

Membekali Kompetensi dan Pendidikan Karakter di Era Revolusi Industri 4.0 melalui Pembelajaran Fisika

J Siswanto

Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang
E-mail: jokosiswanto@upgris.ac.id

Abstrak. Revolusi industri 4.0 atau era disrupsi memberikan dampak bagi kehidupan manusia, baik positif maupun negatif. Pendidikan berperan penting dalam menyiapkan sumber daya manusia sesuai dengan perubahan, termasuk pendidikan fisika. Pengajar fisika harus memfasilitasi pembelajaran yang mendukung pencapaian konten fisika serta kompetensi yang diperlukan era disrupsi dan penguatan pendidikan karakter. Pembelajaran fisika dapat mengimplementasikan pembelajaran terintegrasi STEM (*Science, Tecnology, Engineering, and Mathematics*) dan model IBMR (*Investigation-Based Multiple Representation*). Karakteristik pembelajaran-pembelajaran tersebut berpotensi untuk membekali kompetensi yang diperlukan di era revolusi industri 4.0 dan pendidikan karakter.

Kata kunci: revolusi industri 4.0, kompetensi, pendidikan karakter, pembelajaran terintegrasi STEM, model IBMR

Abstract. The industrial revolution 4.0 or disruption era had positive and negative impacts on human life. Education is important to prepare human resources according to change, including physics education. Physics teachers must facilitate learning that supports the achievement of physics content and competencies needed in the disruption era and character education. Implementation of physics learning can be integrated with STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) and model of IBMR (Investigation-Based Multiple Representation). The characteristics of this lessons have the potential to complement the competencies needed in the industrial revolution 4.0 and character education.

Keywords: industrial revolution 4.0, competence, character education, STEM integrated learning, IBMR model.

Pendahuluan

Revolusi industri 4.0 (RI 4.0) ditandai dengan adanya otomatisasi atau digitalisasi. Pada RI 4.0 pengambilan atau pertukaran data dapat dilakukan secara *on time* atau *real time* yang prosesnya dapat berlangsung di mana saja dan kapan saja apabila terkoneksi dengan internet. Ciri revolusi industri 4.0 adalah inovasi, diantaranya ditandai dengan adanya *Internet of Things (IoT)*, *big data*, printer 3D, *artificial intelligence (AI)*, robot, dan kendaraan tanpa pengemudi [1, 2].

RI 4.0 berpotensi besar dalam meningkatkan kualitas hidup manusia. Artinya, RI 4.0 akan memberikan dampak yang signifikan dalam setiap aspek kehidupan manusia. Digitalisasi dan kecerdasan buatan akan banyak membantu manusia. Di sisi lain, kemajuan-kemajuan tersebut menimbulkan kekhawatiran bahwa mesin-mesin akan mengambil alih atau menggantikan pekerjaan manusia. Saat ini telah terdapat banyak bukti, diantaranya tenaga manusia di pabrik banyak digantikan oleh mesin atau robot, banyak pasar swalayan atau mall yang gulung tikar, dan perusahaan transportasi konvensional menutup usahanya karena kalah bersaing dengan transportasi berbasis digital. Fenomena-fenomena tersebut menyebabkan banyaknya pengangguran, demonstrasi yang berujung kekerasan, bahkan memicu kejahatan dunia digital atau *cyber crime*, ujaran kebencian, hoax, sampai dengan penyimpangan norma dan pergaulan seperti individualistik dan prostitusi online.

