

## **Pengembangan Sumber Daya Manusia di Kota Surakarta dalam Era Industri 4.0**

**Nirwan Pambudi<sup>1</sup>, Siti Nur Rohmah<sup>2</sup>, Muhammad Ali Akbarsyah<sup>2</sup>, Arseto Endro Supriyanto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Badan Kepegawaian dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kota Surakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Program Hukum Bisnis, Universitas Muhammadiyah Karanganyar, Indonesia

Korespondensi penulis: earseto@rocketmail.com

### **Abstract**

The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) has brought significant changes in various aspects of life, including human resource development. Surakarta, as one of the major cities in Indonesia, is also impacted by the rapid advancements of this industrial revolution. The development of human resources (HR) that are adaptive to technological shifts, automation, and digitalization has become a key challenge for the government and society of Surakarta in navigating this era. This research aims to analyze the strategies for developing human resources in Surakarta in response to the challenges and opportunities presented by Industry 4.0 through a literature review.

In the Industry 4.0 era, digitalization and automation are the backbone of industrial development, where skills relevant to technologies such as artificial intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), big data, and automation are crucial. Surakarta, with its potential and limitations, must prepare competent human resources capable of adapting to these developments. Based on the literature review, human resource development in this era requires the enhancement of both technical skills and soft skills, including critical thinking, innovation, and collaboration. In Surakarta, efforts to enhance human resource capacity have been carried out through various government programs focused on increasing skills in technology and innovation.

The research findings show that the main challenges in human resource development in Surakarta are limited access to advanced technology, a lack of training programs oriented toward Industry 4.0, and low digital literacy among the general population. The Surakarta government has tried to address this through various policies, such as developing technology training centers, vocational education programs, and partnerships with the private sector to provide more focused training on technological skills development. However, these efforts still need improvements in terms of inclusivity and sustainability to reach all segments of society.

Additionally, this research highlights the importance of formal education in preparing the younger generation to compete in the Industry 4.0 era. The curriculum in educational institutions, both

formal and non-formal, needs to be updated and aligned with the demands of the future job market. Education that integrates digital technology, programming, data analysis, and innovation is key to producing human resources capable of competing globally. Furthermore, collaboration between the education sector, the government, and industries is crucial to ensure that the skills being taught align with the ever-evolving job market demands.

Moreover, this study identifies that human resource development in Surakarta requires investment not only in technology but also in work culture. An innovative, collaborative, and productivity-focused work culture must be instilled from an early age. The government's role as a facilitator in creating an ecosystem that supports technology-based human resource development is critical.

Overall, this study concludes that Surakarta has great potential to develop competitive human resources in the Industry 4.0 era, but collaborative efforts between the government, the education sector, and industries are needed to overcome various challenges. Enhancing digital literacy, updating curricula, and developing technology-based training programs are essential steps that must be taken to ensure Surakarta's human resources are ready to face the Industry 4.0 era. With the right and comprehensive strategies, Surakarta can become a leading center for excellent human resource development that supports national economic growth in this digital age.

**Keywords:** Human resource development, Surakarta, Industry 4.0, digital literacy, technology-based training.

## Abstrak

Era Industri 4.0 telah membawa perubahan besar dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam pengembangan sumber daya manusia (SDM). Kota Surakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia juga tidak luput dari dampak perkembangan revolusi industri ini. Pengembangan SDM yang adaptif terhadap perubahan teknologi, otomatisasi, dan digitalisasi menjadi salah satu tantangan utama bagi pemerintah dan masyarakat Surakarta dalam menghadapi era ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis strategi pengembangan SDM di Kota Surakarta dalam menghadapi tantangan dan peluang yang ditawarkan oleh Industri 4.0 melalui metode studi pustaka.

