

## Tantangan, Potensi, dan Peran Teknologi dalam Pengembangan Pembelajaran Sains di Era Digital

**Zikry Indra Fadillah**

<sup>1</sup> Universitas Singaperbangsa Karawang

e-mail: [zikryindras@email.com](mailto:zikryindras@email.com)

### Article Info

#### Article history:

Received 15-07-2024

Revised 01-08-2024

Accepted 19-08-2024

#### Keyword:

Pembelajaran, Era Digital,  
Teknologi, Sains

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas dampak integrasi teknologi dalam pembelajaran sains di era digital, yang meliputi perluasan aksesibilitas pendidikan, pembentukan lingkungan pembelajaran yang interaktif, dan pengaruhnya terhadap keterlibatan siswa dalam kegiatan belajar. Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kualitatif deskriptif dengan menggunakan metode studi literatur. Hasilnya ialah dengan memanfaatkan teknologi, kita dapat mengakses pembelajaran secara luas. Selain itu, pendidikan sains di era digital juga menekankan pengembangan kemampuan berpikir kritis, sistematis, dan inovatif bagi peserta didik serta pentingnya mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan dan dinamika era digital. Hal ini mencerminkan perlunya pembaruan dalam pendidikan, khususnya dalam konteks pendidikan sains, untuk memastikan bahwa siswa siap menghadapi masa depan yang penuh dengan perubahan teknologi dan tantangan global.



©2022 Authors. Published by Sabajaya Publisher. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi dalam era digital telah mengubah banyak sektor, termasuk dunia pendidikan. Dalam hal ini, Susanty (2020) menegaskan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran tidak hanya memberikan kesempatan akses yang lebih luas terhadap pendidikan, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan kualitas pembelajaran. Lebih lanjut, integrasi teknologi dapat merangsang keterlibatan siswa secara lebih aktif dalam proses belajar, menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih dinamis dan interaktif (Susanty, 2020). Kemudian hal tersebut sejalan pada penelitian oleh Subroto et al (2023) yang menjelaskan bahwa penggunaan teknologi dalam proses belajar mengajar telah menghasilkan perubahan yang besar dalam cara materi disampaikan dan pengalaman belajar, baik bagi pengajar maupun siswa (Subroto et al, 2023). Metode tradisional seperti buku teks telah digantikan atau ditambahkan dengan platform digital dan sumber daya multimedia. Ini tidak hanya memperluas akses terhadap materi pendidikan tetapi juga menghadirkan beragam metode pembelajaran bagi siswa, mulai dari simulasi interaktif, tutorial online, hingga pengalaman realitas virtual.

Salah satu aspek penting dari perubahan ini adalah digitalisasi dalam organisasi pembelajaran, yang melibatkan integrasi teknologi digital ke dalam berbagai aspek lembaga pendidikan, termasuk pengajaran, pembelajaran, dan administrasi (Ifenthaler et al., 2021). Kemajuan dalam teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam penampilan dan fungsi ruang kelas. Raja dan Nagasubramani (2018) menyoroti dalam penelitiannya bahwa dalam lingkungan pendidikan modern saat ini, ada peningkatan penggunaan berbagai alat dan sumber daya digital di dalam kelas. Hal ini tidak hanya bertujuan untuk mendukung proses pembelajaran, tetapi juga untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam kegiatan pengajaran dan pembelajaran (Raja & Nagasubramani, 2018). Dengan sumber daya teknologi ini, siswa dapat terlibat lebih interaktif dan dinamis dengan materi yang diajarkan. Selain itu, pendidik sekarang diharapkan memiliki keterampilan untuk menggunakan teknologi pendidikan secara efektif dalam praktik mengajar mereka. Tondeur et al. (2019) menekankan bahwa kemahiran guru dalam menguasai teknologi adalah kunci untuk menciptakan lingkungan belajar yang inovatif dan

responsif terhadap kebutuhan siswa. Hal ini menyoroti bahwa penggunaan teknologi tidak hanya sebagai alat tambahan, melainkan menjadi bagian yang tak terpisahkan dari pendidikan saat ini.

