



SERTIFIKAT

No. 674/UN8.1.2/II/2019

Diberikan kepada

Dr. Ketang Wiyono, M.Pd.

Sebagai

NARASUMBER

Pada Kegiatan Seminar Nasional Pendidikan Fisika 2019

“Penguatan Pendidikan Fisika Berbasis Local Wisdom dalam
Menghadapi Revolusi Industri 4.0”

Diselenggarakan oleh

Program Studi Pendidikan Fisika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Lambung Mangkurat

Banjarmasin, 23 Maret 2019

Dekan FKIP



Prof. Dr. H. Wahyu, M.S.

NIP. 49550910 198103 1 005



**KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
NOMOR : 671 /UN8.1.2/KP/2019**

**TENTANG
NARASUMBER SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA**

DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

- Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran pelaksanaan Seminar Nasional Pendidikan Fisika Program Studi Pendidikan Fisika FKIP ULM perlu mengangkat dan menugaskan Narasumber.
b. bahwa sehubungan dengan butir a di atas, perlu dikeluarkan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional.
2. Undang-Undang No.14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.
3. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi.
5. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2017 Tentang Sertifikasi Pendidik untuk Dosen.
6. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor: 533/M/KPT.KP/2018, tanggal 17 September 2018 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Lambung Mangkurat Periode 2018 - 2022.
7. Keputusan Rektor Universitas Lambung Mangkurat Nomor : 598/UN8/SP/2017 tanggal 2 Juni 2017, tentang Peraturan Akademik Universitas Lambung Mangkurat.
8. Peraturan Menteri Keuangan RI No. 32/PMK.02/2018 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2019.
9. Keputusan Rektor Universitas Lambung Mangkurat Nomor: 473/UN8/KP/2015 tanggal 20 Mei 2015 tentang pengangkatan Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lambung Mangkurat.
10. Permenristek Dikti RI Nomor 32 Tahun 2016 tentang Akreditasi Program Studi dan Pendidikan Tinggi.

11. Keputusan Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Unlam Nomor: Kep.205a/JO8.1.2/SP/2016 tentang Peraturan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Lambung Mangkurat.

MEMUTUSKAN :

Menetapkan : KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN TENTANG NARASUMBER SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA.

KESATU : Mengangkat dan menugaskan Narasumber Seminar Nasional Pendidikan Fisika Program Studi Pendidikan Fisika FKIP ULM, sebagai berikut:

No	Nama/ NIP	Instansi
1.	Dr. Ketang Wiyono, S.Pd., M.Pd 197905222005011005	Universitas Sriwijaya
2.	Prof. Dr.I Wayan Suastra, M.Pd 196205151988031005	Universitas Pendidikan Ganesha
3.	Dr. Mustika Wati, S.Pd., M.Sc 198110012003122001	Universitas Lambung Mangkurat

KEDUA : Segala akibat biaya diterbitkannya surat keputusan ini akan dibebankan pada dana DIPA (PNBP) Universitas Lambung Mangkurat nomor : SP DIPA-042.01.2.400957/2019 tanggal 05 Desember 2018.

KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan apabila terdapat kekeliruan dalam keputusan ini akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

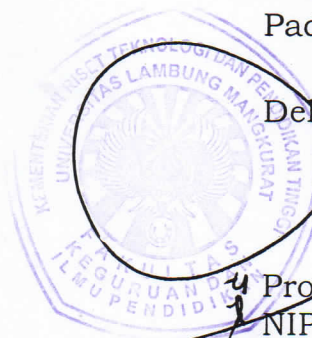
Keputusan ini diberikan kepada masing-masing bersangkutan untuk diketahui dan dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di : Banjarmasin

Pada tanggal : 19 FEB 2019

Dekan,

Prof. Dr. H. Wahyu, MS
NIP. 19550910 198103 1 005



Pendidikan Fisika Pada Era Revolusi Industri 4.0 Di Indonesia

Ketang Wiyono*, Sri Zakiyah

Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Sriwijaya
Sumatera Selatan, Indonesia, 30662

* ketangw.fkipunsri@gmail.com

Abstrak

Revolusi industri 4.0 menjadi tantangan berat tersendiri bagi bidang-bidang ilmu pendidikan untuk dapat menciptakan lulusan yang memiliki kompetensi yang dibutuhkan saat di dunia kerja. Istilah revolusi industri 4.0 mendorong adanya sebutan revolusi pendidikan 4.0 yang mengaplikasikan kemajuan teknologi pada kegiatan pembelajaran. Sebagai hasil dari perkembangan yang terjadi secara simultan dan merupakan hasil kolaborasi berbagai cabang ilmu pengetahuan, tentunya sistem pembelajaran fisika ditingkat pendidikan perlu diintegrasikan dengan bidang ilmu lain. Hal ini bertujuan untuk mengembangkan lulusan yang memiliki kemampuan pengetahuan bersifat *transdiscipliner* yang mampu menggunakan pengetahuannya serta menerapkannya pada kehidupan nyata.

Kata Kunci: pendidikan fisika, revolusi industri 4.0

PENDAHULUAN

Revolusi industri merupakan sejarah perkembangan terpenting dalam kehidupan manusia selama tiga abad terakhir yang bersifat berkelanjutan dalam membangun kehidupan dunia modern (Stearns, 2013). Istilah revolusi industri telah lama digunakan untuk menjelaskan perubahan aspek general di bidang industri yang saling berkaitan seperti teknologi dasar yang digunakan di pabrik, mesin-mesin yang dibangun dari teknologi tersebut, serta rutinitas buruh yang bekerja (Cowan, 2012)(Frader, 2006). Revolusi industri dibagi ke dalam beberapa generasi yaitu; industri 1.0 pertama kali dimulai sekitar abad ke-18 dengan adanya penemuan mesin uap dan turbin air; generasi kedua dikembangkan setelah ditemukannya energi listrik yang menyebabkan mesin pabrik berbasis mesin bertenaga listrik; revolusi industri ketiga mengintegrasikan teknologi informasi pada manajemen sistem; dan revolusi industri generasi ke empat yang sedang berlangsung saat ini (Agrawal, Schaefer, & Funke, 2018). Era industri ke-4 atau yang lebih dikenal sebagai industri 4.0 merupakan hasil kombinasi yang telah

ada dan penemuan terbaru. Hal ini mengakibatkan adanya perubahan yang sangat signifikan seperti; perubahan sosial, tata laksana organisasi industri, ekonomi makro, dan teknologi yang digunakan (JONES, 1984; Deane, 2003; Halili, 2019).

