

Industry 4.0: Pengaruhnya Terhadap Rencana Strategis Pengembangan Jangka Panjang Teknik Mekatronika UNPAR

¹Ali Sadiyoko & ²Christian F. Naa*)

^{1,2}Teknik Mekatronika, Universitas Katolik Parahyangan

¹*alfa51@unpar.ac.id*

²*christian.fredy@unpar.ac.id**

Abstrak

Industry 4.0 adalah proses digitalisasi sektor manufaktur, dengan berbagai macam sensor yang tertanam di hampir semua komponen produk dan peralatan manufaktur yang terlibat, sistem siber-fisik (*Cyber-Physical Systems*) di mana-mana, dengan kemampuan analisis dari semua data yang berhubungan dengan proses yang ada. Implementasi konsep *Industry 4.0* merupakan inti dari proses Revolusi Industri Keempat yang terjadi saat ini. Proses ini akan membuat proses produksi saat ini menjadi semakin efisien dan terhubung dengan lingkungannya. Namun, seiring dengan faktor efisiensi yang dibawanya, konsep baru ini juga menimbulkan banyak kekhawatiran seperti masalah kesiapan industri, kesiapan tenaga kerja, kesiapan struktur sosial, budaya dan regulasi. Artikel ini merupakan sebuah telaah pustaka (*paper review*) yang akan menjabarkan konsep *Industry 4.0* serta melakukan analisis kemungkinan dampak implementasinya pada industri di Indonesia. Hasil telaah ini sangat diperlukan bagi Jurusan Teknik Mekatronika UNPAR dalam menyusun strategi jangka panjangnya, terutama pada perencanaan kurikulumnya, agar dapat menghasilkan lulusan yang sesuai dengan kebutuhan tenaga kerja dalam konsep *Industry 4.0*.

Kata Kunci: industry 4.0, industri manufaktur, pendidikan tinggi, teknik mekatronika.

1 Pendahuluan

Industry 4.0 (*Industrie 4.0*/ Industri 4.0) adalah sebuah program kebijakan pengembangan industri di negara Jerman yang diumumkan pada tahun 2011, dimana pada intinya adalah meningkatkan penggunaan teknologi internet dan komputer pada industri manufaktur. Era industri baru ini akan ditandai dengan individualisasi yang kuat dari produk-produk yang dihasilkan serta dalam kondisi produksi yang sangat fleksibel walau saat melakukan produksi massal sekalipun.

Pelanggan dan mitra bisnis akan dapat terlibat langsung dalam proses bisnis dan nilai tambah sebuah produk. Proses produksi akan langsung terkait dengan layanan berkualitas tinggi. Proses pemantauan dan pengambilan keputusan proses produksi akan berlangsung lebih cerdas, sehingga proses produksi tersebut dapat dikontrol dan dioptimalkan dalam waktu yang singkat oleh perusahaan dan seluruh jaringan kerja terkait. [1].

Latar belakang kebijakan industri ini didorong dari kondisi sektor industri di negara-negara Eropa (Uni Eropa, EU) yang mulai menurun. akan mengalami penurunan populasi tenaga kerja hingga tahun 2050. Saat ini di EU, sektor industri menyerap sekitar tenaga kerja hingga 32 juta orang dan menyumbangkan sekitar 17% dari GDP seluruh anggota EU. Menurut EPC (*Economic Policy Committee*) dan *European Commission*, populasi usia kerja (24-60 tahun) di Eropa akan berkurang sekitar 48 juta jiwa (16%) hingga tahun 2050

dandiperkirakan, saat itu jumlah penduduk usia lanjut di Eropa akan berjumlah sekitar 58 juta jiwa.

Di sisi industri, pangsa pasar produk industri dari negara berkembang (China, India dan Brazil) di Eropa bernilai sekitar € 2.622 milyar, naik 179% dari tahun 1990. Sementara itu, pangsa pasar industri perusahaan Eropa yang tadinya memiliki pangsa 36% justru menurun menjadi 25% dari nilai total € 3.451 milyar [2]. Hal ini tentu menjadi kekhawatiran yang serius bagi negara-negara EU, terutama Jerman yang ekonominya sangat ditopang oleh industri (manufaktur, proses, elektronika dsb.). Akibat dari kondisi ini, konsep *Industry 4.0* secara masif mulai dikembangkan di negara-negara Eropa, dengan motor penggerakannya Jerman.

Implementasi *Industry 4.0* merupakan salah satu program unggulan Uni Eropa. Hingga tahun 2020, direncanakan akan ada lebih dari 200 perusahaan yang mendukung program ini dengan investasi sekitar €140 milyar. Industri yang direncanakan akan mengimplementasikan konsep ini Antara lain: industri manufaktur dan teknik, industri otomotif, industri proses, industri elektronika dan sistem elektrik serta industri informasi dan komunikasi [3]. Dapat dipastikan bahwa topik-topik teknologi yang terkait dengan kebijakan *Industry 4.0* saat ini adalah topik *state-of-the-art* penelitian teknologi manufaktur saat ini.

