

# Dampak Industri 4.0 Pada Pasar Kerja Dan Pendidikan Tinggi

Asmawati<sup>1</sup>

1)Program Studi Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude Aceh Besar, email: asmawati@abulyatama.ac.id

**Abstract:** *The ongoing industrial revolution 4.0, offers new ways of working and new types of skills in the production and service processes, automation and artificial intelligence have the potential to disrupt human work. This paper seeks to highlight the changing needs of skills in the labor market and their consequences for a framework for building relevant competencies in higher education. Based on the review of several authors, identified the need for challenges in high-skill activities related to digital technology, which requires technical, professional / methodological, social and personal competencies. Higher education needs to adapt education learning practices 4.0 that produce innovative graduates to meet the challenges of workforce needs in the industrial era 4.0 .*

**Keywords:** *industry 4.0, education 4.0, artificial intelligence, competence, digital skills.*

**Abstrak** Revolusi industry 4.0 yang sedang berlangsung, menawarkan cara kerja baru dan jenis ketrampilan baru dalam proses produksi dan layanan, otomatisasi dan kecerdasan buatan berpotensi mendisrupsi pekerjaan manusia. Makalah ini berupaya menyoroti perubahan kebutuhan ketrampilan di pasar kerja dan konsekuensinya pada kerangka kerja membangun kompetensi yang relevan pada pendidikan tinggi. Berdasarkan ulasan beberapa penulis, teridentifikasi adanya tantangan kebutuhan pada kegiatan berketerampilan tinggi terkait teknologi digital, yang memerlukan kompetensi teknis, professional/metodologis, sosial dan kompetensi personal. Pendidikan tinggi perlu menyesuaikan praktik pembelajaran pendidikan 4.0 yang menghasilkan lulusan inovatif untuk menjawab tantangan kebutuhan tenaga kerja di era industri 4.0..

**Kata kunci:** *industry 4.0, pendidikan 4.0, kecerdasan buatan, kompetensi, ketrampilan digital.*

Revolusi-revolusi industri telah menghasilkan kemudahan dalam kehidupan manusia secara signifikan. Telah ada empat revolusi industri besar sepanjang sejarah kehidupan manusia Revolusi industri 1.0 dimulai pada saat ditemukannya mesin uap pada akhir abad

ke 18, menjadikan pekerjaan mekanis yang dikerjakan manusia dialihkan ke mesin bertenaga air. Produksi barang kebutuhan masyarakat lebih mudah dan massif. Terjadi perubahan besar dalam transportasi. Industri 2.0 ditandai dengan penemuan listrik pada akhir abad ke 19 yang menjadi tenaga utama mesin-mesin produksi, memungkinkan meningkatkan efektifitas dan efisiensi. Proses *assembly line* manufaktur menjadi lebih cepat dan dalam jumlah besar. Industry 3.0 ditandai dengan penemuan computer dan otomatisasi industry pada akhir abad ke 20, mesin digantikan alat elektronik yang diprogram secara otomatis. Industri memasuki era digitalisasi. Ditemukannya internet pada generasi 3.0 membuka gerbang menuju generasi industry 4.0, dengan pemanfaatan Internet of Thing (IoT) dan Cyber Physical System (CPS) yang memungkinkan perubahan signifikan dalam industri.

Perubahan dunia disekitar kita akan berlangsung dengan cepat dalam era industri generasi keempat ini. Kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) robotika, data besar (*big data*), dan *Internet of Think* saling terkoneksi dalam proses produksi dan memberi dampak pada jenis pekerjaan dan industry. Muncul kekhawatiran akan peningkatan pengangguran akibat digantikannya tenaga manusia dengan robot pintar, beberapa profesi dan pekerjaan akan hilang (Benešová & Tupa, 2017) keterampilan yang penting hari ini akan berhenti di masa depan (Aulbur, CJ, & Bigghe, 2016), mengarah pada penurunan substansial dalam keterampilan rendah terstandarisasi (Bonekamp & Sure, 2015). Menurut (Satya, 2018) digitalisasi industri ini akan berdampak negatif pada penyerapan tenaga kerja dan mengacaukan bisnis konvensional, yang diakibatkan oleh adanya perubahan cara kerja dari tradisional ke cara kerja baru (Gehrke et al., 2015).

