang terkait dalam sistem siber-fisik (*cyber-physical system*).

Kedekatan Yang Lebih Baik Terhadap Pelanggan

Perubahan-perubahan yang terjadi di industri 4.0 ini akan membantu untuk bisa lebih dekat kepada konsumen, baik secara virtual maupun fisik. Berkat proses desain *virtual* dan *portal* layanan pribadi, pelanggan secara individual akan dapat menawarkan rancangannya sendiri dan memberikan masukkan yang kuat untuk proses produksi secara umum (Kinzel, 2016; Kagermann, 2013). Dengan memiliki otomatisasi yang luas atas proses produksi dari pabrik fisik mereka, perusahaan dapat memilih untuk membawa pabrik mereka lebih dekat kepada pelanggan sehingga dapat memperpendek rantai pasok dan waktu pengiriman.

Metode Baru Dalam Menciptakan Nilai

Perusahaan akan dapat menemukan cara baru untuk menciptakan nilai (*value*) dan mengadaptasi model bisnis yang sesuai (Kagermann, 2013). Selain dengan biaya, perusahaan juga dapat bersaing melalui kualitas, tingkat kustomisasi dan kecepatan pembuatan *prototype*, yang akan mendoronng perubahan paradigm dalam bisnis (Kinzel, 2016). Bisnis saat ini lebih memilih menjual jasa dari pada produk (*virtual*), namun hal ini sebenarnya juga dapat dikembangkan lebih jauh lagi dan memperoleh sebuah peluang bisnis dalam dunia nyata (fisik). Sebagai contoh, perusahaan otomotif dapat memilih antara menjual suku cadang suatu kendaraan atau menjual produknya berdasarkan ‘kilometer’ (jarak tempuh) saja.

Meningkatkan Kehidupan Kerja

Dalam bentuk model bisnis yang baru, pengaturan kerja dari para pekerja pabrik akan cenderung mengalami perubahan. Karena kemampuan mesin pintar sudah menjadi semakin cerdas, dan mampu mengambil alih tugas-tugas yang berisifat rutinitas. Kondisi ini memberikan peluang bagi para pekerja untuk lebih fokus kepada pekerjaan yang lebih menantang. Para pekerja akan memiliki otonomi yang lebih besar untuk membuat keputusan, mereka bisa lebih terlibat kepada pengembangan produk dan proses serta bebas untuk mengatur beban kerja mereka sendiri (Kagermann, 2013). Pekerjaan-pekerjaan tersebut sebagian besarnya dapat diselesaikan melalui jaringan (*network*) dan memberikan fleksibiltas kerja yang lebih sehingga menciptakan peluang untuk mencapai keseimbangan yang lebiih baik antara pekerjaan dan kehidupan pribadi (Kagermann, 2013; Buhr, 2015).

TANTANGAN INDUSTRI 4.0

Skenario peramalan pengembangan pencapaian dari Industri 4.0 sangatlah berbeda-beda. Ada yang memandang bahwa industri 4.0 sebagai jawaban atas berbagai persoalan yang telah terjadi saat ini, dan ada yang beranggapan bahwa industri 4.0 hanya akan mengakibatkan meningkatnya berbagai persoalan tersebut. Bagaimanapun, sangat penting untuk mengingat bahwa diskursus tentang industri 4.0 masih belum didefinisikan. Kesuksesan dan kegagalannya akan sangat bergantung dengan berbagai tindakan yang diambil saat ini. Berbagai tantangan akan dihadapi dalam penerapan industri 4.0 diantaranya yang menonjol adalah perubahan paradigm bisnis, persoalan keamanan dan pengamanan, persoalan hokum dan IP, standarisasi, desain dan organisasi pekerjaan, peningkatan dan

pengembangan keterampilan para pekerja, serta hambatan untuk berubah.

Perubahan Paradigma Bisnis

Perubahan pada rantai nilai membuat perusahaan harus membuat model bisnis baru dan membangun kerjasama dengan perusahaan lain, termasuk kepada pemasok, perusahaan teknolgi dan infrastruktur (Kinzel, 2016). Tidak mengejutkan jika perusahaan harus bekerjasama dengan perusahaan pesaingnya. Mereka bisa saja saling bekerjasama dalam membangun kerangka kerja aturan, standar ataupun metode pelatihan bersama terkait pengembangan teknologi. Perusahaan juga harus berinvestasi dalam jumlah besar pada mesin baru, perangkat lunak, pengembangan model bisnis, jenis kompetensi, pelatihan karyawan, dan lain-lain. Jika *stakeholder* tidak merespon terhadap perubahan dan mengadopsi paradigma bisnis yang baru, mereka akan dengan segera terubah dan dengan mudah tergantikan oleh yang lain (Buhr, 2015).