Lalu, bagaimanakah dampak *Industry 4.0* ini terhadap Indonesia? terutama terhadap pendidikan teknik di Indonesia? Pada artikel ini akan diulas tentang apakah itu *Industry 4.0*, dampaknya pada sektor industri manufaktur di Indonesia, kebutuhan tenaga terampil untuk industri manufaktur Indonesia serta bagaimana menyiapkan tenaga terampil tersebut. Analisis atas data yang diperoleh dari studi pustaka yang dilakukan diharapkan dapat membentuk sebuah sistem pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan industri di Indonesia saat ini. Hasil akhir dari telaah pustaka ini adalah butir-butir pertimbangan untuk merancang strategi jangka panjang pendidikan bagi Jurusan Teknik Mekatronika UNPAR.

2 Revolusi Industri dan *Industry 4.0*

2.1 Sejarah Revolusi Industri

Revolusi industri pertama ditandai dengan penciptaan mesin tenun mekanik bertenaga uap oleh E. Cartwright (1784). Walaupun mesin uap diciptakan pertama kalinya oleh J. Watt (1781), namun aplikasi mesin uap untuk menggerakkan mesin tenun inilah yang dianggap memulai tahapan industri baru. Perubahan besar yang terjadi akibat adanya mesin tenun ini adalah perubahan metode produksi tekstil dari proses produksi manual menjadi proses produksi yang menggunakan mesin. Perubahan metode produksi ini memicu peningkatan kebutuhan bahan kimia dan logam, yang pada akhirnya berdampak pada tumbuhnya industri kimia dan industri metalurgi. Pada saat itu, industri tekstil adalah industri yang paling dominan di Eropa, baik dari sisi jumlah pekerja, nilai luaran produksi dan nilai modal yang ditanamkan. Karena perubahan sistem produksi yang besar inilah, maka tonggak revolusi industri pertama ditetapkan terjadi saat Cartwright menciptakan mesin tenun mekanik bertenaga uapnya [4].

Revolusi Industri Kedua terjadi di Amerika Serikat, yang ditandai dengan penggunaan energi listrik sebagai energi utama motor penggerak mesin-mesin di industri. Tahap revolusi industri ini terjadi di antara tahun 1870 hingga 1914. Munculnya teknologi listrik dan telekomunikasi, memicu munculnya proses pembangunan infrastruktur telekomunikasi

(telegraf) serta teknologi lainnya yang berbasis energi listrik. Pembangunan infrastruktur telekomunikasi ini juga memicu pembangunan infrastruktur transportasi, terutama sistem transportasi kereta api. Hal ini membuat industri besi dan baja berskala besar, penggunaan tenaga uap serta minyak bumi juga ikut berkembang pesat. Pada periode ini, metode organisasi modern untuk operasi bisnis berskala besar serta mencakup wilayah yang luas mulai dikembangkan dan digunakan [5].

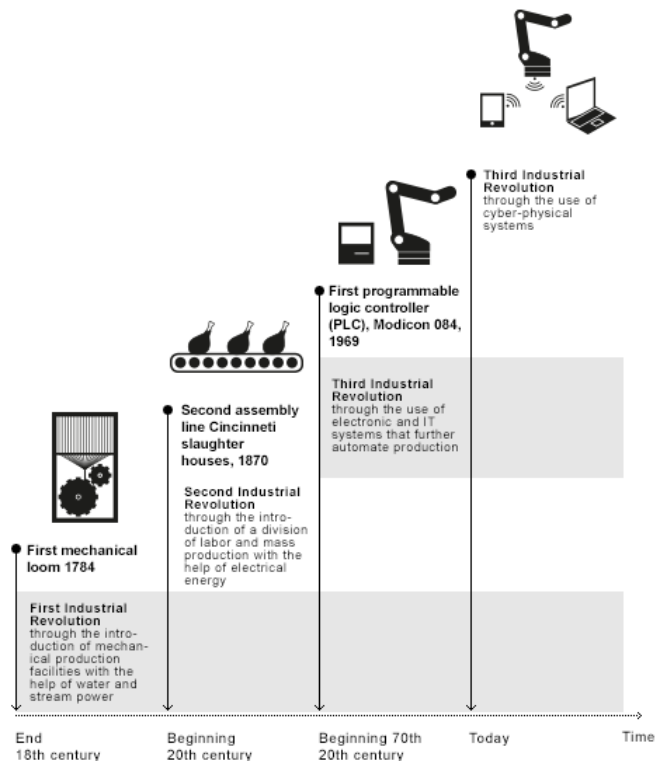
Revolusi Industri Ketiga adalah era dimana komponen elektronika dan teknologi informatika digunakan secara masif di industri, terutama untuk otomatisasi proses produksi [5]. Era ini dimulai sejak digunakannya PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai alat pengendali proses produksi di industri pada tahun 1970-an. Dengan menggunakan PLC, banyak alat produksi yang tadinya harus dioperasikan oleh operator, sekarang menjadi terotomasi. Pada era ini, teknologi robotika juga mulai berkembang, dimana jenis robot berengan (*articulated robot*) mulai diimplementasikan di beberapa industri manufaktur. Selain robotika, teknologi miniaturisasi komponen elektronik serta teknologi semikonduktor juga berkembang pesat, sehingga memicu terjadinya peningkatan kemampuan komputasi komputer dengan ukuran dimensi yang semakin kecil.