Namun, bisnis dan masyarakat tidak memiliki pilihan untuk tidak mengejar Industri 4.0 dan praktik berbasis kolaborasi (Liboni, Cezarino, Jabbour, Oliveira, & Stefanelli, 2019). Setiap penemuan teknologi baru selalu akan berdampak positif dan negatif bagi masyarakat, yang terpenting adalah bagaimana mengoptimalkan pengaruh positif dan mengantisipasi pengaruh negatif. Terlepas dari dampak negatif yang mungkin ditimbulkan, Indonesia telah berkomitmen untuk mempercepat implementasi industri 4.0 dalam proses manufaktur. Sebuah road map yang diberi nama Making Indonesia 4.0 telah dikemukakan. Dalam roadmap tersebut terdapat lima industri yang menjadi fokus implementasi, yaitu: makanan dan minuman, tekstil, otomotif, elektronik, dan kimia (Satya, 2018). Dengan target yang

sangat positif yaitu, mampu meningkatkan efisiensi rantai manufaktur dan kualitas produk.

Bahasan di atas, menunjukkan bahwa revolusi industri 4.0 tidak hanya mempengaruhi cara produk dihasilkan dan produk itu sendiri tetapi juga memberi dampak pada pendidikan masyarakat. Teknologi telah mempengaruhi setiap aspek keseharian kehidupan manusia, mulai dari bagaimana menavigasi cara bekerja hingga bagaimana memesan makanan, berlibur, belajar, dan bekerja. Makalah ini menyoroti bagaimana dampak revolusi industri 4.0 ini terhadap cara kerja dan pasar tenaga kerja serta konsekuensinya pada pendidikan tinggi. Bertujuan untuk menjawab kekhawatiran dan tantangan terjadinya disrupsi pekerjaan manusia dengan mesin pintar.

### **Pentingnya Industri 4.0**

Industri 4.0 mempunyai tujuan utama untuk menyatukan teknologi informasi dan industri. Fitur paling dasar dari Industry 4.0 adalah internet dan sensor yang memungkinkan penggunaannya mampu membangun sistem interaktif (Baygin, Yetis, Karakose, & Akin, 2016). Penggunaan *Internet of Things*, dimana layanan internet akan membuat koneksi mesin-mesin dengan manusia dan antar mesin, dan pada saat yang sama sejumlah besar data akan diperoleh (*big data*). Data yang diperoleh dianalisis agar dapat memprediksi kemungkinan kegagalan dan beradaptasi secara tepat waktu dengan kondisi yang berubah.

Proses produksi juga memungkinkan untuk menyesuaikan dengan sangat responsif perubahan permintaan pelanggan, untuk itu produksi harus efektif dan fleksibel, poses ini hanya terjadi dalam pabrik pintar (*smart factory*). Namun, pada sebuah pabrik yang paling inovatif dan canggih sekalipun, peran manusia akan tetap menjadi kunci keberhasilan. Sebagaimana diungkapkan oleh (Gehrke et al., 2015) bahwa faktor manusia akan diperlukan untuk manufaktur di masa depan. Hanya saja, persyaratan untuk kualifikasi dan keterampilan karyawan akan lebih tinggi, karena perusahaan menggunakan teknologi baru dan media pintar. (Benešová & Tupa, 2017), tenaga kerja akan diharapkan memiliki keterampilan baru dalam bidang teknologi informasi, dan analisis data. (Aulbur et al., 2016). Hanya karyawan yang berkualitas dan berpendidikan yang akan dapat mengendalikan teknologi ini.

Pekerjaan dengan keterampilan rendah akan direlokasi ke tugas-tugas yang tidak

rentan terhadap komputerisasi (Frey & Osborne, 2017) (Krzywdzinski, 2017), namun lebih banyak pekerjaan akan diperoleh dari pada yang hilang, tetapi pekerja akan membutuhkan keterampilan yang berbeda secara signifikan (Lorenz, Rübmann, Strack, Lueth, & Bolle, 2015), peningkatan pada kegiatan keterampilan tinggi, mencakup perencanaan, kontrol, dan tugas-tugas yang terkait dengan teknologi informasi (Bonekamp & Sure, 2015). Bagaimanapun untuk memenangkan perlombaan, karyawan harus menguasai tugas-tugas yang membutuhkan kecerdasan kreatif dan sosial.(Frey & Osborne, 2017)