Keamanan dan Pengamanan

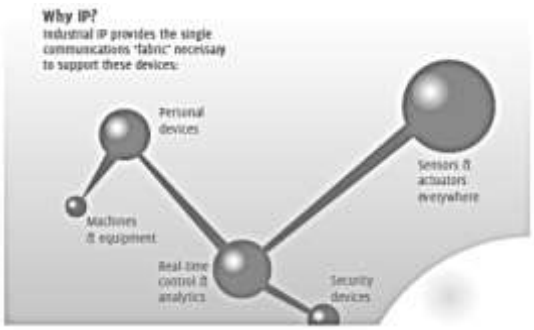
Sebagaimana data-data dikumpulkan melalui rantai nilai, pertanyaan yang akan muncul adalah tentang kepemilikan atas data-data tersebut. Sangat penting bagi perusahaan agar data-data yang mereka miliki tidak berakhir di tangan pesaingnya. Perhatian besar lainnya adalah masalah pengamanan siber (*cyber security*); hal ini menjadi sangat krusial untuk memastikan bahwa mereka tidak dapat diinfiltrasi dan pabrik mereka tidak diambil alih atau dimatikan. Di sisi lain, harus dipastikan bahwa fasilitas produksi mereka sendiri tidak berprilaku membahayakan para pekerjanya ataupun lingkungan sekitarnya, selain juga para pekerja harus menerima pelatihan keselamatan kerja secara berkesinambungan (Kagermann, 2013).

Persoalan Hukum dan IP

Menggunakan banyak entitas, modifikasi dan menghasilkan data baru, akan membawa kepada potensi persoalan hukum. Hal ini penting bahwa proses manufaktur dan model bisnis yang baru akan mengikuti hukum yang telah ada. Begitupula, sama pentingnya untuk mengadaptasi peraturan yang ada sehingga tidak melemahkan inovasi sekaligus melindungi semua *stakeholder* (Kagermann, 2013). Sebagai contoh, jika pelanggan memesan produk dan memberikan kustomisasi terhadap desainnya, siapa yang memiliki hak (*property right*) atas desain produk tersebut (Kinzel, 2016)? Berapa bagian dari data tersebut yang menjadi hak perusahaan dan berapa bagian yang akan menjadi milik pribadi?

Karakteristik industri 4.0 yang dinamai *Cyber-Physical Systems* (CPS), merupakan sistem hasil dari pencapaian dari integrasi produksi, sustainibiltas, dan kepuasan pelanggan yang membentuk dasar dari sistem cerdas berabasis jaringan dan proses. Lantai pabrik telah penuh dengan internet. Begitu pesatnya akselerasi internet industri lahir dari pertumbuhan ekplosif dari peralatan digital. Kamera video, *rfid reader*, *tablets*, dan lain-lain, semuanya adalah peralatan internet dengan kualitas yang telah ditingkatkan, efisien dan aman untuk untuk produksi dan proses operasi. Hal ini menyebabkan semakin mudahnya menghubungkan mesin, peralatan, benda-benda dalam satu pabrik atau industri lainnya dan memperosesnya melalui internet. Untuk itu diperlukan IP (*internet protocol*) tertentu untuk industri. IP industri ini bertujuan agar seluruh jaringan infrastuktur industri dan aplikasinya memperoleh manfaat dari konektivitas internet *end-to-end*. Sebagai tambahan untuk konektivitas *ethernet* bagi IP industri, harus ada juga *Common Industrial Protocol*

(cip), yang diarahkan untuk menyatukan komunikasi (Sogeti VINT, 2014).



Gambar 3. Industrial IP. (Sogeti VINT, 2014)

Nilai terbesar dari IP industri adalah kemampuannya menyediakan untuk memproses dan menganalisa secara signifikan aliran informasi yang besar dari produksi dan berbagai proses, sehingga perusahaan dapat beroperasi dengan cara yang lebih fleksibel dan inovatif.