Pendidikan sains memiliki peran yang signifikan dalam membentuk individu yang memiliki kemampuan inovatif serta keunggulan dalam kedua jenis keterampilan, baik itu keterampilan interpersonal maupun teknis (Yuliati & Saputra, 2019). Harapannya, individu yang mendapat pendidikan dalam bidang sains dapat bersaing secara efektif dengan tenaga kerja dari negara lain dalam menghadapi masalah global yang kompleks. Ini menunjukkan pentingnya pendidikan sains dalam mempersiapkan individu untuk mengatasi tantangan dan persaingan di arena global.

Pada intinya, ilmu sains didasarkan pada hasil karya ilmiah, metode ilmiah, sikap ilmiah, dan penerapan. Sains sebagai hasil karya meliputi pengetahuan yang terdiri dari konsep, prinsip, hukum, dan teori. Proses ilmiah mencakup keterampilan-keterampilan yang diperlukan untuk menghasilkan dan mengembangkan pengetahuan dalam bidang sains (Yuliati & Saputra, 2019). Produk ilmiah mencakup beragam pengetahuan, seperti konsep, prinsip, hukum, dan teori, yang dikembangkan melalui pengamatan, eksperimen, dan penelitian. Proses ilmiah melibatkan serangkaian keterampilan proses, seperti pengamatan, pengukuran, pengujian hipotesis, serta analisis dan interpretasi data, yang bertujuan untuk mendapatkan dan mengembangkan pengetahuan sains. Sikap ilmiah meliputi sikap terbuka terhadap ide baru, dorongan untuk bertanya dan menguji, ketelitian dalam observasi, ketekunan dalam penelitian, dan kritis terhadap klaim yang tidak didukung oleh bukti ilmiah yang memadai. Akhirnya, aplikasi sains mencakup penggunaan pengetahuan dan keterampilan ilmiah untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari, industri, dan lingkungan, serta untuk memperdalam pemahaman kita tentang alam semesta.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana penerapan teknologi pada sains di era Di era digital. Melalui eksplorasi berbagai teknologi dan metode pembelajaran yang digunakan dalam pendidikan, penelitian ini akan menyoroti dampaknya terhadap siswa dan guru dalam berbagai situasi pembelajaran.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan pendekatan studi pustaka, fokus pada literatur yang mengkaji integrasi teknologi dalam pembelajaran di era digital (Subtianah, S, 2023). Subjek penelitian terdiri dari berbagai literatur yang relevan dengan topik tersebut, yang diambil dari sumber-sumber terpercaya seperti jurnal ilmiah, buku, dan situs web resmi institusi pendidikan serta organisasi terkait. Pengumpulan data dilakukan melalui pencatatan dan analisis literatur yang dipilih, dengan menggunakan analisis isi untuk mengidentifikasi pola dan tema utama dalam literatur tersebut. Tahap awal dari penelitian dimulai dengan mengidentifikasi istilah kunci yang relevan untuk studi, termasuk integrasi teknologi, pembelajaran, dan era digital. Setelah itu, dilakukan pencarian literatur menyeluruh melalui berbagai sumber menggunakan kata kunci yang telah diidentifikasi. Setelah literatur yang relevan ditemukan, proses evaluasi yang ketat dilakukan untuk memilih sumber-sumber berkualitas tinggi yang sesuai dengan topik penelitian. Selanjutnya, literatur yang teridentifikasi didokumentasikan dan ditinjau untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dari bahan bacaan tersebut. Teknik analisis konten kemudian digunakan untuk mengeksplorasi pola, tema, dan hubungan dalam literatur yang dipilih. Akhirnya, hasil analisis tersebut diinterpretasikan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana integrasi teknologi memengaruhi transformasi pembelajaran dan meningkatkan efektivitasnya di era digital.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dari penelitian ini ialah, berdasarkan penemuan tersebut menyebutkan bahwa teknologi dapat membantu dalam perkembangan pembelajaran sains di Era digital.