Teknologi industry 4.0 memungkinkan organisasi dapat diintegrasikan secara real-time dengan para pemangku kepentingan seperti pemasok, produsen, pengecer, dan pelanggan. Ini menguntungkan seluruh rantai pasokan dengan informasi bersama dalam proses bisnis, seperti bagaimana mengalokasikan sumberdaya yang langka (Naufal, Fahrudin, & Kusumastanto, 2019), membangun solusi inovatif dan munculnya peluang bisnis baru (Manavalan & Jayakrishna, 2019)

## Metodologi

Studi ini merupakan studi literatur, dengan sumber adalah artikel pada jurnal ilmiah yang dipublikasikan secara online. Menggunakan aplikasi Mendeley Desktop artikel dicari dengan kata kunci *Industry 4.0 and Employee dan Industry 4.0 and Education*. Judul artikel yang diperoleh kemudian di pilah untuk diambil judul yang paling sesuai. Waktu publikasi dari tahun 2014 sampai tahun 2019, akhirnya diperoleh 25 artikel.

Dampak pada pasar kerja ditelusuri pada tahap pertama adalah melihat tantangan yang dihadapi dari hadirnya industri 4.0. Tantangan dilihat dari aspek ekonomi dan politik, dari aspek teknis dan lingkungan, serta aspek sosial. Dari berbagai tantangan yang teridentifikasi, lalu diturunkan kompetensi utama dan ketrampilan yang perlu dimiliki tenaga kerja untuk menjawab tantangan. Selanjutnya dibahas konsekuensi pada kurikulum Pendidikan Tinggi dalam memenuhi kompetensi dan ketrampilan lulusannya yang sesuai dengan pasar kerja.

## Tantangan dari industry 4.0 pada pasar kerja

Tentu saja, Industry 4.0 menciptakan banyak peluang baru bagi masyarakat, tetapi beberapa tantangan muncul dari proses otomatisasi dan digitalisasi yang tengah berlangsung:

*Tantangan ekonomi dan politik.* Dalam era globalisasi dan keterbukaan informasi, perusahaan harus mengatasi kebutuhan untuk memangkas biaya agar tetap kompetitif, dan siklus hidup produk yang lebih pendek. Sedangkan model bisnis klasik menjadi mudah rentan terhadap pengganti, perusahaan perlu mentransformasikannya model bisnisnya ke tingkat yang lebih tinggi, mulai dari orientasi layanan dan proses produksi yang lebih smart. Perusahaan kini ditantang untuk memasuki aliansi strategis dengan pemasok atau pesaing dan mengarah pada korelasi seluruh rantai nilai, agar tetap kompetitif. konsekuensinya, meningkatkan kompleksitas organisasi.

Perubahan teknologi dalam industri 4.0 menghasilkan modifikasi yang luas pada organisasi perusahaan, dan juga pada orang-orang di dalamnya (Digmayner & Jakobs, 2018), manufaktur dan inovasi layanan berbasis Cyber-Physical adalah dua tren dan tantangan yang tak terhindarkan untuk industri manufaktur.(Lee, Kao, & Yang, 2014) yang dapat menciptakan pekerjaan baru, atau mengubah pekerjaan saat ini. Proses perakitan dalam produksi dapat dioptimalkan dengan teknologi *Eye Tracking* (Mark, Rauch, Borgianni, & Matt, 2019) Pengenalan Cobot (kolaborasi manusia dan robot) ke jalur perakitan dan manufaktur akan memperluas otomatisasi di lantai pabrik, yang akan meningkatkan keselamatan dan efisiensi pekerja (Calitz, Poisat, & Cullen, 2017), karenanya meningkatkan produktivitas industri, dapat mengembangkan produk dan proses produksi serta memunculkan model bisnis baru dan juga profesi baru, dan mempengaruhi rancangan lingkungan kerja di masa depan, serta mempengaruhi pasar tenaga kerja. Menimbulkan perbedaan jenis keahlian yang diperlukan dan jenis profesi baru yang berbeda. Meningkatnya kerja virtual menimbulkan fleksibilitas waktu dan tempat, keterampilan teknologi virtual,

keterampilan media, memahami keamanan TI (Liboni et al., 2019) (Benešová & Tupa, 2017) (Hecklau, Galeitzke, Flachs, & Kohl, 2016).