Untuk era Revolusi Industri Keempat, walaupun belum ada kesepakatan yang pasti tentang kapan dimulainya era ini, namun banyak peneliti sepakat bahwa era Revolusi Industri Keempat dimulai sejak munculnya istilah "*Internet of Things*" (IoT), yang diperkenalkan oleh K. Ashton (2002) [6,7]. Era ini ditandai dengan penggunaan teknologi RFID (*RadioFrequency Identification*) untuk menandai/ memberikan identitas pada sebuah benda tertentu. RFID dapat dianalogikan sebagai sebuah KTP (Kartu Tanda Penduduk) bagi sebuah benda. Dengan dimilikinya identitas bagi setiap produk dan material di sebuah proses industri, maka keberadaan produk dan material tersebut menjadi mudah terlacak statusnya. Hal ini sangat mempermudah proses manufaktur dalam sebuah industri yang memiliki banyak sekali proses, komponen serta target produksi, seperti yang terdapat pada industri manufaktur, otomotif, ataupun farmasi.

Selain penemuan RFID, revolusi industri keempat ini juga didorong oleh kemajuan teknologi dari empat kelompok teknologi yang berkembang pesat saat ini, yaitu: (1) kelompok teknologi komputasi dan jaringan (2) kelompok teknologi analisis data dan intelijen (3) kelompok interaksi manusia-mesin, dan (4) kelompok konversi digital-ke-fisik. Integrasi empat kelompok teknologi ini ke dalam sebuah sistem industri manufaktur akan membentuk jenis pabrik baru, yaitu pabrik cerdas (*smart factories*).

Walaupun saat ini masih banyak pimpinan perusahaan industri yang meragukan kesiapan industrinya dalam menghadapi perubahan teknologi dalam konsep *Industry 4.0* ini [9], dunia sudah berada pada titik perubahan di mana efek dari teknologi digital akan terwujud dengan "kekuatan penuh" melalui proses otomatisasi dan pembuatan "hal-hal yang belum pernah terjadi sebelumnya" [10]. Bahkan dalam bukunya [11], Schwab menyatakan bahwa pada revolusi industri keempat ini, justru pihak konsumen akan lebih mendapatkan keuntungan dibandingkan pihak produsen. Namun, penerima manfaat terbesar ini adalah para penyedia modal intelektual atau fisik, yaitu: para inovator, investor dan pemegang saham.

Perbedaan mendasar era revolusi industri keempat terhadap era revolusi industri sebelumnya adalah terletak pada: kecepatan perubahannya, keluasan dampak dan kedalaman serta pengaruh sistemiknya.



Gambar 1. Tahapan Revolusi Industri [8].

2.2 Industry 4.0

Industry 4.0 merupakan istilah yang merujuk pada kebijakan industri di Jerman untuk dapat meningkatkan kembali pangsa pasar industrinya, dengan meningkatkan penggunaan teknologi internet (IoT), komputer, sistem tertanam (*embedded systems*) serta teknologi pemrosesan yang telah dimilikinya. Inti dari konsep *Industry 4.0* adalah proses digitalisasi proses manufaktur dengan memanfaatkan secara masif dan intensif teknologi komputer dan internet di dalamnya. Proses ini akan membentuk sistem baru yang disebut dengan *Cyber-Physical System* (CPS), sebuah penggabungan/integrasi yang cerdas antara dunia maya dengan dunia nyata. Sistem produksi yang terbentuk adalah sebuah sistem produksi fisik-maya (CPPS, *Cyber-Physical Production Systems*) yang terdiri dari mesin pintar, sistem logistik dan fasilitas produksi. Sistem produksi ini akan sangat terintegrasi, baik dengan sistem produksi di atasnya ataupun dengan sistem lainnya, dengan memanfaatkan teknologi jaringan komputer/ internet. Dengan menerapkan konsep *Industry 4.0* ini di industrinya, Jerman mengharapkan akan dapat meningkatkan tingkat produktivitas manufakturnya sebanyak 50%, dengan membutuhkan sumber daya setengahnya [8].

Sebagai inti dari konsep *Industry 4.0*, CPS merupakan sistem di mana sebuah entitas ataupun mekanisme fisik diawasi dan dikendalikan oleh algoritma berbasis komputer, terintegrasi dengan internet dan penggunaannya. Dalam sistem ini, 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 [12]. Dari penjelasan ini, dapat disimpulkan bahwa istilah/ konsep *Industry 4.0* lebih berfokus pada penciptaan sebuah produk, prosedur dan proses manufaktur yang cerdas, dimana pabrik pintar (*smart factory*) merupakan fitur kunci dari konsep ini.