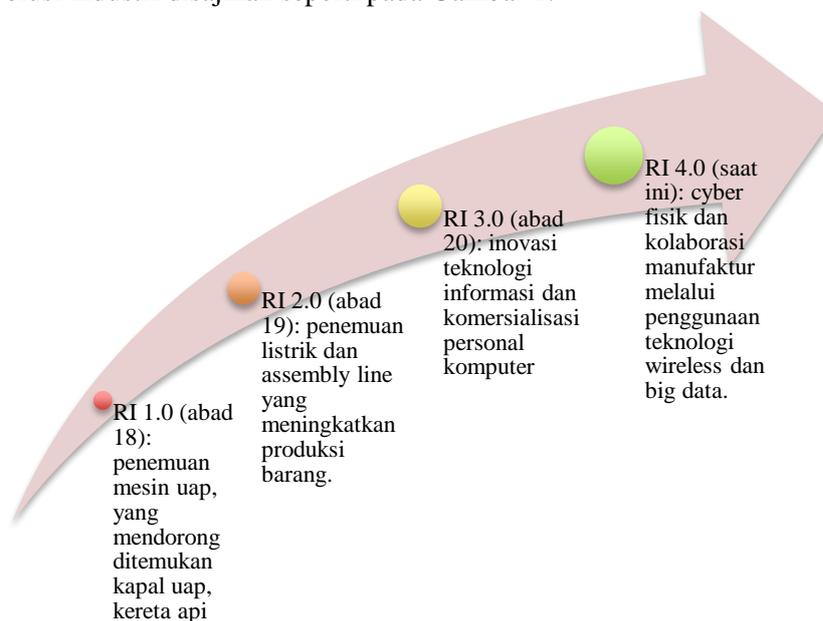
Pendidikan menjadi garda terdepan dalam mempersiapkan generasi penerus yang siap menghadapi tantangan kemajuan teknologi di era RI 4.0, sekaligus yang mampu membentengi dampak negatif

yang akan ditimbulkan. Pendidikan fisika harus memfasilitasi tercapainya hal tersebut. Pengajar fisika harus memfasilitasi pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada konten saja, tetapi juga kompetensi yang diperlukan di era RI 4.0 dan pendidikan karakter. Kompetensi sesuai dengan kebutuhan era RI 4.0 diperlukan agar sumber daya manusia memiliki daya saing yang tinggi dan karakter diperlukan untuk membentuk pribadi bermoral yang baik.

Pembelajaran yang dapat dipilih untuk diimplementasikan oleh pengajar fisika adalah pembelajaran terintegrasi STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan model pembelajaran IBMR (*Investigation-Based Multiple Representation*). Pembelajaran terintegrasi STEM merupakan pembelajaran yang mendukung menghadapi tantangan RI 4.0 [3]. Model pembelajaran IBMR dikembangkan dari model *Problem Based Learning* (PBL) dan *Modeling Instruction* (MI) untuk mengajarkan keterampilan representasi dan pemecahan masalah fisika [4]. Melalui pembelajaran-pembelajaran tersebut diharapkan mampu menyiapkan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi sesuai era RI 4.0 dan memiliki karakter baik.

Revolusi Industri 4.0

Perkembangan revolusi industri disajikan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Perkembangan Revolusi Industri [5, 6, 7]

RI 1.0 ditandai dengan penemuan mesin uap yang digunakan untuk proses produksi. Mesin uap menggantikan tenaga otot (manusia dan hewan) dalam produksi. RI 2.0 ditandai dengan penemuan tenaga listrik. Pada era tersebut, mesin uap mulai perlahan digantikan oleh tenaga listrik. RI 3.0 ditandai dengan penemuan komputer. Pada era tersebut, teknologi komputer berkembang sangat pesat dengan ditemukannya transistor, semikonduktor, dan *integrated chip (IC)*, serta dimulainya era teknologi informasi. RI 4.0 dikenal dengan teknologi digital atau otomatisasinya dan ditandai dengan *cyber* fisik dan kolaborasi manufaktur. Pada era tersebut, telah dilakukan proses penggabungan kerja mesin dan dengan sistem yang menerapkan kecerdasan jaringan dalam proses produksi [8]. Selain itu, terdapat peningkatan digitalisasi yang dipengaruhi faktor-faktor sebagai berikut: (1) peningkatan volume data, teknologi komputasi, dan konektivitas; (2) kemampuan analisis dan kecerdasan buatan; (3) interaksi manusia dengan mesin; dan (4) kemajuan transfer digital ke fisik, sika, seperti robotika dan printer 3D [9].

RI 4.0 dikenal juga dengan revolusi digital atau banyak yang menyebut sebagai era disrupsi, dikarenakan otomatisasi dan konektivitas yang berkembang pesat dan persaingan dunia industri menjadi tidak linear sehingga memunculkan ketidakpastian. RI 4.0 menjadikan pekerjaan manusia menjadi mudah atau terbantu. Berbagai pekerjaan manusia dapat dibantu oleh mesin atau robot dan sebenarnya juga membuka peluang pekerjaan baru bagi manusia. Di sisi lain, akan berdampak pada hilangnya pekerjaan manusia karena digantikan oleh mesin atau robot, banyaknya mall yang gulung

tikar, dan perusahaan transportasi konvensional menutup usahanya karena kalah bersaing dengan transportasi berbasis digital, yang menyebabkan jumlah pengangguran bertambah banyak sehingga yang berujung pada demonstrasi bahkan dengan kekerasan, serta memicu kejahatan dunia digital atau *cyber crime*, ujaran kebencian, hoax, sampai dengan penyimpangan norma dan pergaulan seperti individualistik dan prostitusi online.