Pemerintah perlu mendukung organisasi dalam mengimplementasikan teknologi industry 4.0 di lingkungan yang ada, tantangannya adalah meningkatnya kebutuhan akan pendanaan pengembangan pendidikan dan program penelitian. Pemerintah juga perlu menyiapkan produk hukum dalam penggunaan *big data*, paling penting adalah perlindungan data pribadi, karena data akan dikumpulkan pada ketika berinteraksi dengan objek cerdas. Fleksibilitas kerja akan semakin luas, ini memerlukan peraturan untuk waktu kerja, keselamatan dan kenyamanan untuk melindungi karyawan. Ketrampilan penyelesaian masalah dan konflik sangat diperlukan, (Hecklau et al., 2016), (Benešová & Tupa, 2017) dan kemampuan mengembangkan potensi diri dengan kemauan untuk mempelajari hal-hal baru, agar dapat menyesuaikan pengetahuan dengan perkembangan yang berubah cepat.

*Tantangan sosial.* Perubahan demografis dan pergeseran nilai yang dianut masyarakat adalah faktor yang paling mempengaruhi tantangan sosial. Akan lebih banyak orang muda yang memasuki dunia kerja dengan latar belakang budaya yang beragam, diperlukan pemahaman lintas budaya. (Liboni et al., 2019) (Hecklau et al., 2016). perlu juga mempertahankan pengetahuan dari karyawan yang lebih tua dan menjaga fleksibilitas karyawan, ini memerlukan kemampuan untuk mentransfer pengetahuan, menerima rotasi pekerjaan (Wulfken & Müller, 2018). Karena mengelola tantangan dan risiko digitalisasi adalah tanggung jawab bersama semua pihak (Liboni et al., 2019). Perubahan tren dalam domain industri seperti meningkatnya jumlah data digital dan perubahan permintaan dan penempatan karyawan, adalah tantangan sosial yang memerlukan perhatian serius. Paling penting untuk mengurangi risiko tersebut adalah pendekatan yang membahas pemberdayaan karyawan. (Digmayer & Jakobs, 2018). Meningkatkan pekerjaan

virtual dan proses kerja yang fleksibel, peningkatan pekerjaan dengan kualifikasi yang lebih tinggi membutuhkan bentuk baru pembelajaran seumur hidup (Liboni et al., 2019).

.Manajer berperan penting dalam hal ini, kemampuannya membentuk satu komponen utama dari proses perubahan yang sukses sangat penting, memahami bagaimana kepemimpinan berubah terutama yang berkaitan dengan manajemen karyawan dan lingkungan produksi, adalah kunci keberhasilan pengelolaan pada era digitalisasi ini. (Helming, Ungermann, Hierath, Stricker, & Lanza, 2019) mengemukakan, manajer harus mengembangkan kompetensi kepemimpinan baru yang sejalan dengan transformasi digital seperti kemampuan pengambilan keputusan, pemecahan masalah, dan kemampuan analisis data (Benešová & Tupa, 2017).

*Tantangan teknis dan lingkungan.* pertumbuhan teknologi yang cepat menyebabkan perusahaan harus dapat efisien ketika berurusan dengan sejumlah besar data. Maka infrastruktur TI yang luas, seperti jaringan komunikasi dan jaringan internet dan penggunaan sensor, perlu dibangun dan diimplementasikan Untuk memastikan pertukaran data yang tidak bermasalah antara mitra rantai pasokan, selanjutnya perlu dikembangkan jaringan yang terkoneksi secara tepat waktu, yang memungkinkan kerja kolaboratif di berbagai platform. Penyimpanan sejumlah besar data di server eksternal menimbulkan masalah tambahan keamanan cyber (Liboni et al., 2019) (Hecklau et al., 2016) (Benešová & Tupa, 2017), seperti data harus dilindungi dari akses tidak sah. Karyawan harus memperoleh keterampilan yang dipersiapkan untuk peningkatan kerja virtual, dan perangkat digital, misalnya. penggunaan kacamata virtual. Diperlukan ketrampilan penggunaan perangkat digital, pemrograman dan penggunaan robot kolaboratif, penggunaan perangkat kerja virtual dan augmented reality untuk instruksi dan dukungan intervensi pemeliharaan di lapangan (Pinzone et al., 2017).