Dalam sebuah *smart factory*, kompleksitas sebuah proses produksi dapat dikelola dengan baik sehingga mampu mem-produksi barang dengan lebih efisien. *Smart factory* dirancang dengan kemampuan menangani gangguan produksi yang lebih baik, sehingga lebih tahan terhadap gangguan yang mungkin terjadi. Dalam pabrik ini, manusia, mesin dan sumber daya lainnya dapat saling berkomunikasi satu sama lain secara alami seperti yang terjadi pada sebuah lingkungan sosial. Sistem CPS terwujud dalam bentuk *smart factory*, *smart processes* dan *smart products*.

Sebuah pabrik/ industri dalam konsep *Industry 4.0* tidak lagi dapat dilihat sebagai sebuah sistem yang terisolasi dan berdiri sendiri. Namun harus dilihat sebagai salah satu komponen dari sejumlah komponen utama dari sebuah aplikasi. Hal ini merupakan konsep baru yang harus dilaksanakan secara interdisipliner dan saling bekerjasama dengan komponen utama lainnya [13]. Integrasi dan kerjasama antar komponen lain ini akan mengakibatkan transformasi dari rantai nilai konvensional saat ini, yang pada akhirnya akan memunculkan model bisnis baru serta juga dampak sosial dan politik baru.

2.3 Teknologi Pendukung *Industry 4.0*

Konsep *Industry 4.0* membutuhkan perpaduan/ integrasi dari beberapa teknologi. Ada 9 teknologi utama yang menjadi tulang punggung konsep *Industry 4.0*, yaitu [14]:

1. *Internet of Things (IoT)*.
2. *Cybersecurity* (kemananan dunia maya).
3. *Cloud*.
4. *Additive manufacturing*.
5. *Augmented reality*.
6. *Big data* & analitik.
7. *Autonomous robots*.
8. Simulasi.
9. Integrasi sistem (horisontal maupun vertikal).

Penjelasan secara rinci masing-masing teknologi pendukung konsep *Industry 4.0* di atas dapat dilihat pada [15]. Namun, dapat dilihat di sini bahwa Jurusan Teknik Mekatronika UNPAR saat ini dapat mengembangkan dirinya lebih intens paling tidak pada 3 bidang teknologi, yaitu: *autonomous robots*, *additive manufacturing* dan simulasi. Sementara untuk bidang teknologi lainnya, Jurusan Teknik Mekatronika UNPAR harus bekerja-sama dengan jurusan lainnya.

3 Industry 4.0 dan Ketenagakerjaan

Dengan CPS, mesin dan sistem produksi akan menjadi lebih cerdas (yang pada akhirnya akan membawa lebih banyak keuntungan). Namun dibalik itu, CPS juga menggantikan banyak peran pekerja. Sebuah survey yang dilakukan BCG [16] memperkirakan bahwa akan ada 10 teknologi dalam kerangka *Industry 4.0* yang akan mempengaruhi sektor ketenagakerjaan, yaitu:

1. Kendali mutu berbasis teknologi *big data*: algoritma proses kendali mutu berdasar atas serangkaian data produksi sebelumnya, yang akan mengurangi cacat produk.
2. Perawatan terprediksi (*predictive maintenance*): proses pengawasan kondisi mesin yang sangat detil sehingga memungkinkan diambil tindakan perawatan sebelum mesin tersebut rusak.
3. Proses produksi yang dibantu robot (*robot-assisted production*): robot *humanoid* yang sifatnya lebih fleksibel, mampu membantu manusia melakukan proses *assembly* dan *packaging*.
4. Mesin sebagai jasa (*machine as service*): industri manufaktur di masa mendatang dapat saja menjual sistem pemesinan yang dimilikinya sebagai jasa bagi perusahaan lain, lengkap dengan proses operasional dan perawatannya.
5. Kendaraan logistik yang *autonomous* (*self-driving/ autonomous logistic vehicles*): sistem transportasi logistik di dalam pabrik yang bersifat *autonomous*, sehingga tidak lagi memerlukan sopir.
6. Sistem produksi yang swa-aturnya (*self-organizing production*): sistem produksi yang mampu mengkoordinasikan pekerjaan mesin-mesin secara optimal, baik utilisasi maupun luarannya.
7. Simulasi lini produksi: perangkat lunak terbaru akan muncul, yang mampu mensimulasikan lini produksi dan melakukan optimisasi.
8. Teknologi *additive manufacturing* untuk membuat part yang rumit: *printer* 3D digunakan untuk membuat part yang rumit, yang tidak mungkin dilakukan dengan proses pemesinan konvensional.
9. Jaringan pasok yang cerdas: sistem yang mampu memonitor seluruh jaringan rantai pasok dan mampu memberi keputusan atas kegagalan yang ada pada jaringan rantai pasok tersebut.
10. Pekerjaan, perawatan dan jasa yang bersifat *augmented*: penggunaan teknologi *augmented reality* akan memudahkan operator dalam memahami prosedur kerja/ operasi, bantuan jarak jauh dan dokumentasi.