Laju perkembangan teknologi yang terjadi pada era revolusi industri mempengaruhi pola gaya hidup masyarakat global. Perbedaan kondisi sosial ekonomi di masing-masing era mendesak adanya ketersediaan sumber daya manusia yang spesifik dan terampil (Puncreobutr, 2016). Adapun tugas untuk mengembangkan keterampilan yang diperlukan bergantung pada individu itu sendiri; kemampuan manajemen pembelajaran untuk menggabungkan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan sesuai dengan kebutuhan masyarakat (Puncreobutr, 2016).

Pendidikan 4.0 merupakan cara untuk melengkapi fenomena integrasi digital dalam kehidupan sehari-hari di mana manusia dan mesin berinteraksi untuk memecahkan masalah dan menemukan teori inovasi baru. Dalam pendidikan 4.0, akses informasi tidak

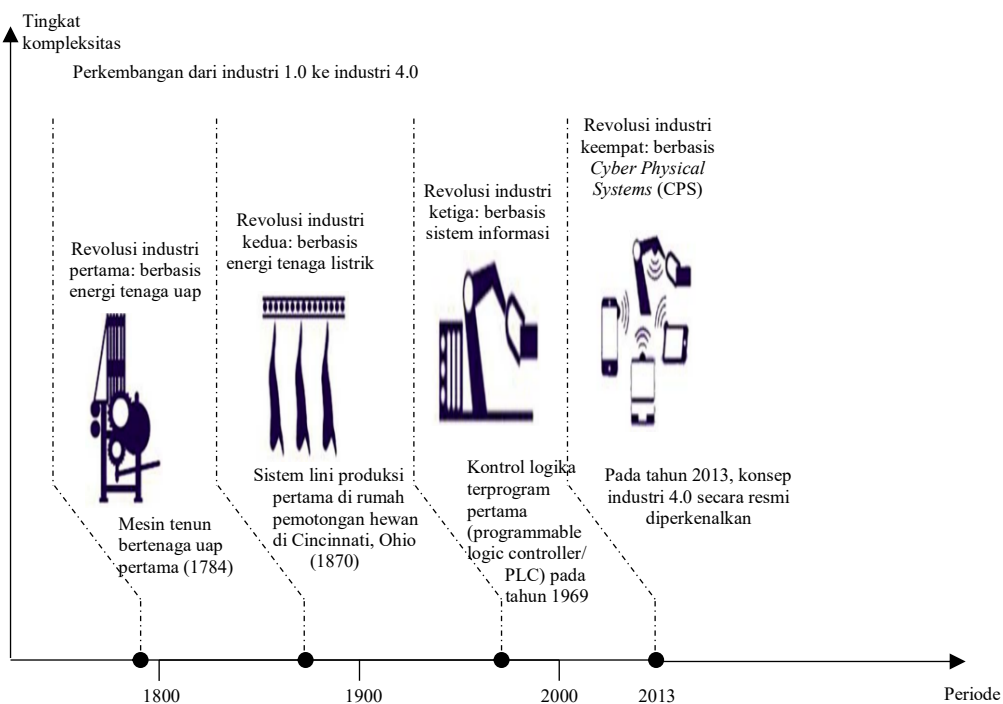
terbatas ruang dan waktu serta proses belajar mengajar telah menjadi dinamis. Masa depan pendidikan 4.0 dapat mengubah pemanfaatan informasi dengan cara yang praktis dan berbasis digital. Untuk mengatasi kebutuhan revolusi industri 4.0 dalam pendidikan, lembaga pendidikan harus terus mengintegrasikan metode inovatif untuk meningkatkan proses belajar mengajar (Halili, 2019).

Sejarah Revolusi Industri (1.0, 2.0, 3.0)

Industri revolusi generasi pertama kali terjadi di Britania Raya pada akhir abad ke-17 yang terjadi secara spontan tanpa adanya dorongan dari pemerintah dan merupakan generasi yang paling signifikan perubahannya dalam rangkaian generasi revolusi industri; dari konvensional menjadi berbasis teknologi (Deane, 2003)(Savić, 2018). Sebelumnya di tahun 1760 sistem industri masih berbentuk industri rumah tangga dengan

ciri khusus yaitu menggabungkan pertanian dan kegiatan industri dengan memperkerjakan dan melatih satu atau beberapa orang pekerja. Lahirnya penemuan mesin uap dan alat tenun listrik menjadi titik awal industri 1.0 yang merupakan zaman mesin industri pertama (Hartwell, 2017)(Peters, 2017).

Industri 2.0 merupakan hasil upgrade dari industri 1.0 dimana sistem produksi pabrik telah menerapkan elektromagnetik dan memproduksi secara massal menggunakan sistem *assembly lines* (Zhou, Zhou, & Liu, 2015). Revolusi industri kedua ini distimulasi oleh teori Faraday dan Maxwell yang mengkombinasikan gaya magnet dan gaya listrik. Kedua teori tersebut kemudian melahirkan pembangkit listrik dan motor listrik yang berperan penting dalam lini perakitan (*assembly line*) untuk produksi massal (Xing & Marwala, 2006) (Ravassoo, 2014).



Gambar 1 Sejarah Perkembangan Revolusi Industri
 Sumber: (Wahlster, 2016)(Zhou et al., 2015)

Meskipun terdapat perbedaan yang signifikan antara karakteristik industri 1.0 dan industri 2.0, terdapat kesamaan antara kedua era revolusi industri ini yaitu penemuan teknologi baru yang mengubah tata cara sistem produksi di banyak pabrik. Demikian di era industri 3.0 dimana internet merupakan inovasi yang dikembangkan dengan kemajuan teknologi yang memudahkan perusahaan untuk saling berkomunikasi melalui perangkat keras, jaringan perangkat lunak komputer, dan sistem telekomunikasi (Smith, 2000).