### **1. Pemanfaatan Teknologi Dalam Pendidikan**

Pemanfaatan teknologi dalam bidang pendidikan telah menjadi topik yang semakin populer dalam beberapa tahun terakhir. Menurut Wardinur & Mutawally (2019), salah satu keunggulan utama dari integrasi teknologi dalam pembelajaran adalah meningkatkan keterlibatan dan partisipasi siswa. Pendapat ini didukung oleh teori kognitif dan teori pembelajaran konstruktivis, yang menegaskan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika siswa secara aktif terlibat dalam proses pembelajaran.

Dengan memanfaatkan alat-alat teknologi seperti video, audio, dan multimedia, pengalaman belajar siswa dapat ditingkatkan dengan menyajikan materi pembelajaran secara lebih menarik dan interaktif. Hal ini memungkinkan siswa untuk terlibat secara langsung dengan konten pembelajaran dalam format yang menarik dan interaktif. Misalnya, penggunaan video dan multimedia memungkinkan visualisasi yang lebih baik dari konsep-konsep yang kompleks, sementara audio dapat meningkatkan pemahaman melalui penjelasan verbal yang jelas dan terstruktur. Dengan demikian, pemanfaatan teknologi ini tidak hanya memperkaya pengalaman belajar siswa, tetapi juga memfasilitasi pemahaman yang lebih baik terhadap materi yang dipelajari.

Menurut teori pembelajaran konstruktivis, siswa seharusnya aktif berpartisipasi dalam proses pembelajaran, membangun pemahaman mereka terhadap materi (Sugrah, 2019). Melalui integrasi teknologi, siswa dapat terlibat lebih interaktif, meningkatkan pemahaman mereka. Selain itu, teknologi mendukung berbagai gaya belajar, seperti visual atau auditori, sebagaimana yang diidentifikasi dalam teori pembelajaran VARK. Fleksibilitas ini memungkinkan siswa untuk mempersonalisasi metode pembelajaran mereka sesuai preferensi mereka, membentuk lingkungan pembelajaran yang lebih menarik dan efektif untuk setiap individu (Ratih & Taufina, 2019).

Integrasi teknologi dalam pembelajaran memiliki potensi untuk meningkatkan keterlibatan dan partisipasi siswa dengan menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan menarik. Pendekatan ini didukung oleh teori kognitif dan konstruktivis dalam pembelajaran, yang menekankan pentingnya keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar. Selain itu, penggunaan teknologi juga dapat mendukung siswa dengan gaya belajar visual atau auditori, serta dapat meningkatkan motivasi siswa dalam proses pembelajaran. Karena itu, lembaga pendidikan perlu mempertimbangkan integrasi teknologi dalam pembelajaran sebagai upaya untuk meningkatkan keterlibatan dan partisipasi siswa.

## 2. Tantangan Dan Persiapan Yang Diperlukan Dalam Menghadapi Era Digital Dalam Konteks Pendidikan

Era digital ditandai oleh persaingan yang ketat dan keterkaitan yang erat antara kehidupan manusia dengan teknologi dan informasi. Menurut Zimmerman (dalam Yuliati et al., 2019), dalam era ini, sebanyak 75% pekerjaan membutuhkan kemampuan di bidang sains, teknologi, teknik, matematika, internet of things (IoT), dan pembelajaran sepanjang hayat. Zhou dan rekan-rekan (2015) menunjukkan lima tantangan besar pada era ini, yaitu dalam aspek pengetahuan, teknologi, ekonomi, sosial, dan politik. Untuk mengatasi tantangan tersebut, sumber daya manusia perlu memiliki sejumlah kompetensi, seperti pemahaman yang mendalam dalam sains dan teknologi, kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, kreatif, inovatif, serta memiliki kepercayaan diri yang tinggi. Ghiffar dan timnya (2018) menekankan pentingnya kemampuan berpikir kritis dalam menghadapi perubahan zaman yang cepat dan kompleks, yang menuntut kemampuan manusia untuk terus menghadapi dan menyelesaikan tantangan yang ada. Dengan demikian, perlunya persiapan dan penyesuaian diri individu terhadap tuntutan dan dinamika era digital yang serba cepat dan kompleks ditekankan.