Standarisasi

Apabila secara penuh ingin mengimplementasikan model industri 4.0, standarisasi harus dikembangkan dan dibangun, hal ini untuk memastikan pertukaran data yang benar antar mesin, sistem dan *software*. Persoalan kepemilikan data dan protokol komunikasi akan menghalangi potensi implementasi penuh dari industri 4.0 sebab akan membatasi kompatibilitas produk dari perusahaan atau daerah yang lain (Kinzel, 2016) dan hal tersebut akan menaikkan biaya integrasi atau merusak persaingan serta mendorong potensi terjadinya monopoli. Secara bersama mengembangkan dan menyepakati standar-standar protokol komunikasi, bentuk data serta fasilitas antar muka (*interface*) yang dapat dioperasikan antar perusahaan, sektor dan daerah yang berbeda, serta mendorong pengadopsian dan keberlanjutan dari perkembangan teknologi industri 4.0 (Kinzel, 2016).

Desain dan Organisasi Pekerjaan

Salah satu karakteristik dari industri 4.0 adalah ia akan merubah kondisi tempat kerja. Mesin cerdas menjadi semakin pintar dan murah, membuat para pekerja dapat fokus kepada sedikit sekali pekerjaan rutin dan lebih banyak kepada tugas-tugas yang lebih menantang. Bagaimanapun, perubahan ini akan membawa kepada resiko dan permintaan tertentu. Menurut parlemen Eropa, peran-peran pekerja akan berubah meliputi konten, proses dan lingkungan (Kagermann, 2013). Fleksibilitas, waktu kerja, demografis, sebagaimana kesehatan dan kehidupan pribadi akan terdampak oleh industri 4.0. Semua perkembangan tersebut juga akan mempengaruhi inti dari pekerjaan dan profil keterampilan saat ini. Struktur organisasi baru akan memerlukan pendekatan sosial-teknik (*socio-technical*) untuk pembuatan keputusan, koordinasi, pengendalian dan dukungan antara virtual dan mesin fisik juga pabrik. Tanggung jawab baru ini akan diikuti oleh permintaan yang sangat tinggi untuk memperoleh tenaga kerja (Kagermann, 2013). Para pekerja yang dibutuhkan adalah mereka yang lebih menunjukkan sikap inisiatif, kemandirian pengelolaan, dan memiliki keterampilan komunikasi yang baik (Kagermann, 2013). Untuk hal-hal tersebut, menjadi penting untuk menerapkan desain kerja yang partisipatif dan pengukuran pembelajaran terus menerus (*lifelong learning*) (Kagermann, 2013).

Peningkatan dan Pengembangan Keterampilan Para Pekerja

Profil terbaru pendidikan dari tipe pekerja industri 4.0 masih belum dikembangkan. Para pekerja ini sangat mungkin merupakan lulusan dari latar belakang keilmuan STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *Mathematics*) namun dengan tambahan yang kuat pada domain kompetensi spesifik yang harus

dikuasai dengan baik, berupa kompetensi umum seperti keterampilan manajerial, memahami pola industri-industri khusus dan hubungan dari industri-industri tersbut di sepanjang rantai nilai (*value chain*), rantai suplai (*supply chain*) dan proses-proses. Di sana juga ada permintaan yang tinggi dalam penguasaan keterampilan komunikasi (*communication skills*) untuk mendorong kerjasama tim dan hubungan terhadap pelanggan. Semua keperluan akan kompetensi baru ini akan membantu pengembangan seluruh kualifikasi baru agar sesuai dengan kondisi pekerjaan antar disiplin ilmu. Ini berarti bahwa konten pembelajaran baru dan metode yang didaktik perlu untuk dibangun serta dimasukkan ke dalam pendidikan professional dan pembelajaran terus menerus. Untuk mendukung secara berkelanjutan pendidikan dari para pekerja, maka pengembangan standar-standar baru yang membantu pembelajaran formal dan informal sangatlah penting untuk dibuat (Kagermann, 2013).

Walaupun pengembangan-pengembangan yang terjadi saat ini dapat menginduksi pertumbuhan kerja, namun disaat yang bersamaan ketidakstabilan dari kebutuhan akan keterampilan tinggi tidak terpenuhi sesuai waktunya, maka industri-industri akan terbawa kepada tantangan rekrutmen massif dan hanya mengandalkan bakat jangka pendek, sebagaimana yang telah terjadi saat ini dan akan berkembang dengan cepat untuk lebih dari lima tahun ke depan (World Economic Forum, 2016).