Pada industri manufaktur, perubahan tingkat teknologi otomasi akan berdampak juga terhadap Indonesia [17]. Oleh karena itu pemerintah Indonesia perlu mewaspadai perubahan pada 10 butir perubahan di atas. Selain itu, MGI juga memperkirakan bahwa pekerjaan yang bersifat *predictable-physical works* (rutin, berulang dan dapat diprediksi) adalah pekerjaan yang paling rentan untuk digantikan dengan proses otomasi. Selanjutnya, pekerjaan yang sifatnya pengolahan data dan pemrosesan data adalah pekerjaan kedua dan ketiga yang rentan untuk digantikan dengan proses otomasi.

Pada sebuah penelitian yang lebih awal, Frey dan Osborne [18] juga memperkirakan bahwa dari 702 jenis pekerjaan yang berhasil diidentifikasi, ada lebih dari 270 jenis pekerjaan yang kemungkinan besar ($\geq 80\%$) akan menghilang di tahun 2030, akibat kemajuan teknologi dan proses komputerisasi (*Artificial Intelligence*). Termasuk dalam golongan yang beresiko ini adalah sebagian besar pekerja dalam sektor transportasi dan logistik, pekerja pendukung administrasi perkantoran, dan tenaga kerja dalam pekerjaan produksi.

Selain memperkirakan pekerjaan yang akan menghilang, Frey dan Osborne juga menyebutkan pekerjaan yang akan mampu bertahan/ tetap diperlukan di masa mendatang. Hampir semua pekerjaan yang akan bertahan adalah pekerjaan yang berhubungan langsung (secara fisik dan psikologis) dengan manusia, misalnya *therapist*, manajer keselamatan, dokter gigi, pekerja sosial, dokter, tukang/ montir, petugas pemadam kebakaran, dsb.

Tabel 1 Sepuluh pekerjaan yang akan bertahan hingga 2030 [18].

Rank	Occupations
1	<i>Recreational Therapists</i>
2	<i>First-Line Supervisors of Mechanics, Installers/ Repairers</i>
3	<i>Emergency Management Director</i>
4	<i>Mental Health & Substance Abuse Social Worker</i>
5	<i>Audiologists</i>
6	<i>Occupational Therapists</i>
7	<i>Orthotists & Prosthetists</i>
8	<i>Healthcare Social Workers</i>
9	<i>Oral & Maxillofacial Surgeons</i>
10	<i>First-Line SPVs of Fire Fighting & Prevention Workers</i>

Selain sifat hubungan langsung dengan manusia lainnya, pekerjaan yang tidak dapat digantikan oleh komputerisasi adalah pekerjaan yang bersifat kognitif-kreatif (*active learning*, kreativitas, *critical thinking*, *complex problem-solving*). Hal ini tidak terlalu berbeda untuk Indonesia. WEF (*World EconomicForum*) memperkirakan bahwa pekerjaan baru yang akan muncul di Indonesia pada tahun 2030 antara lain: pengembang (dan analis) software dan aplikasi, tenaga penjualan dan pemasaran profesional, ilmuwan dan analis data, manajer operasional, spesialis ketenagakerjaan, penasihat finansial dan investasi, insinyur dan spesialis robot [19].

Hal menarik dari laporan WEF tersebut adalah munculnya kebutuhan tenaga teknis di bidang robotika. Kondisi ini dapat menjadi justifikasi bagi Jurusan Teknik Mekatronika UNPAR, bahwa pendirian jurusan ini telah sesuai dengan prediksi kebutuhan insinyur/ teknisi robotika pada masa mendatang di Indonesia.

4 Kondisi Indonesia Saat Ini

Indonesia termasuk negara '*Emerging Economies*' dengan populasi tenaga kerja lebih muda. Pertumbuhan populasi usia kerja yang terus berlanjut di negara-negara '*emerging*' ini dapat mendukung mempertahankan PDB (Produksi DomestikBruto) per kapita saat ini. Namun, mengingat aspirasi pertumbuhan yang tinggi, diperlukan usaha otomatisasi industri dan tindakan peningkatan produktivitas tambahan lainnya, agar perkembangan ekonominya tetap bertahan. Dengan jumlah penduduk yang sangat besar, industri manufaktur dituntut untuk dapat memenuhi permintaan kebutuhan rakyat Indonesia. Hal ini tercermin dari besarnya sektor yang paling berkembang dalam industri manufaktur Indonesia, yaitu sektor: (1) makanan & minuman, (2) bahan kimia, (3) logam dasar, (4) karet dan produk karet, dan (5) pakaian jadi.

Sepuluh tahun yang lalu, industri manufaktur menyumbang 27,4% terhadap PDB Indonesia. Namun, angka itu turun menjadi 21% pada kuartal ketiga 2017, tingkat terendah sejak tahun 2000 ketika ekonomi Asia Tenggara mulai pulih dari krisis keuangan Asia yang parah. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia harus lebih jauh meningkatkan upayanya untuk mendorong investasi di industri manufaktur domestik. Meskipun pemerintah telah berhasil meningkatkan iklim usaha di Indonesia, namun pemerintah dapat meningkatkan kondisi lebih jauh dengan menawarkan insentif fiskal lebih banyak dan menjaga pasokan gas dan listrik yang cukup (dan terjangkau)[20].