Proses berpikir kritis adalah kemampuan intelektual yang penting dalam menyelesaikan berbagai permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Kemampuan ini melibatkan kemampuan untuk mengumpulkan, menganalisis, dan mengevaluasi informasi secara rasional dan obyektif. Dengan berpikir kritis, seseorang dapat mengidentifikasi masalah dengan lebih jelas, menggali akar penyebabnya, dan menghasilkan solusi yang tepat dan efektif. Kemampuan ini juga membantu seseorang untuk mengatasi bias atau pandangan subjektif yang dapat mengganggu proses pengambilan keputusan yang cerdas.

Selain kemampuan berpikir kritis, keterampilan berkomunikasi juga menjadi hal yang sangat penting bagi peserta didik dalam menghadapi era digital. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk berkomunikasi secara efektif baik melalui bahasa lisan maupun tertulis, dan juga melalui berbagai media komunikasi yang ada. Dalam konteks era digital, di mana interaksi antar individu semakin terhubung melalui teknologi, kemampuan untuk berkomunikasi dengan jelas, tepat, dan persuasif sangatlah berharga. Keterampilan berkomunikasi yang baik dapat membantu peserta didik dalam menyampaikan ide-ide mereka dengan lebih efektif, berkolaborasi secara lebih baik dengan orang lain, dan membangun hubungan yang kuat di dalam lingkungan kerja yang semakin terhubung secara digital.

Di era digital, pendidikan mengalami evolusi menjadi pendidikan 4.0 yang menekankan pemanfaatan teknologi digital secara maksimal dalam proses pembelajaran. Pendidikan 4.0 bertumpu

pada konsep belajar melalui pengalaman, di mana siswa didorong untuk belajar dan menemukan hal-hal baru melalui eksperimen yang unik. Personalisasi dan fleksibilitas juga menjadi ciri khas dari pendidikan 4.0, di mana sistem pembelajaran adaptif memegang peranan sentral. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi bertujuan untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih personal dan fleksibel bagi siswa.

Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa untuk menghadapi tantangan era digital, perlu dilakukan pembenahan dalam bidang pendidikan. Salah satu langkah penting adalah meningkatkan kualitas pembelajaran dengan memperhatikan aspek-aspek yang telah disebutkan. Ini berarti bahwa pembelajaran harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu mengakomodasi beragam kebutuhan dan gaya belajar siswa secara individu, bukan sekadar mentransfer informasi. Selain itu, pemanfaatan teknologi juga harus dioptimalkan untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik, interaktif, dan efektif. Dalam konteks pendidikan sains, hal ini menggarisbawahi perlunya transformasi dalam cara pembelajaran sains disampaikan dan dipahami, sehingga siswa dapat lebih siap dan terampil menghadapi perubahan dan tantangan