Hambatan Untuk Perubahan

Ancaman terbesar untuk mearaih sukses di Industri 4.0 adalah ketidakaktifan terhadap perubahan. Meskipun industri 4.0 ini adalah sebuah konsep yang masih cukup baru, banyak Negara, seperti Jerman, Switzerland dan China telah memulai persiapan-persiapan untuk melangkah ke revolusi industri berikutnya. Karenanya sangat penting bagi para stakeholder berkolaborasi dan mencari solusi bersama untuk menghindari ancaman ketertinggalan mereka di berbagai sektor. Sebagai contoh, sebagian akademisi berargumen bahwa krisis tenaga kerja berketerampilan tinggi akan teratasi dengan sendirinya seiring dengan berjalannya waktu (Sniderman, 2016). Berdasarkan World Economic Forum (WEF) 2016, bagaimanapun, sangat penting bagi dunia bisnis untuk mengambil peran aktif dalam mendorong pelatihan ulang (*re-training*) dan peningkatan keterampilan (*up-skilling*) tenaga kerja mereka, benar bahwa para pekerja harus berkontribusi untuk masa depan mereka sendiri melalui pembelajaran terus menerus, namun disamping itu pemerintah juga harus menciptakan dan memampukan lingkungan mereka untuk memfasilitasi proses-proses tersebut (World Economic Forum, 2016).

KESIMPULAN

1. Karakteristik model dari Industri 4.0 adalah kombinasi dari beberapa perkembangan teknologi terbaru seperti sistem siber fisik, teknologi informasi dan komunikasi, jaringan komunikasi, *big data* dan *cloud computing*, pemodelan, virtualisasi, simulasi serta peralatan yang telah dikembangkan untuk kemudahan interaksi manusia dengan komputer.
2. Konsep industri 4.0 menjanjikan banyak peluang perubahan positif terhadap manufaktur saat ini, diantaranya adalah kemampuan kustomisasi massal, fleksibilitas produksi, meningkatkan kecepatan produksi, kualitas produk yang lebih tinggi, menurunkan rata-rata kegagalan, mengoptimalkan efisiensi, pengambilan keputusan berdasarkan data, pendekatan pelanggan yang lebih baik, metode baru dalam penciptaan nilai (*value*) serta memperbaiki kehidupan kerja.

3. Industri 4.0 juga memiliki tantangan yang harus dihadapi ke depan, seperti persoalan perubahan paradigma bisnis, keamanan, pengamanan, persoalan hokum dan IP, standarisasi dan tantangan perencanaan sumber daya manusia. Kesalahan yang terburuk dalam menghadapi perubahan ini adalah ketidakmauan untuk mengambil peran terhadap perubahan ini, sebab masa depan industri 4.0 masih belum jelas, kesuksesan dan kegagalannya sangat bergantung pada keterlibatan semua *stakeholder*.

DAFTAR PUSTAKA

A, D. H. (2014). *Penerapan Particle Swarm Optimization untuk Seleksi Atribut pada Klasifikasi Dokumen Berita Menggunakan Naive Bayes Classifier.*

A, S. (2016). Analisis Efektifitas Usaha Bersama Sebagai Instrumen Program Penanganan Fakir Miskin. *Sosio Inf, 2*, 54-55.

Bronson, R. (1983). *Theory and Problem of Operation Research.* Singapore: McGraw Hill Book Co.

Buhr, D. (2015). Social Innovation Policy for Industry 4.0. Available: http://library.fes.de/pdf-files/wiso/11479.pdf.

Cooper, L. B. (1977). *Introduction to Operation Research Models.* Philadelphia: W.B. Saunders Company.

Dartanto, T. (2014, Maret 28). Retrieved from BBC: http://www.bbc.com/indonesia/majalah/2014/03/140327_bisnis_kemiskinan_profil.shtml

Davies, R. (2015). Industry 4.0: Digitalisation for Productivity And Growth. [Online] Available:http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015). Diakses 15-04-2018.

Fleming, G. (1975). *Computer Simulation Techniques in Hydrology.* New York: American Esevier Publishing.

Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics.* New York: John Wiley & Sons Inc.