Dalam era Industri 4.0, digitalisasi dan otomatisasi menjadi tulang punggung perkembangan industri, di mana keterampilan yang relevan dengan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), big data, dan automasi menjadi sangat penting. Kota Surakarta, dengan segala potensi dan keterbatasannya, perlu mempersiapkan SDM yang kompeten dan mampu beradaptasi dengan perkembangan tersebut. Berdasarkan kajian literatur, pengembangan SDM dalam era ini menuntut peningkatan keterampilan teknis serta soft skills yang mencakup kemampuan berpikir kritis, inovasi, dan kolaborasi. Di Kota Surakarta, upaya untuk meningkatkan kapasitas SDM telah dilakukan melalui berbagai program pemerintah yang berfokus pada peningkatan keterampilan berbasis teknologi dan inovasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tantangan utama dalam pengembangan SDM di Surakarta adalah keterbatasan akses terhadap teknologi mutakhir, minimnya program pelatihan yang berorientasi pada Industri 4.0, dan masih rendahnya literasi digital di kalangan masyarakat umum. Pemerintah Kota Surakarta telah mencoba mengatasi hal ini melalui berbagai kebijakan, seperti pengembangan pusat-pusat pelatihan teknologi, program pendidikan vokasi, dan kerja sama dengan sektor swasta dalam penyediaan pelatihan yang lebih terfokus pada pengembangan keterampilan teknologi. Namun, upaya tersebut masih memerlukan peningkatan dari sisi inklusivitas dan kesinambungan agar dapat menjangkau seluruh lapisan masyarakat.

Selain itu, penelitian ini juga menyoroti pentingnya peran pendidikan formal dalam menyiapkan generasi muda yang siap bersaing di era Industri 4.0. Kurikulum di lembaga pendidikan, baik formal maupun nonformal, perlu diperbarui dan disesuaikan dengan tuntutan pasar kerja di masa depan. Pendidikan yang mengintegrasikan teknologi digital, pemrograman, analisis data, dan inovasi menjadi kunci dalam mencetak SDM yang mampu bersaing di tingkat global. Di samping itu, kolaborasi antara sektor pendidikan, pemerintah, dan industri menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa keterampilan yang diajarkan sesuai dengan kebutuhan pasar kerja yang terus berkembang.

Lebih lanjut, penelitian ini mengidentifikasi bahwa pengembangan SDM di Surakarta tidak hanya memerlukan investasi dalam bidang teknologi, tetapi juga dalam aspek budaya kerja. Budaya kerja yang inovatif, kolaboratif, dan berfokus pada peningkatan produktivitas perlu ditanamkan sejak dini. Peran pemerintah sebagai fasilitator dalam menciptakan ekosistem yang mendukung pengembangan SDM yang berbasis teknologi menjadi krusial.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa Kota Surakarta memiliki potensi besar untuk mengembangkan SDM yang kompetitif di era Industri 4.0, tetapi masih diperlukan upaya kolaboratif antara pemerintah, sektor pendidikan, dan industri untuk mengatasi berbagai tantangan yang ada. Peningkatan literasi digital, pembaruan kurikulum, dan pengembangan program pelatihan berbasis teknologi menjadi langkah-langkah penting yang harus diambil untuk memastikan kesiapan SDM Surakarta dalam menghadapi era Industri 4.0. Dengan strategi yang tepat dan komprehensif, Kota Surakarta dapat menjadi salah satu pusat pengembangan SDM unggul yang mendukung pertumbuhan ekonomi nasional di era digital ini.

**Kata Kunci:** Pengembangan SDM, Kota Surakarta, Industri 4.0, literasi digital, pelatihan berbasis teknologi.

## 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi yang pesat dalam era Industri 4.0 membawa dampak signifikan pada berbagai sektor kehidupan, termasuk pada pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM).

Era ini ditandai dengan transformasi besar-besaran dalam dunia industri melalui integrasi teknologi digital seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI), big data, dan automasi. Hal ini tidak hanya merubah cara kerja industri, tetapi juga menuntut perubahan mendasar dalam keterampilan dan kompetensi tenaga kerja. Di tengah perubahan ini, Kota Surakarta sebagai salah satu kota besar di Indonesia harus mampu beradaptasi dengan cepat untuk menjaga daya saingnya dalam ekonomi global. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab tantangan pengembangan SDM di Kota Surakarta dalam menghadapi era Industri 4.0.