### 3. Peran Dan Tantangan Pendidikan Sains Dalam Era Digital

Sains memegang peran penting di era di era digital dengan mengajak peserta didik untuk mengaplikasikan pengetahuan mereka dalam sains untuk menciptakan teknologi yang bermanfaat bagi kehidupan manusia, karena teknologi merupakan hasil dari penerapan sains. Pernyataan ini sejalan dengan Bryan et al. (2016) yang menyatakan bahwa desain teknik atau praktik teknik terkait dengan teknologi relevan membutuhkan penggunaan konsep ilmiah dan matematika melalui justifikasi desain. Melalui pembelajaran sains, peserta didik berlatih untuk mengembangkan kemampuan berpikir sistematis, logis, dan kritis. Mereka juga dilatih untuk berinovasi dan melakukan penemuan serta rekayasa dengan menerapkan langkah-langkah ilmiah. Dalam dunia nyata, rekayasa seringkali menghadapi masalah yang kompleks dan terbuka, yang memerlukan penggunaan konsep sains dan matematika untuk menemukan solusi yang efektif. Dengan demikian, pendekatan sains dalam pembelajaran tidak hanya bertujuan untuk memahami fenomena alam, tetapi juga untuk mengajak peserta didik untuk menerapkan pengetahuan tersebut dalam menciptakan solusi nyata bagi masalah-masalah di sekitar mereka.

Di era di era digital, peningkatan kualitas pembelajaran sains menjadi salah satu tantangan utama bagi pendidik. Mereka dihadapkan pada tugas berat untuk menyiapkan sumber daya manusia yang mampu beradaptasi dengan cepat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Seiring dengan kemajuan teknologi informasi yang telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari, akses tak terbatas terhadap komputasi dan data telah membuka berbagai peluang pembelajaran yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Meskipun begitu, perlu disadari bahwa perubahan ini bukan semata-mata tentang kemajuan teknologi digital. Fokus utama pembelajaran di era digital adalah pada pengembangan pola pikir dan kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, pendidikan sains harus menekankan pada pengembangan keterampilan berpikir peserta didik melalui integrasi teknologi dalam pembelajaran. Namun, seiring dengan manfaatnya, pertumbuhan pesat teknologi digital juga membawa risiko dampak negatif, seperti hilangnya nilai-nilai tradisional atau ketergantungan yang berlebihan pada teknologi. Oleh karena itu, pendidikan sains juga harus memperhatikan aspek pendidikan nilai untuk membantu peserta didik memahami implikasi etis dan sosial dari teknologi yang mereka gunakan.

Seorang pendidik yang mengimplementasikan pembelajaran sains perlu menyadari bahwa pendidikan tidak hanya tentang mentransfer pengetahuan, tetapi juga tentang mengembangkan keterampilan dan sikap yang relevan dengan kebutuhan masa depan. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi menjadi penting karena memungkinkan siswa untuk aktif terlibat dalam proses pembelajaran dan mendorong mereka untuk menemukan solusi inovatif untuk masalah lingkungan. Selain itu, pembelajaran sains juga harus memperhatikan pengembangan keterampilan seperti pemecahan masalah, kreativitas, kerjasama, dan kritis berpikir, yang merupakan kompetensi penting untuk berhasil beradaptasi di masyarakat yang berubah dengan cepat. Dengan demikian, pendidikan sains harus menjadi lebih dari sekadar mentransfer pengetahuan, tetapi juga mempromosikan kemandirian siswa dalam mengeksplorasi, menemukan, dan menciptakan solusi untuk tantangan masa kini dan masa depan.