RI 4.0 juga berdampak pada bidang pendidikan. Saat ini semakin banyak aplikasi yang memudahkan peserta didik untuk belajar. Internet dan *big data* benar-benar mampu menyediakan informasi yang dibutuhkan manusia, kapan saja dan di mana saja. Pengajar tidak menjadi satu-satunya sumber pengetahuan. Oleh sebab itu, pengajar harus memfasilitasi peserta didik untuk mampu memanfaatkan kemajuan teknologi secara positif.

Kompetensi yang Diperlukan di Era RI 4.0

Kemajuan teknologi di era RI 4.0 perlu diantisipasi dengan baik. Sumber daya manusia perlu disiapkan agar lebih *adaptable* dengan perubahan yang begitu cepat. Pendidikan melalui proses pembelajarannya harus memfasilitasi peserta didik untuk memiliki kompetensi yang diperlukan di era RI 4.0, termasuk melalui pembelajaran fisika. Pengajar fisika harus melakukan pembelajaran yang tidak saja berorientasi pada penguasaan konten fisika, tetapi juga kompetensi yang mendukung peserta didik untuk menghadapi tantangan di era disrupsi.

Kompetensi yang diperlukan di era RI 4.0 dikategorikan menjadi 4 (empat), yaitu: (1) Kompetensi teknis, yang terdiri atas: pengetahuan terbaru, kemampuan teknis, kemampuan pemahaman yang cepat, keterampilan menggunakan media, *coding* dan pemrograman, serta memahami sistem keamanan teknologi informasi; (2) Kompetensi metodologis, yang terdiri atas: kreativitas, *entrepreneur*, penyelesaian konflik, pemecahan masalah, pengambilan keputusan, kemampuan analitis, dan *research skills*; (3) Kompetensi sosial, yang terdiri atas: kemampuan adaptasi, berkomunikasi lisan dan tertulis, membangun jaringan, bekerja sama, dan memimpin; (4) Kompetensi personal, yang terdiri atas: toleransi, *flexibility*, motivasi untuk belajar, mampu bekerja di bawah tekanan, memiliki inisiatif, dan mampu menyesuaikan dengan kemajuan teknologi [10]. Kompetensi-kompetensi tersebut sangat potensial untuk diintegrasikan dalam pembelajaran fisika. Jika pembelajaran fisika mampu diintegrasikan dengan kompetensi-kompetensi tersebut, maka peserta didik akan mendapatkan pengetahuan dan keterampilan yang mendukung dalam kehidupan di era RI 4.0.

Pendidikan Karakter

Karakter merupakan aspek dari kepribadian yang di dalamnya saling terkait antara kepercayaan, perasaan, dan tindakan [11]. Karakter yang baik atau pribadi yang bermartabat atau bermoral menjadi pengendali dalam menghadapi era disrupsi. Oleh sebab itu, pendidikan karakter menjadi faktor penting dalam penyiapan sumber daya manusia menghadapi perubahan yang tidak linear dan tidak pasti. Berbagai usaha untuk membantu anak-anak dan remaja agar memiliki sifat peduli, berpendirian, dan bertanggung jawab, yang dilakukan setiap unit di sekolah, bahkan yang dilakukan bersama-sama dengan orang tua dan masyarakat, merupakan pendidikan karakter [12]. Pendidikan karakter di sekolah merupakan pengajaran yang dirancang untuk mendidik peserta didik dengan nilai-nilai kewarganegaraan dasar dan karakter, etika, bermasyarakat, untuk mendukung penciptaan lingkungan belajar sekolah yang baik dan prestasi belajar. Karakter tersebut diantaranya kejujuran, integritas, toleransi, sopan santun, tanggung jawab, kerja keras, mandiri, tekun, peduli, empati, kasih sayang, murah hati, menghormati, dan taat peraturan atau hukum [13]. Pendidikan karakter diperlukan karena untuk memberikan nilai-nilai moral pada peserta didik, dan sangat menentukan kemajuan peradaban.