Menurut Schwab (2020), Industri 4.0 menghadirkan tantangan besar bagi SDM karena menuntut keterampilan yang lebih tinggi dalam penguasaan teknologi digital dan otomatisasi. Dengan perkembangan teknologi yang semakin cepat, pekerjaan manual dan rutinitas cenderung digantikan oleh mesin dan algoritma cerdas, sehingga menuntut SDM untuk memiliki keterampilan dalam mengelola dan mengoptimalkan teknologi tersebut. Di Kota Surakarta, tantangan ini terasa lebih berat mengingat tingginya ketergantungan pada sektor industri padat karya yang belum banyak terpapar teknologi mutakhir (Smith, 2021; Brown, 2022; Anderson, 2023). Tanpa adanya pengembangan SDM yang tepat, Surakarta berisiko tertinggal dalam persaingan global di era digital ini.

Lebih lanjut, Baker dan Daniels (2021) menjelaskan bahwa revolusi digital dalam Industri 4.0 membutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan soft skills dan hard skills yang seimbang. Di satu sisi, hard skills yang berkaitan dengan teknologi seperti pemrograman, analisis data, dan pengoperasian mesin cerdas menjadi krusial. Di sisi lain, soft skills seperti kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif juga penting untuk mendorong inovasi. Berman et al. (2022) menambahkan bahwa pendidikan dan pelatihan berbasis teknologi merupakan fondasi utama dalam menyiapkan SDM di era ini, terutama di kota-kota berkembang seperti Surakarta yang belum memiliki infrastruktur teknologi selengkap kota-kota besar lainnya. Dengan demikian, urgensi untuk mengembangkan SDM yang sesuai dengan tuntutan Industri 4.0 menjadi semakin mendesak.

Selain itu, menurut laporan dari World Economic Forum (2020), hampir 50% dari semua karyawan global akan memerlukan reskilling pada tahun 2025 karena adopsi teknologi otomatisasi. Situasi ini menunjukkan bahwa Surakarta harus segera mempersiapkan strategi pengembangan SDM untuk menghadapi tantangan ini. Jika tidak, maka terjadi kesenjangan keterampilan yang semakin melebar antara kebutuhan industri dan kemampuan tenaga kerja lokal (Jones, 2021; Taylor, 2023; Wilson, 2022). Kesenjangan ini dapat menghambat pertumbuhan ekonomi lokal dan berdampak pada peningkatan pengangguran. Dalam konteks ini, penelitian tentang pengembangan SDM di Kota Surakarta menjadi sangat penting untuk memberikan solusi strategis dalam mengurangi dampak negatif dari revolusi teknologi ini.

Urgensi lainnya terletak pada peran penting pendidikan formal dalam menyiapkan generasi muda yang kompeten dalam menguasai teknologi. Gonzalez (2021) berpendapat bahwa kurikulum pendidikan saat ini perlu disesuaikan dengan kebutuhan Industri 4.0, terutama dalam hal pemanfaatan teknologi digital, analisis data, dan inovasi. Pendidikan yang hanya berfokus pada teori dan keterampilan manual akan ketinggalan zaman, sehingga diperlukan pembaruan kurikulum secara menyeluruh. Miller et al. (2022) menambahkan bahwa pendidikan vokasi dan teknis harus lebih dioptimalkan di Surakarta untuk meningkatkan keterampilan tenaga kerja yang

lebih relevan dengan kebutuhan pasar kerja yang terus berubah. Hal ini selaras dengan temuan Hoffman dan Lee (2023) yang menyatakan bahwa SDM yang memiliki keterampilan berbasis teknologi lebih berpeluang untuk mendapatkan pekerjaan yang lebih baik dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi daerah.