Agar dapat mempertahankan tingkat pertumbuhan ekonominya, Indonesia harus tetap mampu menjaga dan bahkan meningkatkan tingkat produktivitasnya. Implementasi konsep *Industry 4.0* dapat menjadi alternatif solusi untuk peningkatan tingkat produktivitas. Akan ada banyak pekerjaan rumah bagi pemerintah, mengingat *Industry 4.0* ini juga akan berdampak sistemik di berbagai sektor. Berbagai kebijakan harus dirumuskan agar kemajuan teknologi ini tetap selaras dengan ketersediaan tenaga kerja Indonesia yang cukup melimpah.

Perlu diketahui, pada tahun 2030-2040, Indonesia diperkirakan akan mengalami masa bonus demografi, dimana jumlah populasi usia produktif (usia 15-64 tahun) lebih besar dibandingkan populasi usia tidak produktif (usia di bawah 15 tahun atau lebih dari 64 tahun). Pada periode tersebut, penduduk usia produktif ditaksir akan mencapai 64% dari total jumlah penduduk Indonesia saat itu (297 juta jiwa) [21]. Dari sisi permintaan produk industri, hal ini berarti tambahan konsumen potensial hingga 90 juta orang hingga tahun 2030 [22]. Agar Indonesia dapat memperoleh manfaat maksimal dari bonus demografi ini, ketersediaan sumber daya manusia produktif yang melimpah ini harus diimbangi dengan peningkatan kualitas disisi pendidikan dan keterampilan, termasuk kaitannya dalam menghadapi keterbukaan pasar tenaga kerja.

Kondisi industri manufaktur Indonesia sebagai basis industrielektronika dan otomotif perusahaan-perusahaan internasional, Indonesia mau tidak mau pasti akan terimbas akan teknologi yang ada di konsep *Industry 4.0* ini. Jepang, sebagai investor industri terbesar di Indonesia, mulai memikirkan implementasi *Industry 4.0* di perusahaan-perusahaannya [3]. Besar kemungkinannya, hal ini akan diimplementasikan juga di pabrik-pabriknya di Indonesia.

Dari telah terhadap kondisi industri manufaktur Indonesia saat ini, ada dua hal yang perlu diperhatikan untuk merealisasikan implementasi konsep *Industry 4.0* di Indonesia, yaitu:

1. Profil demografi Indonesia yang sangat berbeda dengan Jerman/ Eropa. Ketika Jerman/ Eropa, di tahun 2050, mengalami pengurangan jumlah tenaga kerja, di Indonesia justru mengalami peningkatan jumlah tenaga kerja.
2. Investasi asing (pembangunan pabrik) yang telah ditanamkan di Indonesia sejak lama, membuat Indonesia sulit untuk menghindari implementasi *Industry 4.0*. Jika pihak *principal* menghendaki implementasi *Industry 4.0*, maka pabrik di Indonesia juga akan mengikutinya.
3. Tak ada jalan lain, selain pemerintah dan swasta diharapkan mampu meningkatkan kualitas pendidikan dan keterampilan SDM Indonesia. Saat ini, pemerintah sedang melaksanakan program revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dan pendidikan *vocational* lainnya. Tujuan utamanya adalah menambah lulusan, peningkatan kualitas anak didik serta kesesuaian keterampilan lulusan dengan kebutuhan industri (program *link & match*). Selain itu, pemerintah juga mendorong industri agar terus meningkatkan keterampilan pekerjajanya melalui pendidikan dan pelatihan.

5 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perindustrian (Kemenperin) telah menyusun sebuah peta jalan untuk mengimplementasikan sejumlah strategi dalam memasuki era *Industry 4.0*, yang diberi nama Making Indonesia 4.0 [23]. Dalam peta jalan tersebut juga disebutkan 5 sektor industrimanufaktur yang akan menjadi percontohan untuk memperkuat fundamental struktur industri Indonesia, yaitu: (1) sektor industri makanan dan minuman, (2) sektor industri otomotif, (3) sektor industri elektronik, (4) sektor industri kimia, serta (5) sektor industri tekstil.

Selain itu, Kemenperin juga telah menyusun 4 strategi bagi Indonesia untuk memasuki era *Industry 4.0*, yaitu: [24]

1. Mendorong angkatan kerja di Indonesia untuk terus belajar dan meningkatkan keterampilannya dalam memahami penggunaan teknologi IoT atau integrasi kemampuan internet dengan lini produksi di industri. Hal ini dilakukan dengan menginisiasi pelaksanaan pendidikan vokasi yang '*link and match*' antara SMK dengan industri.
2. Pemanfaatan teknologi digital untuk memacu produktivitas dan daya saing bagi industri kecil dan menengah (IKM) sehingga mampu menembus pasar ekspor melalui program *e-smart IKM*.
3. Mendorong industri nasional untuk menggunakan teknologi digital seperti *Big Data*, *Autonomous Robots*, *Cybersecurity*, *Cloud* dan *Augmented Reality*.
4. Mendorong inovasi teknologi melalui pengembangan *startup* dengan memfasilitasi tempat inkubasi bisnis. Upaya ini telah dilakukan Kemenperin dengan mendorong penciptaan wirausaha berbasis teknologi yang dihasilkan dari beberapa technopark yang dibangun di beberapa kota di Indonesia, misalnya di Bandung, Denpasar, Semarang, Makassar dan Batam.