Pembelajaran fisika di sekolah harus turut mengambil peran dalam penyiapan generasi penerus yang bermoral baik atau bermartabat. Pembelajaran fisika yang merupakan bagian dari sains terdiri atas 3 (tiga) aspek, yaitu sebagai produk, proses dan sikap [14]. Dalam pelaksanaan pembelajaran fisika, ketiga aspek tersebut dapat dioptimalkan dalam memfasilitasi pendidikan karakter. Pengetahuan fisika terdiri atas: fakta, konsep, prinsip/hukum, rumus, dan teori [15]. Melalui produk pengetahuan fisika, selain didapatkan pengetahuan juga ditanamkan nilai-nilai karakter yang bersesuaian melalui sebuah pemaknaan dalam kehidupan sehari-hari. Fisika sebagai sebuah proses mengedepankan proses ilmiah. Keterampilan proses sains terdiri atas: mengamati, mengklasifikasi, mengukur, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merencanakan penyelidikan, menafsirkan, menganalisis, dan

mengomunikasikan[16]. Melalui proses ilmiah, peserta didik akan belajar untuk berpikir rasional, menganalisis dengan cermat, dan mengambil keputusan secara obyektif. Sementara dari aspek sikap, pembelajaran fisika sangat potensial untuk memfasilitasi terbentuknya pribadi yang teliti, jujur, percaya diri, memiliki rasa ingin tahu, disiplin, bertanggung jawab, dan menghargai pendapat orang lain [14, 17].

Pembelajaran Fisika

Pembelajaran fisika yang memiliki karakteristik yang potensial untuk diimplementasikan dalam rangka memfasilitasi peserta didik untuk belajar konten sekaligus kompetensi era RI 4.0 dan pendidikan karakter diantaranya adalah pembelajaran terintegrasi STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) dan model pembelajaran IBMR (*Investigation-Based Multiple Representation*). Kedua pembelajaran tersebut akan mendukung penguasaan keterampilan dan memenuhi aspek dalam pembelajaran fisika sebagai produk, proses, dan sikap.

Pembelajaran terintegrasi STEM merupakan pembelajaran yang mengintegrasikan dua atau lebih bidang *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* untuk memecahkan masalah yang sesuai dalam kehidupan sehari-hari. Proses pembelajarannya menggunakan kerangka kerja yang terdiri atas: (1) Mengajukan pertanyaan dan mendefinisikan masalah; (2) Mengembangkan dan menggunakan model serta merencanakan melakukan investigasi; (3) Menganalisis dan menafsirkan data dengan menggunakan matematika, teknologi informasi dan computer; (4) Membangun eksplanasi, merancang solusi dan terlibat dalam argumen berdasarkan bukti; dan (5) Mengkomunikasikan, mengevaluasi, dan menyimpulkan [18].

Model pembelajaran IBMR merupakan pembelajaran yang dikembangkan untuk meningkatkan keterampilan representasi dan pemecahan masalah fisika [4]. Dalam pembelajaran IBMR peserta didik akan belajar melalui proses pemecahan masalah terkait dengan kehidupan sehari-hari dan dapat menggunakan rancangan atau bantuan teknologi. Hal ini memenuhi unsur fasilitasi pencapaian kompetensi yang diperlukan era RI 4.0 dan pendidikan karakter. Adapun sintaks pembelajaran IBMR disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintaks Model Pembelajaran IBMR

Sintaks	Keterangan Fase	Aktivitas
Fase 1: Orientasi	Orientasi pada fenomena dan penggunaan multi representasi	<ul style="list-style-type: none"> - Menyajikan fenomena / simulasi/melakukan demonstrasi - Mengarahkan untuk mengidentifikasi konsep yang relevan - Mengarahkan untuk merepresentasikan fenomena/ simulasi/ demonstrasi dan konsep
Fase 2: Investigasi	Merancang dan melaksanakan penyelidikan ilmiah	<ul style="list-style-type: none"> - Menginformasikan dan memfasilitasi kebutuhan investigasi - Membimbing secara kelompok untuk merancang dan melaksanakan penyelidikan ilmiah
Fase 3: Multi representasi	Menyajikan dengan multi representasi	<ul style="list-style-type: none"> - Membimbing untuk menyajikan dengan multi representasi - Membimbing untuk berdiskusi hasil multi representasi
Fase 4: Aplikasi	Menerapkan multi representasi untuk pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan tugas lanjutan (pemecahan masalah) terkait dengan fenomena/simulasi/ demonstrasi - Membimbing mengaplikasikan multi representasi dalam pemecahan masalah
Fase 5: Evaluasi	Mengevaluasi proses dan hasil pemecahan masalah	<ul style="list-style-type: none"> - Membimbing dalam evaluasi proses dan hasil pemecahan masalah - Memberikan tindak lanjut pemecahan masalah