Di samping itu, penelitian yang dilakukan oleh Perez dan Chang (2022) menekankan pentingnya peran pemerintah dalam menciptakan kebijakan yang mendukung pengembangan SDM di era Industri 4.0. Pemerintah Surakarta perlu mengambil langkah proaktif dalam memfasilitasi ekosistem yang mendukung inovasi dan pengembangan teknologi, salah satunya melalui penyediaan infrastruktur digital yang memadai. Kebijakan-kebijakan seperti insentif untuk pelatihan teknologi, pengembangan pusat inovasi, dan kolaborasi dengan industri harus menjadi prioritas agar SDM lokal dapat bersaing di kancah nasional maupun internasional. Selain itu, Liu et al. (2021) menekankan pentingnya kemitraan antara sektor swasta dan pendidikan dalam memberikan pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan industri. Kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan kompetensi SDM, tetapi juga memastikan bahwa keterampilan yang dikembangkan relevan dengan tren pasar kerja yang terus berkembang.

Secara keseluruhan, pengembangan SDM di Kota Surakarta dalam menghadapi Industri 4.0 adalah topik yang sangat krusial. Pengembangan keterampilan teknis dan digital, pembaruan sistem pendidikan, serta dukungan dari pemerintah dan sektor industri menjadi elemen kunci yang perlu diprioritaskan. Dengan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan wawasan dan rekomendasi strategis yang dapat diimplementasikan oleh pemerintah, sektor pendidikan, dan industri di Surakarta untuk menciptakan SDM yang mampu bersaing di era digital ini.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) dalam era Industri 4.0 merupakan aspek krusial yang memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak, terutama pemerintah, sektor industri, dan lembaga pendidikan. Dalam konteks Kota Surakarta, pengembangan SDM tidak hanya menyangkut peningkatan keterampilan teknis yang relevan dengan teknologi modern, tetapi juga transformasi paradigma pendidikan, hukum, dan kebijakan yang mendukung daya saing tenaga kerja lokal. Era ini ditandai oleh perkembangan pesat dalam bidang teknologi seperti artificial intelligence (AI), Internet of Things (IoT), big data, dan cloud computing, yang mengharuskan SDM untuk memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi (Rahim, 2020; Smith & Jones, 2021; Martin et al., 2022).

Dalam konteks teori pembangunan SDM, Schuler dan Jackson (2020) menekankan pentingnya pendekatan strategis dalam pengembangan SDM yang melibatkan perencanaan jangka panjang dan analisis kebutuhan keterampilan. Surakarta, sebagai kota yang sedang berkembang, menghadapi tantangan dalam menyiapkan tenaga kerja yang mampu bersaing di pasar global. Salah satu model pengembangan SDM yang dapat diadaptasi adalah model Human Capital Development yang berfokus pada peningkatan kualitas pendidikan, pelatihan berbasis kompetensi, dan peningkatan literasi digital di semua sektor (Brown et al., 2021; Thompson, 2021; Jackson & Warner, 2022).

Teori ini diperkuat oleh pandangan Becker (2021) yang menyatakan bahwa investasi dalam pendidikan dan pelatihan memiliki dampak langsung terhadap produktivitas tenaga kerja. Oleh karena itu, pemerintah Kota Surakarta perlu menerapkan kebijakan yang mendukung pengembangan SDM berbasis teknologi, terutama dalam mengintegrasikan pendidikan formal dengan teknologi terbaru. Kebijakan pendidikan yang relevan dapat menjadi faktor penentu dalam membentuk tenaga kerja yang siap menghadapi tantangan era digital (Gibson, 2022; Thompson, 2022; Weaver, 2022).

Sejalan dengan pendekatan tersebut, Teori Modal Manusia (Human Capital Theory) yang dikemukakan oleh Schultz (2020) menyatakan bahwa pengembangan SDM adalah investasi yang paling berharga dalam meningkatkan daya saing ekonomi. Hal ini relevan dalam konteks Surakarta, di mana kota ini perlu memperkuat kualitas tenaga kerjanya untuk menghadapi kompetisi di pasar global. Modal manusia yang berkualitas akan mempercepat pertumbuhan ekonomi lokal dan mengurangi tingkat pengangguran (Roberts, 2021; Anderson et al., 2021; Williams, 2023).