6 Pendidikan Tinggi 4.0

Implementasi *Industry 4.0* akan merevolusi cara pandang kita tentang definisi pekerjaan dan pembelajaran, misalkan : apa itu pekerjaan, bagaimana kita belajar dan bagaimana kita mengembangkan keterampilan untuk bekerja di masa depan. Proses inovasi yang terus-menerus menuntut ketrampilan dan pengetahuan baru untuk dapat mengimbangnya. Kebutuhan untuk selalu belajar menjadi lebih penting dibandingkan dengan pekerjaan itu sendiri [25]. Manusia masa depan harus memiliki keterampilan *active learning* dan harus memiliki sikap sebagai seorang *long-life learner* (pembelajar sepanjang hayat). Manusia masa datang akan terbiasa untuk multi-karier. Bukan karena harus mencukupi kehidupannya, namun lebih untuk mengeksplorasi kemampuan dirinya.

Khusus untuk Indonesia, akan muncul beberapa keterampilan baru di era *Industry 4.0*, yang dibutuhkan untuk mendukung perubahan ini. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini. Berdasar atas kebutuhan keterampilan khusus ini, maka rancangan sistem pembelajaran akan dianggap berhasil jika mampu menyediakan sistem belajar yang efektif, efisien dan menarik, sehingga siswa dapat memperoleh keterampilan dasar masa depan ini.

Tabel 2 Keterampilan baru yang akan muncul [19].

Emerging skills	
<i>Creativity, originality & initiative.</i>	<i>Emotional intelligence.</i>
<i>Analytical thinking & innovation.</i>	<i>Critical thinking & analysis.</i>
<i>Active learning & learning strategies.</i>	<i>Reasoning, problem-solving & ideation</i>
<i>Technology design & programming.</i>	<i>Systems analysis & evaluation</i>
<i>Complex problem-solving.</i>	<i>Leadership & socialinfluence.</i>

Dari sisi penyedia layanan pendidikan (tinggi), hal ini tentu menjadi tantangan tersendiri yang tidak mudah untuk disediakan. Sistem pengelolaan pendidikan (tinggi) Indonesia yang sangat birokratis dan *highly regulated* harus mampu merespon perubahan ini dengan cepat. Padahal secara teoritis, *disruption* akan sangat mudah terjadi dalam industri yang *highly regulated*. Tanpa disadari, *disruption* sesungguhnya sedang terjadi di beberapa kampus besar di Indonesia [26]. Oleh karena sifatnya yang *highly regulated* itu, pengelolaan pendidikan (tinggi) Indonesia akan mudah *disrupted*. Regulator pendidikan (Pemerintah cq. Kemenristekdikti) hendaknya perlu mempelajari dengan cermat tentang tatanan dunia baru ini, tentang strategi *disruption* untuk menciptakan lapangan kerja baru dan daya saing yang hanya bisa dibangun dengan cara-cara baru. Merujuk dari [26], pemerintah sebagai regulator jangan sampai melakukan kesalahan lagi dalam memahami bentuk model bisnis baru di era digital ini.

Pengelolaan perguruan tinggi yang *highly regulated* mungkin cocok untuk jaman 'old' namun belum tentu sesuai untuk jaman 'now'. Belajar dari perusahaan Nokia, tidak ada satupun kesalahan yang mereka lakukan, namun kemudian mereka kalah dan terpaksa diserahkan kepada Microsoft. "We didn't do anything wrong, but then we lost..", merupakan ucapan Stephen Elop, CEO Nokia saat itu yang sangat terkenal. Padahal, Nokia adalah perusahaan yang sering dijadikan contoh tentang *sustaining innovation* oleh para ahli bisnis. Sekarang, hal itu tidak cukup lagi. Oleh karena itu, Kemenristekdikti harus secara

cerdik mampu mendorong dirinya dan perguruan tinggi melakukan *self-disruption*, untuk memperbaiki kinerja dan posisinya, agar mampu tetap bertahan menghadapi perubahan jaman. Bukan pekerjaan mudah, namun harus tetap dilakukan.