Industri 4.0, yang sedang berlangsung saat ini, mengacu pada kemajuan teknologi modern di mana internet dan teknologi pendukung (seperti *embedded system*/ sistem tertanam) berperan sebagai pusat pengoperasian integrasi sistem produksi. Konsep-konsep seperti *Internet of Things* (IoT), internet industri, komputasi awan (*Cloud-based Manufacturing*), dan *Smart Manufacturing* merupakan aspek penting dari konsep visioner revolusi industri keempat (Schumacher, Erol, & Sih, 2016). Gambar 1 mengilustrasikan perkembangan keempat generasi revolusi industri.

Era Revolusi Industri 4.0 Dan 5.0

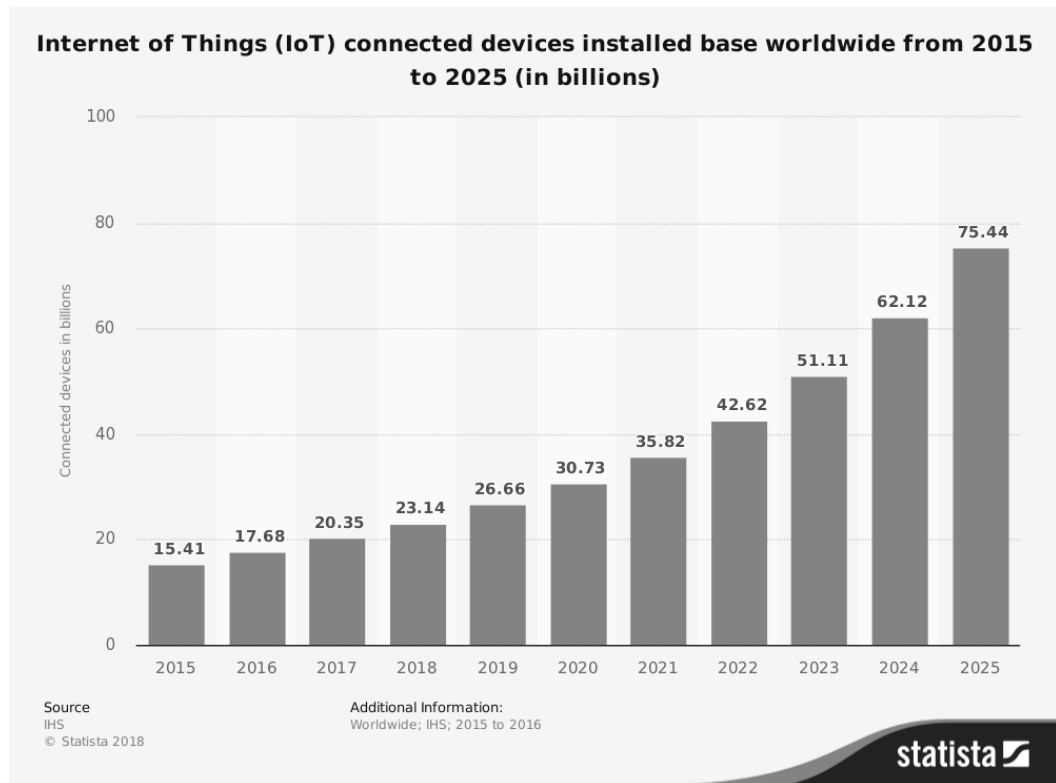
Industri 4.0 dan IoT (Internet of Things)

Istilah industri 4.0 pertama kali dikenalkan pada tahun 2011 pada acara Hannover Fair di Jerman (Chung & Kim, 2016). Bahkan gagasan industri 5.0 sudah mulai muncul di beberapa publikasi yang menekankan pada implikasi material-material biologis sebagai sumber daya berkelanjutan (Sachsenmeier, 2016). Konsep industri 4.0 didasarkan pada teknologi kompleks yang meliputi *cyber-physical systems*, *Internet of Things (IoT)*, komputasi awan

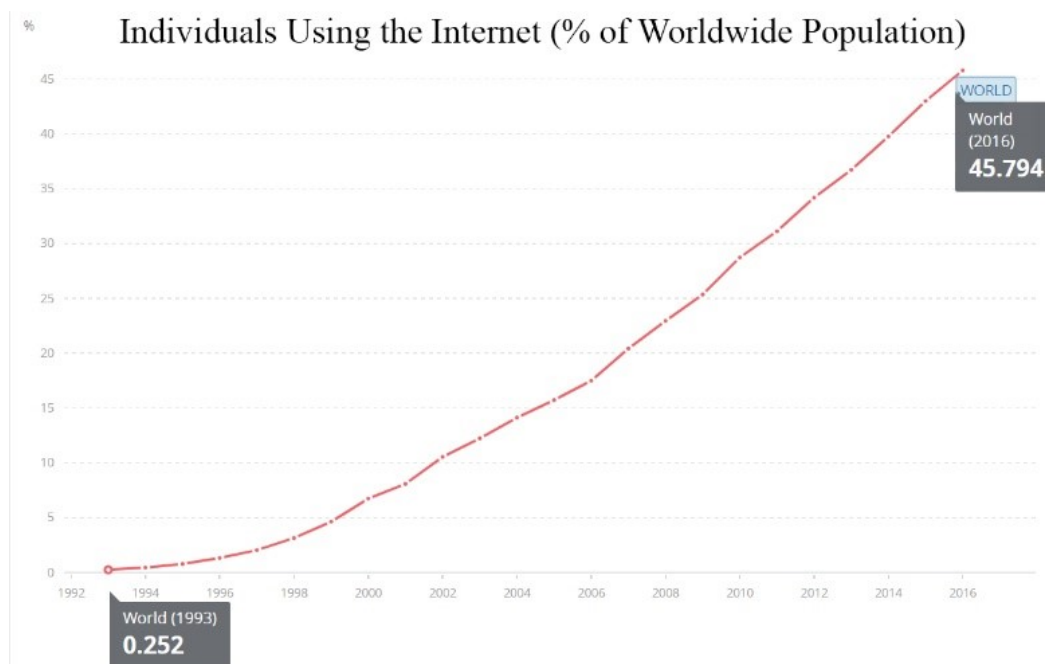
(*cloud computing*), *big data* dan kemajuan teknik analisis (Zhou dkk., 2015).