Simpulan

Membekali kompetensi yang diperlukan di era RI 4.0 dan pendidikan karakter dapat dilakukan melalui pembelajaran fisika melalui pembelajaran yang terintegrasi STEM dan model pembelajaran IBMR. Pembelajaran terintegrasi STEM memiliki kerangka kerja: (1) Mengajukan pertanyaan dan mendefinisikan masalah; (2) Mengembangkan dan menggunakan model serta merencanakan melakukan investigasi; (3) Menganalisis dan menafsirkan data dengan menggunakan matematika, teknologi informasi dan computer; (4) Membangun eksplanasi, merancang solusi dan terlibat dalam argumen berdasarkan bukti; dan (5) Mengkomunikasikan, mengevaluasi, dan menyimpulkan. Model IBMR memiliki sintaks: (1) Orientasi; (2) Investigasi; (3) Multi representasi; (4) Aplikasi; dan (5) Evaluasi.

Daftar Pustaka

- [1] Da Costa C, Osaki R and Mendes, C R 2018 Application of big data and the internet of things in industry 4.0 *European Journal of Engineering Research and Science* **3**(11)
- [2] Suharman and Murti H W 2019 Study on industry 4.0 for the application in Indonesia *Jurnal Managemen Industri dan Logostik* **3**(1)
- [3] Subekti H 2018 Mengembangkan literasi informasi melalui belajar berbasis kehidupan terintegrasi STEM untuk menyiapkan calon guru sains dalam menghadapi era revolusi industri 4.0: reuiew literatur *Education and Human Development Journal* **3**(1)
- [4] Siswanto J, Susantini E and Jatmiko B 2018 Practicality and effectiveness of the IBMR teaching model to improve physics problem solving skills *Journal of Baltic Science Education* **17**(3)
- [5] Hermann M, Pentek T and Otto B 2016 *Design principles for industrie 4.0 scenarios* Presented at the 49th Hawaiian International Conference on Systems Science.
- [6] Irianto D 2017 *Industry 4.0; The challenges of tomorrow* Disampaikan pada Seminar Nasional Teknik Industri Batu-Malang
- [7] Yahya M 2018 Era industri 4.0: Tantangan dan peluang perkembangan pendidikan kejuruan Indonesia Pidato Pengukuhan Penerimaan Jabatan Professor Tetap dalam Bidang Ilmu Pendidikan Kejuruan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makasar Tanggal 14 Maret 2018
- [8] Liffler M and Tschiesner A 2013 *The internet of things and the future of manufacturing* McKinsey & Company
- [9] Lee J, Lapira E, Bagheri B, Kao H 2013 Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment *Manufacturing Letters* **1**(1)
- [10] Hecklau F, Galeitzke M, Flachs S and Kohl H 2016 Holistic approach for human resource management in industry 4.0. *Procedia CIRP* **54**
- [11] Cronbach L J 1977 *Educational Psychology 3rd edition* (New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc)
- [12] Williams M and Schnaps E 1999 *Character Education: The foundation for teacher education* (Washington, DC: Character Education Partnership)
- [13] Elkind D and Sweet F 2004 *You are a character educator* (Today's School: Peter Li Education Group)
- [14] Martin M 1991 Science Education and Moral Education in *History Philosophy, and Science Teaching ed Michael Matthews* (Toronto & NY: OISE Press Teacher College Press)
- [15] Hiebert J (2013) *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics*(NY: Routledge)
- [16] Chiou G L and Anderson O R 2010 A study of undergraduate physics students' understanding of heat conduction based on mental model theory and an ontology–process analysis *Science education* **94**(5)
- [17] Baehr J 2012 *Open-mindedness being good: Christian virtues for everyday life* (Cambridge: Wm B Eerdmans Publishing Co)
- [18] Kelley T R and Knowles J G 2016 A conceptual framework for integrated STEM Education *International Journal of STEM Education* **3**(11)