Gill, P. M. (1993). *Practical Optimization.* London: Academic Press Inc.

Horowitz, I. (1970). *Decision Making: The Theory of The Firm.* New York: Rinehart and Winston.

Howard, R. A. (1988). Decision Analysis: Practice and Promise. *Management Science, Vol. 34, No.6*, 679-695.

Iskandar, D., & Suprapto, Y. K. (2013). Perbandingan Akurasi Klasifikasi Tingkat Kemiskinan antara Algoritma C4.5 Dan Naive Bayes Clasifier. *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering, 11*, 14.

Junianto, E. (2014). *Penerapan Particle Swarm Optimization untuk Seleksi Fitur pada Klasifikasi Dokumen Berita Menggunakan Naive Bayes Classifier.* Jakarta: Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Nusa Mandiri.

Kagermann, H. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry; Final Report of The Industrie 4.0 Working Group.* Acatech.

Kelton. (1996). *Simulation, Modeling and Analysis.* McGraw-Hill.

Kinzel, H. (2016). Industry 4.0 - Where Does This Leave The Human Factor? *[Online] Available: https://www.researchgate.net/publication/308614137_Industry_40_-_Where_does_this_leave_the_human_factor.*, Diakses 20-03-2018.

Klein, G. (2003). *The Power of Intuition.* New York: Doubleday.

Kusrini, & Luthfi, E. T. (2009). *Algoritma Data Mining.* Yogyakarta: Andi.

Loomba, P. N. (1976). *Management, A Quantitative Perspective.* New York: Mac Millan Publishing Company Inc.

Loucks, D. S. (1981). *Water Resource System Planning and Analysis.* New Jersey: Prentice-Hall.

Makkonen, S. (2005). *Decision Modeling Tools For Energy Utilities In The Deregulated Market.* Helsinki University of Technology: Thesis Disertation.

Mays, L. a.-K. (1992). *Hydrosystem Engineering & Management.* Singapore: McGraw Hill Inc.

Moore, W. (2001). *Decision Modeling With Microsoft Excel.* Prentice Hall.

Murthy.et.al, D. (1990). *Mathematical Modelling.* Pergamon Press.

Philips, D. R. (1976). *Operations Research Principles and Practice.* Toronto: Jhon Wiley & Sons Inc.

Schlaepfer, R. a. (2014). Industry 4.0: Challenges and Solutions for the Digital Transpormation and Use of Exponential Technologies. Available: http://www.industrie2025.ch/fileadmin/user_upload/ch-en-delloite-ndustry-4-0-24102014.pdf.

Sniderman, B. K. (2016). *Industry 4.0 and Manufacturing Ecosystems.* Available: https://dupress.deloitte.com/dup-usen/multimedia/podcasts/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connectedenterprises.

Sogeti VINT. (2014). *The Fourth Industrial Revolution; Things to Tighten Link Between IT and OT.* http://vint.sogeti.com.

Spetzler, C., Winter, H., & Meyer, J. (2016). *Decision Quality: Value Creation from Better Business Decisions.* Wiley.

Spetzler, L. N. (2015). An Organization-Wide Approach to Good Decision Making. *Harvard Business Review*, https://hbr.org/2015/05/an-organization-wide-approach-to-good-decision-making.

Sterman, J. D. (2000). *Buisness Dynamics: System Thinking and Modeling for A Complex World.* Irwin-McGraw-Hill.

T. Pfeiffer, J. H.-M. (2016). Empowering User For Industrie 4.0. Available: https://www.researchgate.net/publication/299375062_Empowering_User_Interfaces_for_Industrie_40?ev=srch_pub.

Taha, H. (1992). *Operation Research-An Introduction.* New York: Macmillan Publishing Company.

TNP2K. (n.d.). *Data dan Indikator Tim Nasional Percepatan Penanggulangan Kemiskinan*. Retrieved September 20, 2016, from http://www.tnp2k.go.id/id/data-indikator/mengenai-data-indikator/

Wahlster, W. (2012). Industry 4.0: From Smart Factories to Smart Products.

Winardi, J. (2005). *Pemikiran Sistemik Dalam Bidang Organisasi Dan Manajemen.* Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for The Fourth Industrial Revolution.* Available: https://dupress.deloitte.com/dup-usen/multimedia/podcasts/manufacturing-ecosystems-exploring-world-connectedenterprises.