Aspek CPS (*cyber-physical systems*) merupakan dasar dari adanya *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini yang membangun teknologi-teknologi inovasi yang terdiri dari banyak fungsi kerja dan memudarkan batas antara definisi maya dan nyata (Ungurean, Gaitan, & Gaitan, 2014). *Internet of Things (IoT)* sendiri merupakan inovasi yang menggabungkan komponen fisik dan digital untuk menciptakan produk-produk baru (Wortmann & Flüchter, 2015). Istilah *things* pada *Internet of Things* merujuk pada berbagai elemen fisik seperti perangkat portabel (seperti: *smartphone*, *tablet*, dan kamera digital) dan elemen lingkungan (seperti: rumah, mobil, dan kantor) yang setiap perangkat (*things*) dilengkapi dengan alat identifikasi frekuensi radio sehingga saling terhubung (Ungurean dkk., 2014) (Zhou dkk., 2015).

Kemajuan di era industri 4.0 memberikan banyak manfaat dan kemudahan terutama di sektor produksi dan bisnis (Berawi, 2018) melalui peningkatan fleksibilitas dan kecepatan produksi (Pai Zheng dkk., 2017), bersifat otomatisasi (Lasi, Peter, Hans-Georg, Thomas, & Michael, 2014), virtualisasi (menghasilkan salinan virtual melalui data sensor) (Stock, Obenaus, Kunz, & Kohl, 2018), pemrosesan data dan komunikasi secara *real time* (Wan, 2015). Kemajuan teknologi ini tidak hanya mengubah sistem produksi pabrik namun juga kebutuhan dan gaya hidup masyarakat global. Seperti penggunaan media sosial telah digunakan oleh hampir 30% dari populasi dunia untuk saling terhubung, belajar, dan mencari sumber informasi (Prisecar, 2016).

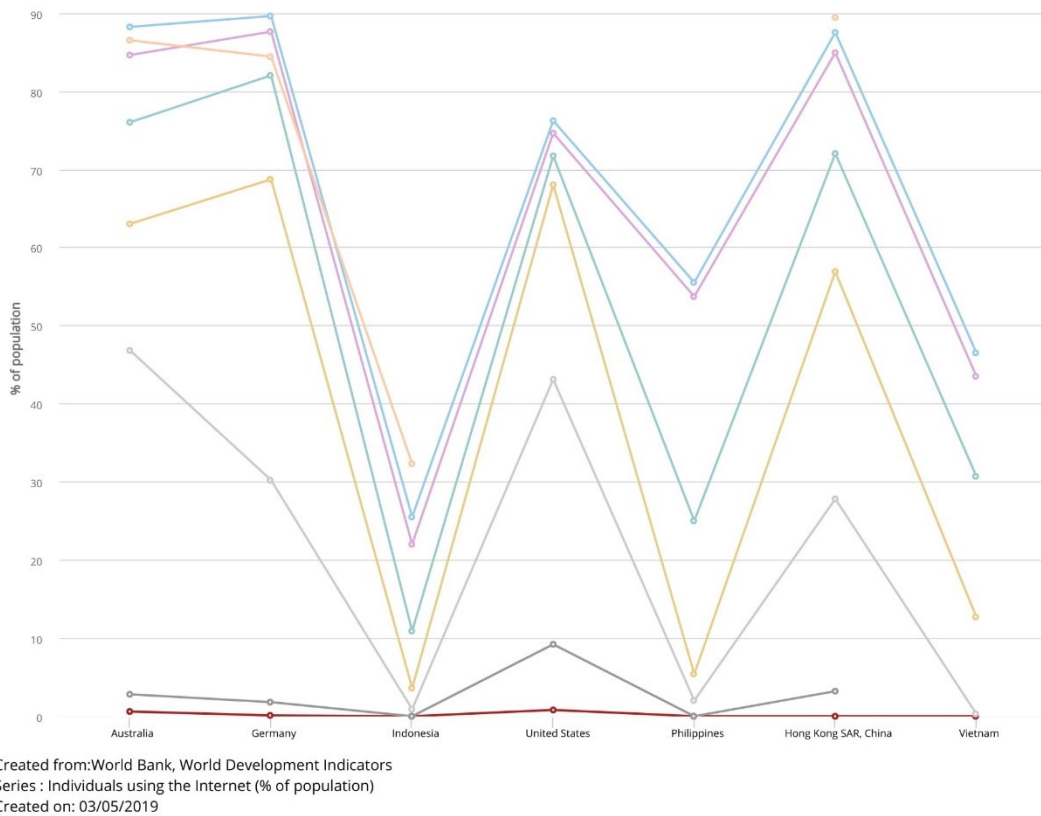


Gambar 2 Jumlah *device* yang terhubung IoT dalam skala global



Gambar 3 Persentase populasi dunia yang mengakses internet

Perbandingan Jumlah Pengguna Internet di Indonesia dengan Negara Maju dan Berkembang pada Tahun 1990-2017



Gambar 4 Perbandingan jumlah pengguna internet di Indonesia dan negara lain

Berdasarkan data survei IHS (IHS, 2016), jumlah perangkat elektronik yang terhubung dengan internet selalu meningkat setiap tahunnya (Gambar 2). Pada tahun 2018, sebanyak 23,14 milyar orang yang menggunakan alat elektronik berbasis internet dan diperkirakan akan selalu meningkat hingga berkisar sekitar 75 milyar orang (kenaikan sebesar 200%) pada tahun 2025. Sejalan dengan data hasil survey menurut World Bank (Group, 2017a), pada tahun 1993 dimana telah memasuki era industri 3.0 yang telah menggunakan sistem informasi berbasis internet, jumlah pengguna terus meningkat secara bertahap dari persentase terkecil sebesar 0,252% hingga 45,794% pada tahun 2017 yang hampir mencapai setengah dari keseluruhan persentase populasi dunia (Gambar 3). Negara Indonesia sendiri

juga mengalami peningkatan untuk jumlah pengguna internet hingga sebesar 32,3% pada tahun 2017 dari persentase dibawah 1% di tahun 1995 (Group, 2017a). Menariknya, beberapa negara berkembang lainnya seperti Filipina dan Vietnam, memiliki persentase lebih rendah dibandingkan Indonesia pada tahun 1995, akan tetapi jumlah pengguna mengalami kenaikan yang lebih signifikan dengan jumlah persentase pengguna di tahun 2000 sebesar 55,5% dan 46,5% masing-masing untuk negara Filipina dan Vietnam, sedangkan Indonesia hanya sebesar 25,5% pada periode tahun yang sama (Group, 2017b). Sedangkan pada negara maju seperti Amerika Serikat dan Jerman, persentase pengguna internet terus bertambah secara signifikan, sejalan dengan jumlah kepemilikan *smartphone* di negara maju