7 Kesimpulan

Berdasar paparan di atas, berikut ini beberapa hal yang dapat disimpulkan:

1. Konsep *Industry 4.0* akan berdampak global. Indonesia juga akan terpengaruh.
2. Sektor industri yang disiapkan untuk implementasi *Industry 4.0* adalah sektor industri (1) makanan dan minuman, (2) otomotif, (3) elektronik, (4) kimia, dan (5) tekstil.
3. Pekerjaan yang bersifat *predictable physical works* akan menghilang, terganti oleh teknologi otomasi.
4. Di masa depan, dibutuhkan keterampilan baru yang bersifat kognitif-kreatif, *active learning*, kreativitas, *critical thinking*, *complex problem-solving*. Pengembangan kurikulum pendidikan tinggi harus mampu memenuhi kebutuhan ini.
5. Muncul kebutuhan (baru) akan profesi perekayasa/ spesialis robotik, dimana Teknik Mekatronika UNPAR dapat mengisi celah ini.
6. Regulator pendidikan tinggi (kementerian dan perguruan tinggi) harus mampu berpikir berbeda dan secara cerdas mampu mendorong dirinya dan perguruan tinggi melakukan *self-disruption*, untuk memperbaiki kinerja dan posisinya, agar mampu tetap bertahan menghadapi perubahan jaman.

8 Daftar Pustaka

- [1] BMBF-Internet redaktion., *Zukunftsprojekt Industrie4.0 - BMBF*. bmbf.de. diakses tanggal 18-1-2018. 21 January 2016
- [2] Jian Qin, Ying Liu, Roger Grosvenor, *A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond*, *Procedia CIRP* 52, pp. 173-178, 2016,
- [3] M. Matsutani, *Examining 'Industry 4.0' Opportunities*, *The Japan Times*, 2016.
- [4] "Textile manufacture during the industrial revolution", URL: Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Textile manufacture during the Industrial Revolution/](https://en.wikipedia.org/wiki/Textile_manufacture_during_the_Industrial_Revolution/).
- [5] R. Engelman, *The second industrial revolution, 1870-1914*, tersedia di: <http://ushistoryscene.com/article/second-industrialrevolution/>.
- [6] Mattern dan C. Floerkemeier, *From the internet of computers to the internet of things*, *Informatik-Spektrum*, vol. 33, no. 2, pp. 107-121, 2010.
- [7] C.R. Schoenberger, *The internet of things*, *Forbes Magazine*, <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>. Mar. 18, 2002.
- [8] GTAI, "Industrie 4.0 - What is it?", *Germany Trade & Invest*. Tersedia di: <http://www.gtai.de>.
- [9] P. Renjen, *Industry 4.0: Are You Ready?*, *Deloitte Review*, Issue 22, Januari, 2018.
- [10] E. Brynjolfsson dan Andrew McAfee, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, 2014.
- [11] K. Schwab, *The fourth industrial revolution*, *Crown Business*, 2017.

- [12]Cyber-Physical Systems (CPS), US National Science Foundation, Report, 2010. [Online]. Tersedia di: <https://www.nsf.gov/pubs/2010/nsf10515/nsf10515.pdf>.
- [13]McKinsey & Company, *Industry 4.0: How to Navigate Digitization of the Manufacturing Sector* , Tech. Rep., 2015. [Online]. Tersedia di:<https://www.mckinsey.de/files/mck-industry-40-report.pdf>.
- [14]M. Rußmann et al., "*Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*", BCG Perspectives, 2015.
- [15]A. Sadiyoko, "*Industry 4.0: Ancaman, tantangan atau kesempatan? Sebuah introspeksi menyambut kemajuan teknologi saat ini*", Oratio DiesFTI XXIV, April 2017. Tersedia di: <http://repository.unpar.ac.id/handle/123456789/1539>
- [16]Boston Consulting Group, *Man and Machine in Industry 4.0*. [Online]. Tersedia di: <https://www.bcg.com/en-sea/industries/engineered-products-infrastructure/man-machine-industry-4.0.aspx>
- [17]J. Manyika, dkk. *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*, McKinsey Global Institute, Januari 2017.
- [18]C.B. Frey dan M. Osborne. *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation*. Oxford Martin School, September 2013.
- [19]T.A. Leopold et al., *The Future of Jobs Report 2018*, Insight Report, World Economic Forum Perspectives, 2018.
- [20]*Looking Back at 2017: Indonesia's Manufacturing Industry*. [Online]. Tersedia di: <https://www.indonesia-investments.com>, 28 Desember 2017.
- [21] T. Afandi. *Bonus Demografi 2030-2040: Strategi Indonesia Terkait Ketenagakerjaan dan Pendidikan*, Siaran Pers, Kementerian PerencanaanPembangunan Nasional/Bappenas, 22 Mei 2017.
- [22]R. Oberman et al., *The archipelago economy: Unleashing Indonesia's potential*, McKinsey Global Institute, Report, 2012. [Online]. Tersedia di: <http://www.mckinsey.com/globalthemes/asia-pacific/the-archipelago-economy>
- [23]*Making Indonesia 4.0: Strategi RI Masuki Revolusi Industri Ke-4*, Siaran Pers, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Maret 2018.
- [24]*Empat Strategi Indonesia Masuk Revolusi Industri Keempat*, Siaran Pers, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Mei 2017.
- [25]P. Fisk, *Education 4.0: The Future of Learning will be Dramatically Different, In School and Throughout Life*. [Online]. Tersedia di: <http://www.thegeniusworks.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>.
- [26]R. Kasali, *Disruption*, Gramedia Pustaka Utama, 2017.