Perubahan iklim yang terus berlangsung merupakan tantangan utama

menyangkut pelestarian lingkungan. Teknologi 4.0 dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku, efisien dalam proses produksi, meminimalkan penggunaan input bahkan meniadakan limbah (*zero waste*), penghematan energi.). Penggunaan manajemen operasi yang menggunakan teknologi *additive manufacturing* (Pinzone et al., 2017) dapat mencapai tujuan ini. Karyawan perlu mengidentifikasi aspek keberlanjutan dalam rantai pasokan dan manajemen sumberdaya manusia (SDM

### Kompetensi dan Ketrampilan Berdasarkan tantangan yang teridentifikasi

Teknologi industry 4.0 mengubah cara industri berproduksi dan mempengaruhi kompetensi dan domain pekerjaan yang dibutuhkan di masa depan. Berdasarkan tantangan yang dihadapi, secara umum diperlukan empat kompetensi utama dalam industry 4.0 yaitu kompetensi teknis, kompetensi sosial, kompetensi personal dan kompetensi profesional / ketrampilan metodologis. Deduksi logis ketrampilan yang diperlukan berdasarkan kompetensi utama, disajikan untuk setiap tantangan di sajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1. Kompetensi Utama dan Ketrampilan Dalam Industry 4.0**

Ketrampilan	Sumber
<b>Kompetensi teknis</b>	
Ketrampilan teknis; kemampuan perawatan mesin, desain sistem perawatan prediktif, desain produk pintar, pemrograman komputer, pemrograman robot, pengembangan aplikasi arsitektur big data dan alat untuk analitik Big Data, 3D printing, additive manufacture. Keterampilan pengkodean; komunikasi digital, binari code, dll Keamanan Cyber; serangan cyber, hacking dan anti hacking, <i>cyber crime</i> . Memahami proses; integrasi sistem datar dan hierarkis, pengembangan TI untuk mendukung manajemen rantai pasokan (mis. Platform kolaborasi di cloud dan Internet of Things), pengetahuan dokumentasi digital. Ketrampilan media; penggunaan robot kolaboratif, penggunaan virtual dan augmented reality, penggunaan perangkat digital	(Benešová & Tupa, 2017) (Lorenz et al., 2015), (Hecklau et al., 2016) (Liboni et al.2019) (Digmayner & Jakobs, 2018) (Benešová &Tupa, 2017) (Pinzone et al., 2017) (Wulfken & Müller, 2018))
<b>Kompetensi profesional / ketrampilan metodologis</b>	
Kreativitas; produk inovatif , produk untuk konsumen personal. Berpikir wirausaha; mengambil peluang, menghilangkan hambatan. Keberlanjutan usaha Penyelesaian masalah; desain data dan model alur kerja untuk mendeteksi masalah berbasis big data. Penyelesaian konflik; layanan responsif kepada konsumen, koordinasi proses produksi, koordinasi rantai pasokan. Kemampuan organisasi; manajemen SDM, yang saling terhubung, manajemen kualitas berbasis data besar, manajemen rantai pasokan digital bersamaan, manajemen Big Data, manajemen	(Pinzone et al., 2017) (Wulfken & Müller, 2018) (Benešová & Tupa, 2017) (Digmayner & Jakobs, 2018) (Manavalan &

proyek, manajemen lingkungan. Ketrampilan penelitian dan analisis data; pengetahuan statistika, pemodelan, analisis data besar (analisis sentimen, prediksi perilaku pasar), info grafis (mis. Peta, bagan, diagram), pengetahuan proses simulasi. Pengambilan keputusan; memimpin tim kecil, kemampuan merencanakan, tanggung jawab, keandalan, mandiri	Jayakrishna, 2019). (Hecklau et al., 2016) (Liboni et al., 2019)
<b>Kompetensi personal</b>	
Fleksibel; mampu bertanggungjawab dan beradaptasi dengan waktu dan tempat kerja yang berubah, rotasi tugas. Motivasi untuk belajar; Kemampuan dan kemauan untuk mempelajari hal-hal baru, perubahan pekerjaan lebih sering dan perlu belajar hal baru. Pola pikir berkelanjutan; mendukung inisiatif lingkungan, loyalitas untuk keberlanjutan. Kemampuan bekerja dibawah tekanan; Kemampuan untuk mengatasi tekanan, mampu terus inovasi meski siklus hidup produk yang pendek. Toleransi; kemampuan menerima perubahan, menerima reorientasi tugas. Kepatuhan: didiplin jam kerja, disiplin pada aturan TI atau mesin	(Hecklau et al., 2016) (Benešová & Tupa, 2017) (Liboni et al., 2019)
<b>Kompetensi sosial</b>	
Keterampilan lintas budaya; memahami antar budaya untuk bekerja di dunia global Kemampuan berkomunikasi; mendengarkan, presentasi, komunikasi virtual. Kemampuan Bahasa; bahasa inggris, jerman, jepang dll. Kemampuan jaringan; membangun jaringan bisnis, jaringan pengetahuan. Kemampuan bekerja dalam tim; mengikuti aturan platform, peningkatan kapasitas untuk kerja tim, Kemampuan untuk berkompromi dan kooperatif; bekerjasama dengan mitra, win-win solution, negosiasi, toleransi. Kemampuan mentransfer pengetahuan; keterbukaan pengalaman, tranfer pengetahuan pada karyawan baru. Ketrampilan kepemimpinan ; tanggung jawab dan mandiri, kedisiplinan, ketepatan mengambil keputusan.	(Liboni et al., 2019) (Hecklau et al., 2016) (Wulfken & Müller, 2018)