yang terus meningkat di setiap tahunnya; sejumlah 68% pada tahun 2015 (Poushter, 2016). Secara umum berdasarkan data pada Gambar 2, 3, dan 4 menunjukkan bahwa adanya *mobile device* yang terintegrasi dengan internet, mengubah gaya hidup masyarakat global; revolusi industri juga menyebabkan revolusi kehidupan sosial dengan adanya keberadaan *IoT* yang menyediakan kemudahan layanan bersifat instan dan *smart-based* (Guo, Daqing, & Zhu, 2011).

Adanya kemajuan teknologi di era revolusi industri saat ini tidak dipungkiri

juga membawa tantangan sebagai konsekuensi dari industri 4.0 terutama untuk para tenaga kerja diantaranya: kompleksitas sistem pada perangkat yang digunakan; sistem berperan sebagai *intelligent assistance*; peningkatan kebutuhan tenaga kerja terampil; dampak pada organisasi kerja dan keseimbangan kehidupan kerja; dan *cybersecurity* (Ras, Wild, Stahl, & Baudet, 2017; Arnold, 2016).

Berikut ini kompetensi inti yang dibutuhkan untuk menghadapi tantangan dari industri 4.0 (Hecklau, Galeitzke, Flachs, & Kohl, 2016).

Tabel 1. Kategori kompetensi era industri 4.0

Kategori	Kompetensi yang dibutuhkan
Kompetensi teknikal	Pengetahuan terbaru Kemampuan teknikal Kemampuan pemahaman yang cepat Kemampuan menggunakan media Kemampuan <i>coding</i> dan pemrograman Memahami sistem keamanan IT
Kompetensi metodologis	Kreativitas Berjiwa <i>entrepreneur</i> <i>Problem solving</i> <i>Conflict solving</i> Kemampuan memilih keputusan Kemampuan analitis <i>Research skills</i> Berorientasi efisien
Kompetensi sosial	Kemampuan adaptasi antar budaya Kemampuan berbahasa Kemampuan berkomunikasi Kemampuan membangun jaringan Kemampuan bekerja sama dalam tim Kemampuan mentransfer pengetahuan Kemampuan memimpin
Kompetensi personal	Fleksibilitas Kemampuan bertoleransi/adaptasi Motivasi untuk belajar Mampu bekerja di bawah tekanan Memiliki inisiatif Mudah menyesuaikan dengan kemajuan teknologi

Pendidikan Fisika Pada Era Revolusi Industri 4.0

Adanya revolusi industri 4.0 mempengaruhi landasan terciptanya inovasi-inovasi di bidang pendidikan. Cepatnya laju revolusi pada era ini yang berfokus pada kecerdasan artifisial, perlahan menyebabkan adanya model-model pembelajaran baru yang sesuai di masa depan—istilah untuk *education 4.0* (pendidikan 4.0) (D'Souza & Kamaruddin, 2016). Banyak pendidikan tinggi yang tidak hanya mengajarkan sebatas teori terkait bidang kajian ilmu tertentu, namun juga melatih kemampuan peserta didik untuk dapat beradaptasi dan bersaing secara global dalam menghadapi industri 4.0 (Singh, Al-Mutawaly, & Wanyama, 2017). Salah satunya adalah melalui pendekatan pembelajaran aktif berbasis *industrial project* sesuai dengan kurikulum pada program studi (Baena, Guarin, Mora, Sauza, & Retat, 2017).

Pendidikan fisika di era pembelajaran konvensional masih bersifat *teacher-oriented learning*; sesi tanya jawab singkat di akhir pembelajaran dengan pemberian pekerjaan rumah; serta menghadapi ujian akhir dengan pola masalah yang sama di setiap semesternya (Wieman & Perkins, 2005). Sistem pembelajaran seperti ini yang kemudian menyebabkan hampir seluruh peserta didik di bidang fisika memiliki pola pikir dan karakteristik yang sama (Wieman & Perkins, 2005) (McDermott & C., 1990). Sehingga para pendidik di bidang sains diharapkan untuk dapat mengembangkan pendidikan fisika menjadi lebih efektif dan relevan sesuai dengan tuntutan kebutuhan global (Wieman & Perkins, 2005). Dengan adanya kemajuan di bidang teknologi, media-media pembelajaran dan sumber belajar terus mengalami inovasi, sehingga mendorong siswa untuk dapat belajar secara mandiri dan mampu menyelesaikan masalah yang bersifat abstrak dengan pendekatan

ilmiah (Neeman, 1988) (Eijkelhof & Kortland, 1988).

Peserta didik diharapkan berhasil dalam menghadapi lingkungan kerja yang semakin mengglobal, terotomatisasi, tervirtualisasi, berjejaring dan fleksibel menyebabkan keterampilan yang dibutuhkan bukan hanya sekedar pengetahuan kognitif belaka, melainkan kemampuan berpikir secara *non-linear*, keterampilan sosial dan antar budaya, manajemen diri, dan kompetensi diri (Wallner & Wagner, 2016). Beberapa fakta nyata yang muncul di lingkungan akademik dalam kehidupan sehari-hari menimbulkan adanya kompleksitas yang mempengaruhi kegiatan pembelajaran seperti: tingkat keberagaman siswa semakin meningkat, kehadiran perangkat seluler dan sosial media yang mudah ditemui, perkembangan program-program pembelajaran; beragam pengaturan, format, dan teknologi yang tersedia (seperti *e-learning*, *blended learning*, kelas yang di *rolling*, *peer teaching*, dan sebagainya), tuntutan kemampuan belajar siswa yang terus meningkat, kemajuan pesat di beragam bidang disiplin ilmu yang terus menerus menghasilkan pengetahuan baru, dan mudahnya akses setiap informasi secara *real time* (Wallner & Wagner, 2016).