## **KESIMPULAN**

Kesimpulannya adalah teknologi memiliki dampak signifikan dalam pembelajaran sains di era digital dengan meningkatkan keterlibatan siswa melalui pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik. Integrasi teknologi memfasilitasi pembelajaran yang disesuaikan dengan gaya belajar individu, sejalan dengan teori konstruktivis, sementara juga menyiapkan siswa untuk menghadapi tuntutan era digital dengan mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif. Tantangan dalam era digital termasuk memastikan persiapan individu untuk menghadapi dinamika yang cepat dan kompleks, yang menekankan perlunya pengembangan keterampilan berpikir kritis dan komunikasi efektif. Pendidikan sains memiliki peran kunci dalam mengatasi tantangan ini dengan mempromosikan kemandirian siswa dalam mengeksplorasi dan menciptakan solusi untuk masalah masa kini dan masa depan, sambil memanfaatkan teknologi sebagai alat untuk menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih personal dan efektif. Oleh karena itu, pembaruan dalam pendidikan, terutama dalam konteks pendidikan sains, menjadi penting untuk mempersiapkan generasi yang kompeten dan siap menghadapi perubahan teknologi dan tantangan global.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Almaeda, F. (2019). The Role of Serious Games, Gamification and Industry 4.0 Tools in the Education 4.0 Paradigm. *Contemporary Educational Technology, 10*(2), 120-136.
- Bartolomé, A., Castañeda, L., & Adell, J. (2018). Personalisation in educational technology: The absence of underlying pedagogies. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*(14), 1-17.
- Bryan, L. A., Moore, J. T., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2016). Integrated STEM Education. In Johnson, C. C, Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Ed.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp.23-37). New York & London: Routledge, Taylor & Francis Group
- Ghiffar, dkk. (2018). Model pembelajaran berbasis blended learning dalam meningkatkan critical thinking skills untuk menghadapi era revolusi industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan 2018*, 85-94. STKIP Andi Matappa Pangkep.
- Ifenthaler, D., Hofhues, S., Egloffstein, M., & Helbig, C. (2021). Digital transformation of learning organizations. Springer Nature.
- Mintasih, D. (2018). Mengembangkan literasi informasi melalui belajar berbasis kehidupan terintegrasi PBL untuk menyiapkan calon pendidik dalam menghadapi era revolusi industri 4.0. *Elementary islamic teacher journal, 6*(2), 271-290.
- Raja, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). Impact of modern technology in education. *Journal of Applied and Advanced Research, 3*(1), 33–35.
- Ratih, M., & Taufina, T. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Membaca Permulaan Dalam Pembelajaran Tematik Dengan Model Vark (Visual, Auditory, Read/Write And Kinesthetic) Di Kelas I Sekolah Dasar. *Jurnal Pemikiran Dan Pengembangan Sekolah Dasar (JP2SD), 7*(2), 82–90.
- Subroto, D. E., Supriandi, S., Wirawan, R., & Rukmana, A. Y. (2023). Implementasi Teknologi dalam Pembelajaran di Era Digital: Tantangan dan Peluang bagi Dunia Pendidikan di Indonesia. *Jurnal Pendidikan West Science, 1*(07), 473–480.
- Subtianah, S. (2023). Transformasi Pembelajaran Melalui Integrasi Teknologi Pendidikan di Era Digital. *Seminalu, 1*(1), 390–399.
- Sugrah, N. (2019). Implementasi teori belajar konstruktivisme dalam pembelajaran sains. *Humanika, Kajian Ilmiah Mata Kuliah Umum, 19*(2), 121–138.
- Susanty, S. (2020). Inovasi pembelajaran daring dalam merdeka belajar. *Jurnal Ilmiah Hospitality, 9*(2), 157–166.
- Tondeur, J., Scherer, R., Baran, E., Siddiq, F., Valtonen, T., & Sointu, E. (2019). Teacher educators as gatekeepers: Preparing the next generation of teachers for technology integration in education. *British Journal of Educational Technology, 50*(3), 1189–1209.

- Wardinur, W., & Mutawally, F. (2019). Peningkatan Kompetensi Guru Melalui Pelatihan Pemanfaatan Teknologi sebagai Media Pendukung Pembelajaran di MAN 1 Pidie. *Jurnal Sosiologi USK (Media Pemikiran & Aplikasi)*, 13(2), 167–182.
- Wiyono, K., & Zakiyah, S. (2019). Pendidikan Fisika Pada Era Revolusi Industri 4.0 Di Indonesia. *Seminar nasional pendidikan program studi pendidikan fisika*, 1-14. Banjarmasin: FKIP ULM.
- Yuliati, Y., & Saputra, D. S. (2019). Pembelajaran sains di era revolusi industri 4.0. *Jurnal Cakrawala Pendas*, 5(2), 455667.
- Zhou, K., Taigang L., & Lifeng, Z. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). IEEE 12th International Conference*, 2147-2152.