### Implikasi Pada Pendidikan Tinggi

Hubungan antara pendidikan dan masyarakat harus berjalan dua arah. Pendidikan mencocokkan kurikulumnya dengan tren ekonomi, politik, sosial dan teknologi pada satu arah, sementara pada arah yang lain perubahan masyarakat dibentuk sebagai hasil dari proses pendidikan. Pemahaman umum tentang struktur sosial ekonomi dan kebutuhan ketrampilan membantu proyeksi posisi pendidikan masa depan yang terkait dengan revolusi industri keempat. Tabel 1, menunjukkan kebutuhan dunia usaha dan pasar kerja yang perlu bertaut dan serasi dengan lembaga pendidikan. Dunia pendidikan, khususnya pendidikan tinggi perlu memiliki pemahaman yang lebih baik tentang keterampilan yang dibutuhkan untuk tenaga kerja pada di era industry 4.0. Perubahan pada proses pembelajaran di pendidikan tinggi harus mengarah untuk menghasilkan lulusan yang mampu berinovasi dalam menjawab tantangan pasar kerja masa depan. (Harkins, 2018) mengemukakan bahwa "Education 4.0" adalah pendidikan yang menghasilkan inovasi sedangkan "Education 3.0" adalah pendidikan penghasil pengetahuan.

Revolusi praktek pembelajaran adalah aplikasi dari seni dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang bebas dan berasal dari banyak disiplin ilmu. Beberapa lompatan terkait

proses pembelajaran yang akan menghasilkan kompetensi yang selaras dengan profil pekerjaan pada industry 4.0, sebagaimana dikemukakan (Harkins, 2018), dapat dilihat pada Tabel 2. Perubahan proses pembelajaran terutama diarahkan untuk meningkatkan kompeten personal dan sosial yang sejalan dengan kebutuhan industry 4.0.

**Tabel 2. Beberapa Praktik dalam Pendidikan 4.0 untuk Mendorong Inovasi**

Tujuan	Deskripsi praktik dalam proses pembelajaran
Berpikir secara sistemik	memahami pola yang ada dan membangun alternatif
Berpikir secara simulasi	melakukan eksperimen “bagaimana jika?” dan latihan mental menggunakan imajinasi dan proyeksi yang terkontrol
Memanfaatkan informasi secara selektif	Mengakses secara selektif dan menggunakan informasi dalam mengejar peluang dan penyelesaian masalah
Membangun pengetahuan pribadi	mengubah informasi secara selektif menjadi pengetahuan yang dapat digunakan secara pribadi, untuk menambah intelektualitas dan meningkatkan opsi pengambilan keputusan.
Memanfaatkan sistem TI	Menggunakan teknologi perangkat keras, perangkat lunak, dan teknologi jaringan yang efektif, yang memungkinkan pembelajaran modern
Menemukan masalah dan peluang lokal	Menilai tren pengetahuan global dan menggunakan gambaran besar untuk membantu mengkontekstualisasikan masalah, peluang, tujuan, dan sarana yang relatif terlokalisasi
Menulis, dan berbicara,	menggunakan media untuk mengembangkan dan memanfaatkan keunikan pribadi; dan kelompok, mengembangkan identitas dan karakter.
Bertanggung jawab pada kualitas kerja	menerima pertanggungjawaban atas tindakan dan penilaian pribadi dan sosial.