Beragamnya tantangan global yang diakibatkan oleh arus industri 4.0 menyebabkan peningkatan kebutuhan sumber daya manusia yang mampu mengintegrasikan pengetahuan saintifik beserta aplikasinya (Kelley & Knowles, 2016). Hal ini yang kemudian menggarisbawahi pentingnya kemampuan di bidang sains dan terapannya bagi masyarakat global di abad ke-21 untuk meningkatkan kompetensi di bidang STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) (English, 2016; Marginson, Simon; Tyler, Russell; Freeman, Brigid; Roberts, 2013; Zakiyah, Akhsan, & Wiyono, 2019).

Konsep pendidikan STEM di dunia modern merupakan integrasi bermakna dari beragam cabang ilmu yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan di dunia nyata (Labov, Singer, George, Schweingruber, & Hilton, 2009; Sanders, 2009). Beberapa aspek yang dapat dikembangkan melalui integrasi pembelajaran sains dan terapannya merupakan kapabilitas lulusan pendidikan STEM yang meliputi: *skills* (riset, belajar dan menyelidiki; *problem solving*, *technical skills* dan observasi, melakukan eksperimen, dan menyajikan presentasi); *ways of thinking* (analitis, logis, berfikir kritis, sistematis, terstruktur; kemampuan bertanya, mengevaluasi, mandiri; memberikan alasan, objektif, berbasis fakta, rasional; *open-minded*; inovatif, kreatif, dan berfikir lateral/berbagai sudut pandang); dan *knowledge* (metode saintifik, sains sebagai proses; pembelajaran terintegrasi STEM; pengetahuan dan kosakata berbasis pengetahuan STEM) (West, 2012). Aspek kemampuan tersebut linear terhadap kualifikasi kebutuhan tenaga kerja di era industri 4.0 sesuai dengan Tabel 1. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan pembelajaran tidak hanya terorientasi hanya untuk satu cabang ilmu tertentu (*disciplinary*), melainkan bersifat *transdisiplin* sehingga pengetahuan dan keahlian yang diperoleh dari berbagai sumber ilmu mampu diaplikasikan pada *real-world problems* dan meningkatkan pengalaman belajar peserta didik (English, 2016).

Peran Pendidikan Fisika Untuk Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0

Semakin berkembangnya generasi, sumber daya manusia harus mampu beradaptasi, berkolaborasi, dan berinovasi menggunakan teknologi-teknologi terbaru, mengidentifikasi dan mengaktualisasikan beberapa cabang disiplin ilmu (Atlass, Patricia; Wiebe, 2017). Seiring waktu, *trend* penelitian kolaborasi riset interdisiplineritas dengan

sub-bidang fisika semakin meningkat yang terus menghasilkan teknologi-teknologi terbaru (Pan, Sinha, Kaski, & Saramäki, 2012). Hal ini mengakibatkan meningkatnya permintaan sumber daya manusia yang terqualifikasi untuk mampu bersaing di dunia global. Sehingga untuk menciptakan lulusan yang terampil terutama di era industri 4.0 saat ini perlu memperhatikan beberapa hal sebagai berikut (Wallner & Wagner, 2016):

Memberikan gambaran struktural ilmu fisika kepada peserta didik

Tantangan yang ada di masa depan menitikberatkan pada kemampuan interdisipliner dan transdisipliner. Seperti mesin-mesin robotik yang digunakan di bidang kedokteran, perangkat radio dan *smart assistance* yang terdapat pada mobil dan perangkat seluler. Sehingga pembelajaran yang hanya berfokus pada satu bidang ilmu tanpa ada relasi dengan cabang ilmu yang lain menjadi semakin *kuno*. Apa yang dibutuhkan oleh siswa untuk kehidupan di masa depan adalah gambaran struktural pada tiap-tiap bidang ilmu pengetahuannya untuk dapat diintegrasikan dengan pengetahuan lain yang telah diperoleh.

Memberikan kesempatan siswa menggali ilmu dari beragam sumber

Informasi-informasi yang dibutuhkan oleh siswa berjumlah tak terbatas dan tersedia di berbagai sumber (buku, artikel, *search engine*, *blog*, dan lain sebagainya). Guru bukanlah sebagai ahli di bidang ilmu yang diampu, saat pembelajaran berlangsung setiap siswa memiliki pendapat ilmiahnya masing-masing.

Pembelajaran STEM terintegrasi

Banyak penelitian yang menunjukkan dengan mengaplikasikan kurikulum berbasis interdisipliner (kurikulum terintegrasi) menciptakan kesempatan bagi siswa untuk

pengalaman yang lebih relevan, pembelajaran yang minim terfragmentasi (setiap materi saling terhubung), dan memberikan stimulus bagi peserta didik (Furner & Kumar, 2007). Adapun manfaat lain yang secara spesifik ditemukan melalui pendidikan STEM terintegrasi adalah mengembangkan

peserta didik menjadi pemecah masalah yang lebih baik, inovator, penemu, mandiri, logis, serta melek teknologi (Morrison, 2006). Tabel 2 meringkas beberapa fokus yang perlu diperhatikan dalam mengintegrasikan pembelajaran fisika melalui pembelajaran STEM terintegrasi (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012).

Tabel 2. Model *S.T.E.M.* dalam pembelajaran STEM terintegrasi

Support (Pendukung)	
<ul style="list-style-type: none"> • Adanya kerjasama dengan universitas atau sekolah lain • Menghadirkan profesional bidang pengembangan • Adanya kolaborasi guru bidang studi • Pelatihan dan pengembangan kurikulum 	
Teaching (Sistem pembelajaran)	
<i>Lesson Planning</i> (rencana pembelajaran)	Classroom practices (kegiatan kelas)
<ul style="list-style-type: none"> • Berfokus pada keterkaitan antar bidang ilmu • Terjemahan dari representasi • Memahami miskonsepsi siswa • Memahami kapabilitas siswa • Berbasis <i>problem solving</i> • <i>Student centered</i> • Membangun pengetahuan sebelumnya • Berfokus pada ide dan konsep • Mengintegrasikan teknologi • Relevansi pada dunia nyata dan budaya 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengajukan pertanyaan dan membuat hipotesis • Pemikiran berbasis ilmiah • Kemampuan menulis ilmiah • Fokus pada pola pemahaman • Menggunakan penilaian (<i>assessment</i>) sebagai bagian dari instruksi pembelajaran • Pembelajaran <i>cooperative</i> • Media pembelajaran yang efektif • Inkuiri
Efficacy (Tingkat keberhasilan)	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Content knowledge</i> dan <i>pedagogical knowledge</i> berkontribusi untuk membangun <i>self-efficacy</i> yang positif • Komitmen yang tinggi • Perencanaan dan pengorganisasian sangat penting 	
Materials (Fasilitas pendukung)	
<ul style="list-style-type: none"> • Sumber-sumber teknologi • Wawasan teknologi • <i>Materials kits</i> untuk aktivitas belajar (contoh pada kegiatan laboratorium) • Ruang penyimpanan kit pembelajaran • Meja-meja untuk kegiatan belajar berkelompok 	

E-learning to we-learning

e-learning saat ini dianggap sebagai model pembelajaran yang kurang mendukung. Pembelajaran fisika juga perlu diarahkan untuk mengembangkan kemampuan sosial peserta didik. Contoh umum yang dapat dilakukan adalah dengan cara mengundang siswa luar atau

kunjungan ilmiah untuk melakukan diskusi maupun observasi ilmiah. Hal ini diperlukan berkaitan dengan kemampuan individu saat bekerja di dunia nyata dan melihat secara langsung fenomena *real*. Selain itu, pengembangan pengalaman belajar siswa juga dapat dilakukan dengan melalui implikasi teknologi

seperti pengembangan multimedia interaktif. Media pembelajaran ini sangat baik dalam mengembangkan kemampuan *skills*, identifikasi masalah, organisasi, analisis, evaluasi, dan kemampuan penyampaian informasi (Wiyono, Setiawan, Paulus, & Liliarsari, 2012). Multimedia interaktif dalam pembelajaran fisika juga dapat memudahkan pendidik dalam menyampaikan materi dengan konsep-konsep abstrak yang sukar dipahami siswa—seperti teori relativitas (Wiyono et al., 2019); dan menyediakan kegiatan praktikum melalui laboratorium virtual bagi peserta didik sehingga efektivitas pembelajaran dapat ditingkatkan dan memberikan siswa pengalaman belajar yang bermakna (Wiyono, Setiawan, & Suhadi, 2009).

SIMPULAN

Industri 4.0 membawa tantangan yang nyata terutama bagi para pendidik untuk menciptakan generasi yang mampu berdaya saing pada tingkat global. Dengan adanya kemajuan teknologi yang muncul akibat dampak dari industri 4.0, dapat dimanfaatkan oleh para pendidik dan pemerhati pendidikan untuk mengembangkan dan mengintegrasikan ilmu dalam suatu pembelajaran sehingga tidak hanya mengembangkan kemampuan kognitif peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, A., Schaefer, S., & Funke, T. (2018). Incorporating Industry 4.0 in Corporate Strategy, (October), 161–176. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3468-6.ch009>
- Arnold, G. (2016). Viewpoint: Intelligent Systems: A New Industrial Revolution. *IEEE Electrification Magazine*, 4(1), 63–64. <https://doi.org/10.1109/MELE.2015.2509904>
- Atlass, Patricia; Wiebe, S. (2017). Re-imagining Education Policy and Practice in the Digital Era. *Journal of the Canadian Association for Curriculum Studies (JCACS)*, 15(2), 48–63.
- Baena, F., Guarin, A., Mora, J., Sauza, J., & Retat, S. (2017). Learning Factory: The Path to Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 9, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.022>
- Berawi, M. A. (2018). Utilizing Big Data in Industry 4.0: Managing Competitive Advantages and Business Ethics. *International Journal of Technology*, 9(3), 430. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i3.1948>
- Chung, M., & Kim, J. (2016). The internet information and technology research directions based on the fourth industrial revolution. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 10(3), 1311–1320. <https://doi.org/10.3837/tiis.2016.03.020>
- Cowan, R. S. (2012). The “Industrial Revolution” in the Home: Household Technology and Social Change in the 20th Century. *Domestic Ideology and Domestic Work*, 17(1), 375–397. <https://doi.org/10.1515/9783110968842.375>
- D’Souza, U., & Kamaruddin, M. (2016). Industrial Revolution 4.0: Role of Universities, 8(9), 2–3. <https://doi.org/10.6007/IJARBSS/v8-i9/4593>
- Deane, P. (2003). *The First Industrial Revolution* (2nd ed.). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Eijkelfhof, H. M. C., & Kortland, K. (1988). Broadening the aims of physics education. *Development and Dilemmas in Science*

- Education*, (December 1970), 282–305.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Frader, L. L. (2006). *The Industrial Revolution*. New York: Oxford Unive.
- Furner, J., & Kumar, D. (2007). The mathematics and science integration argument: a stand for teacher educatio. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology*, 3(3), 185–189.
- Group, W. B. (2017a). Individuals using the Internet (% of population). Retrieved from <https://data.worldbank.org/indicator/IT.NET.USER.ZS?end=2017&start=1960&view=chart>
- Group, W. B. (2017b). Indonesia compared to other developed countries and developing countris. Retrieved from <https://databank.worldbank.org/data/Indonesia-compared-to-other-developed-countries-and-developing-countries-in-term-of-internet-users/id/6aecl1e80>
- Guo, B., Daqing, Z., & Zhu, W. (2011). Living with internet of things: The emergence of embedded intelligence. *Proceedings - 2011 IEEE International Conferences on Internet of Things and Cyber, Physical and Social Computing, IThings/CPSCom 2011*, 297–304. <https://doi.org/10.1109/iThings/CPSCom.2011.11>
- Halili, S. H. (2019). Technological Advancements In Education 4 . 0, 7(1), 63–69.
- Hartwell, R. M. (2017). *The Causes of The Industrial Revolution in England*. Routledge.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- IHS. (2016). IHS: IoT Platforms - Enabling the Internet of Things. Retrieved March 3, 2019, from <https://www.ihs.com/Info/0416/internet-of-things.html>
- JONES, F. S. (1984). The New Economic History and the Industrial Revolution. *South African Journal of Economics*, 52(2), 77–88. <https://doi.org/10.1111/j.1813-6982.1984.tb00825.x>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Labov, J., Singer, S., George, M., Schweingruber, H., & Hilton, M. (2009). Effective Practices in Undergraduate STEM Education Part 1: Examining the Evidence. *CBE Life Sciences Education*, 8, 157–161. <https://doi.org/10.1187/cbe.09>
- Lasi, H., Peter, F., Hans-Georg, K., Thomas, F., & Michael, H. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.
- Marginson, Simon; Tyler, Russell; Freeman, Brigid; Roberts, K. (2013). STEM: Country Comparisons. *Australian Council of Learned Academies (ACOLA)*. https://doi.org/ISBN_978_0_9875798_0_5
- McDermott, & C., L. (1990). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, 58(8), 734–742.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM*