Kemajemukan perangkat/media pembelajaran yang dapat dipakai dalam era industry 4.0 dapat mendorong hasil belajar yang inovatif. Lembaga pendidikan harus bertindak sekarang untuk merealisasikan potensi besar yang dapat dipakai untuk merevolusi cara mengajar. Kemajuan beberapa teknologi yang dapat dipakai, katakanlah kaca mata pintar dan *augmented reality* (AR), menyebabkan rasa dan interaksi pengguna dengan dunia fisik dapat ditingkatkan sehingga dapat menciptakan laboratorium virtual. AR dapat membuatnya lebih nyata dengan melapiskan informasi yang dihasilkan komputer di atas konteks fisik secara real time yang dapat memfasilitasi eksplorasi dan interpretasi hasil.

Selain revolusi dalam proses pembelajaran, pendidikan tinggi juga perlu menyesuaikan capaian kompetensi lulusan yang tertuang dan diaplikasikan dalam konten kurikulum terutama diarahkan untuk mencapai kompetensi teknis dan professional/mrtodologis. Antara lain; topik mengenai kepemimpinan, yang disajikan dan dikembangkan untuk lebih meningkatkan kualifikasi dan kepekaan manajer untuk bentuk kepemimpinan di Industri 4.0.

(Helming et al., 2019). Statistika merupakan topik penting untuk memberikan kemampuan analisis data besar, memahami tampilan grafik, dan pengambilan keputusan dan penelitian dalam era digital. Hal ini guna menjawab tantangan Industry 4.0 yang menggunakan data besar dan waktu nyata dan multi-sumber selama seluruh siklus hidup dan menemukan pengetahuan tersembunyi (Franciosi, Iung, Miranda, & Riemma, 2018). Topik-topik pembelajaran yang mendukung pendidikan berkelanjutan perlu mendapat perhatian, agar tenaga kerja dapat beradaptasi dengan persyaratan kualifikasi masa depan yang berasal dari teknologi Industry 4.0. (Bonekamp & Sure, 2015) Penanaman pendidikan multikultural yang benar menghasilkan generasi muda yang kreatif, inovatif, serta generasi yang berkarakter, berintegritas dan menjunjung tinggi toleransi sesuai identitas nasional bangsa Indonesia (Rohman & Ningsih, 2018). Karena otomatisasi berkelanjutan dari proses pembuatan yang sederhana, jumlah ruang kerja dengan tingkat kompleksitas yang tinggi akan meningkat, yang menghasilkan kebutuhan akan tingkat pendidikan yang tinggi dari para staf (Hecklau et al., 2016), topik mengenai teknologi perlu memasukkan pengetahuan manajemen dan keberlanjutan. Bahkan kursus ilmu informasi perlu memasukkan pengetahuan tentang proses manajemen (Benešová & Tupa, 2017)

Berbagai literasi diperlukan dalam era industry 4.0, selain literasi matematika dan membaca. Literasi data dibutuhkan untuk meningkatkan ketrampilan dalam mengolah dan menganalisis big data untuk kepentingan peningkatan layanan publik dan bisnis. Literasi teknologi menunjukkan kemampuan untuk memanfaatkan teknologi digital yang menghubungkan antar mesin, robot dan manusia dalam layanan industry dan masyarakat. Literasi yang sangat penting adalah literasi manusia, wajib dikuasai karena merupakan elemen softskill yang diperlukan untuk pengembangan kompetensi personal dan social karakter individu agar dapat mandiri, flexible, mampu berkolaborasi, bertanggung jawab, adaptif dan arif di era keterbukaan. Literasi ini dipercaya dapat dicapai dengan blended learning yang digeneralisasi (yaitu, e-learning campuran dengan metodologi pembelajaran tatap muka) Pebelajar dapat memperoleh pengetahuan konseptual yang utuh (yaitu, hubungan penting antara fragmen pengetahuan dan fungsinya dalam keseluruhan sistem pengetahuan). Untuk ini pendidikan tinggi perlu mengubah lingkungan belajar untuk sivitas akademiknya.