- education monograph series, Attributes of STEM education.* Baltimore: MD: TIES.
- Neeman, Y. (1988). Computers in physics. *Physics Today*, 41(3), 130–132.
<https://doi.org/10.1063/1.2811370>
- Pai Zheng, Honghui Wang, Zhiqian Sang, Ray Y. Zhong, Yongkui Liu, Chao Liu, ... Xun Xu. (2017). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: a conceptual framework, scenarios and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 1–16.
<https://doi.org/10.1007/s11465-000-0000-0>
- Pan, R. K., Sinha, S., Kaski, K., & Saramäki, J. (2012). The evolution of interdisciplinarity in physics research. *Scientific Reports*, 2, 1–8.
<https://doi.org/10.1038/srep00551>
- Peters, M. A. (2017). Technological unemployment: Educating for the fourth industrial revolution. *Educational Philosophy and Theory*, 49(1), 1–6.
<https://doi.org/10.1080/00131857.2016.1177412>
- Poushter, J. (2016). Smartphone Ownership and Internet Usage Continues to Climb in Emerging Economies: But advanced economies still have higher rates of technology use. *Pew Research Center*, 1–5. Retrieved from <http://www.pewglobal.org/2016/02/22/smartphone-ownership-and-internet-usage-continues-to-climb-in-emerging-economies/>
- Prisecar, P. (2016). Challenges of the Fourth Industrial Revolution. *Knowledge Horizons - Economics*, 8(1), 57–62.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7247-4.50007-0>
- Puncreobutr, V. (2016). Education 4.0: New Challenge of Learning. *Humanitarian and Socio-Economic Sciences*, 2(2), 92–97. Retrieved from <http://scopus.com/scopus/index.php/hum-se-sc/article/view/188>
- Ras, E., Wild, F., Stahl, C., & Baudet, A. (2017). Bridging the Skills Gap of Workers in Industry 4.0 by Human Performance Augmentation Tools, 428–432.
<https://doi.org/10.1145/3056540.3076192>
- Ravasoo, A. (2014). Interaction of bursts in exponentially graded materials characterized by parametric plots. *Wave Motion*, 51(5), 758–767.
<https://doi.org/10.1016/j.wavemoti.2014.01.006>
- Sachsenmeier, P. (2016). Industry 5.0—The Relevance and Implications of Bionics and Synthetic Biology. *Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/J.ENG.2016.02.015>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Savić, D. (2018). Rethinking the role of grey literature in the fourth industrial revolution. *Grey Journal*, 14(Special Winter Issue), 7–14.
<https://doi.org/10.1111/ijmr.12102/full>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Singh, I., Al-Mutawaly, N., & Wanyama, T. (2017). Teaching Network Technologies That Support Industry 4.0. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association*, 1–5.
<https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.5712>

- Smith, B. R. L. S. (2000). The third industrial revolution: Policymaking for the internet bradford, 229(1985).
- Stearns, P. N. (2013). *The Industrial Revolution in World History* (4th ed.). USA: Westview Press.
- Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*, 118, 254–267.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Ungurean, I., Gaitan, N. C., & Gaitan, V. G. (2014). An IoT architecture for things from industrial environment. *IEEE International Conference on Communications*, (May). <https://doi.org/10.1109/ICComm.2014.6866713>
- Wahlster, W. (2016). Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization. *The Internet of Things to Smart Factories*, P6, 49(681). Retrieved from <http://www.dfki.de/~wahlster>
- Wallner, T., & Wagner, G. (2016). Academic Education 4.0. In *International Conference on Education and New Development*.
- Wan, J. (2015). Industrie 4.0: Enabling Technologies.
- West, M. (2012). CHIEF SCIENTIST SteM education and the workplace, (4), 1–4.
- Wieman, C., & Perkins, K. (2005). Transforming Physics Education By using the tools of physics in their teaching , instructors can move students from mindless memorization to understanding and appreciation . *Physics Today*, (November 2005), 36–41.
- Wiyono, K., Ismet, I., Noprianti, N., Permawati, H., Saporini, S., & Zakiyah, S. (2019). Interactive multimedia using multiple-intelligences-based in the lesson of thermodynamics for high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1166, 012014. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1166/1/012014>
- Wiyono, K., Setiawan, A., Paulus, C., & Liliyasi, L. (2012). Model Multimedia Interaktif Berbasis Gaya Belajar Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Pendahuluan Fisika Zat Padat. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8, 74–82.
- Wiyono, K., Setiawan, A., & Suhadi, A. (2009). Model pembelajaran multimedia interaktif relativitas khusus untuk meningkatkan Keterampilan generik sains siswa SMA. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 3(1), 21–30.
- Wortmann, F., & Flüchter, K. (2015). Internet of Things: Technology and Value Added. *Business and Information Systems Engineering*, 57(3), 221–224. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0383-3>
- Xing, B., & Marwala, T. (2006). Implications of the Fourth Industrial Age on Higher Education Bo Xing and Tshilidzi Marwala. *ArXiv Preprint ArXiv*.
- Zakiyah, S., Akhsan, H., & Wiyono, K. (2019). Developing introduction to quantum physics textbook in the syllabus of spin particles based on science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Journal of Physics: Conference Series*, 1166, 012015.

<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1166/1/012015>
Zhou, Keliang, Zhou, L., & Liu, T.
(2015). Industry 4.0: Towards
Future Industrial Opportunities
and Challenges: FSKD 2015 : 15-

17 August, Zhangjiajie, China.
*12th International Conference on
Fuzzy Systems and Knowledge
Discovery*, 0–5.
<https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>