## Kesimpulan

Revormasi industri 4.0 memerlukan persiapan ketrampilan sumberdaya manusia untuk menghadapi perubahan pasar kerja. Pengurangan tenaga kerja berketrampilan rendah dan standar adalah ancaman yang nyata terutama pada industri manufaktur. Namun kebutuhan akan ketrampilan baru dan jenis pekerjaan baru juga akan menjadi nyata di masa depan, bahkan kemungkinan akan muncul lebih banyak dari jenis pekerjaan yang hilang. Tenaga kerja tidak mampu menyesuaikan diri dengan tuntutan ketrampilan baru, maka resiko kehilangan pekerjaan akan memperburuk kondisi kerja dan pengangguran di negara-negara berkembang, dan mengintensifkan kesenjangan sosial di seluruh dunia, terutama antara negara-negara berkembang dan maju. Pendidikan tinggi harus mampu menyesuaikan tehnik dan topik pembelajaran untuk memenuhi tuntutan kompetensi teknis, kompetensi professional/metodologis, kompetensi sosial dan kompetensi personal yang diperlukan di masa depan. Pendidikan tinggi harus mampu merevormasi proses pembelajaran di ruang kelas agar sejalan dengan Pendidikan 4.0. dan memperkuat konten kurikulum yang terkait dengan kompetensi dimaksud agar menghasilkan SDM yang inovatif.

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Aulbur, W., CJ, A., & Bigghe, R. (2016). Skill Development for Industry 4.0. *Roland Berger, BRICS Skill Development Working Group, India Section.*
- Baygin, M., Yetis, H., Karakose, M., & Akin, E. (2016). An effect analysis of industry 4.0 to higher education. *2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2016.* <https://doi.org/10.1109/ITHET.2016.7760744>
- Benešová, A., & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing.* <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Bonekamp, L., & Sure, M. (2015). Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation. *Journal of Business and Media Psychology.*
- Calitz, A. P., Poisat, P., & Cullen, M. (2017). The future African workplace: The use of collaborative robots in manufacturing. *SA Journal of Human Resource Management.* <https://doi.org/10.4102/sajhrm.v15i0.901>
- Digmayer, C., & Jakobs, E. M. (2018). Employee empowerment in the context of domain-specific

- risks in industry 4.0. *IEEE International Professional Communication Conference*.  
<https://doi.org/10.1109/ProComm.2018.00034>
- Franciosi, C., Iung, B., Miranda, S., & Riemma, S. (2018). Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review. *IFAC-PapersOnLine*.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.459>
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*.  
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Gehrke, L., Kühn, A. T., Rule, D., Moore, P., Bellmann, C., Siemes, S., ... Standley, M. (2015). A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective. *Hannover Messe 2015*. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0800-5075>
- Harkins, M. (2018). CORE COMPONENTS OF EDUCATION 3.0 AND 4.0. *Tạp Chí Nghiên Cứu Dân Tộc*. <https://doi.org/10.25073/0866-773x/131>
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- Helming, S., Ungermann, F., Hierath, N., Stricker, N., & Lanza, G. (2019). Development of a training concept for leadership 4.0 in production environments. *Procedia Manufacturing*.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.007>
- Krzywdzinski, M. (2017). Automation, skill requirements and labour-use strategies: high-wage and low-wage approaches to high-tech manufacturing in the automotive industry. *New Technology, Work and Employment*. <https://doi.org/10.1111/ntwe.12100>
- Lee, J., Kao, H. A., & Yang, S. (2014). Service innovation and smart analytics for Industry 4.0 and big data environment. *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.02.001>
- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., & Stefanelli, N. O. (2019). Smart industry and the pathways to HRM 4.0: implications for SCM. *Supply Chain Management*.  
<https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>
- Lorenz, M., Rübmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. In *Boston Consulting Group*.
- Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers and Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030>
- Mark, B. G., Rauch, E., Borgianni, Y., & Matt, D. T. (2019). Eye tracking in production 4.0 – Eye

tracking as a useful technology for improving production processes in the age of industry 4.0. *ZWF Zeitschrift Fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*. <https://doi.org/10.3139/104.112032>

Naufal, A., Fahrudin, A., & Kusumastanto, T. (2019). The best bio economic estimation of the optimal Katsuwonus pelamis fisheries on the North Coast of Aceh. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/241/1/012029>

Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., Garavaglia, S., Taisch, M., & Miragliotta, G. (2017). Jobs and skills in industry 4.0: An exploratory research. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_33)

Rohman, A., & Ningsih, Y. E. (2018). Pendidikan Multikultural : Penguatan Identitas Nasional Di Era Revolusi Industri 4.0. *UNWAHA Jombang*.

Satya, V. E. (2018). Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0. *Kajian Singkat Terhadap Isu Aktual Dan Strategis Strategi Indonesia Menghadapi Industri 4.0*.

Wulfken, B. T., & Müller, E. (2018). How to improve employee education - Methodological approach to structure specialist and interdisciplinary requirements. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8289865>