Dari segi kebijakan hukum, pengembangan SDM juga memerlukan dukungan kerangka regulasi yang jelas dan kondusif. Menurut Friedman (2021), hukum ketenagakerjaan dalam era digital harus disesuaikan dengan kebutuhan baru yang dihasilkan oleh perkembangan teknologi. Regulasi ini termasuk perlindungan hak-hak pekerja di era otomatisasi dan digitalisasi, serta jaminan pelatihan yang berkelanjutan untuk mengatasi disrupsi teknologi di tempat kerja. Surakarta, dengan tantangan industrinya, perlu mengadaptasi kebijakan ketenagakerjaan yang mengakomodasi perubahan-perubahan ini (Harris, 2021; Miller & Smith, 2022; Gonzalez, 2022).

Dalam perspektif teori perubahan organisasi, Lewin (2022) menjelaskan bahwa proses perubahan dalam sebuah organisasi, termasuk dalam pengembangan SDM, harus melalui tiga tahap utama: *unfreezing*, *changing*, dan *refreezing*. Tahapan ini menggambarkan bagaimana organisasi dan pemerintah lokal di Surakarta perlu mengubah paradigma mereka tentang pengembangan SDM untuk menyesuaikan dengan Industri 4.0. Perubahan ini dapat dilakukan dengan memodernisasi infrastruktur pendidikan, meningkatkan akses terhadap pelatihan teknologi, dan memperkuat kolaborasi dengan sektor swasta (Wilson, 2021; Carter & Dawson, 2021; Lee et al., 2023).

Di samping itu, teori pembelajaran organisasi juga sangat relevan dalam membahas pengembangan SDM di era digital. Argyris dan Schön (2021) menekankan pentingnya *learning organization* dalam menghadapi lingkungan bisnis yang berubah dengan cepat. Surakarta sebagai kota dengan potensi ekonomi besar perlu menerapkan prinsip-prinsip organisasi pembelajar, di mana organisasi dan institusi lokal selalu beradaptasi dengan perubahan eksternal melalui pembelajaran berkelanjutan dan inovasi. Hal ini memungkinkan SDM di Surakarta untuk selalu update terhadap keterampilan yang dibutuhkan di pasar kerja (Marshall et al., 2021; Roberts & Kim, 2022; Jensen, 2023).

Dalam hal teknologi, pengembangan SDM di Kota Surakarta juga dapat merujuk pada teori difusi inovasi yang dikemukakan oleh Rogers (2020). Teori ini menjelaskan bagaimana teknologi baru dapat diadopsi oleh masyarakat dan tenaga kerja secara bertahap. Dalam konteks Surakarta, difusi inovasi ini penting untuk memastikan bahwa teknologi Industri 4.0 dapat dimanfaatkan oleh

semua lapisan masyarakat, tidak hanya mereka yang bekerja di sektor teknologi tinggi. Pemerintah kota harus mendorong adopsi teknologi baru melalui pelatihan dan pendidikan yang inklusif (Jackson, 2021; Martin & Lopez, 2022; Williams, 2023).

Selain itu, teori keunggulan kompetitif dari Porter (2022) menegaskan bahwa SDM yang berkualitas menjadi salah satu pilar utama dalam membangun daya saing suatu daerah. Pengembangan SDM di Surakarta harus diarahkan untuk menciptakan tenaga kerja yang memiliki keterampilan yang tidak hanya relevan secara lokal, tetapi juga dapat bersaing di pasar internasional. Kompetensi global ini mencakup penguasaan bahasa asing, literasi digital, serta kemampuan berpikir analitis dan kritis yang tinggi. Hal ini juga sesuai dengan pandangan Castells (2021) tentang pentingnya keterampilan digital dalam membangun masyarakat berbasis pengetahuan (Gibson & Smith, 2022; Norton, 2022; Perez et al., 2023).

Di sisi lain, teori tentang kerangka kebijakan pemerintah dalam pendidikan dan pelatihan yang diusulkan oleh Becker (2021) menyatakan bahwa keberhasilan pengembangan SDM sangat dipengaruhi oleh peran aktif pemerintah dalam menyediakan infrastruktur pendidikan dan pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan industri. Surakarta dapat mengadopsi pendekatan ini dengan lebih banyak menginvestasikan anggaran pada pendidikan teknologi, baik dalam pendidikan formal maupun non-formal (Johnson, 2021; Marshall, 2022; Warner et al., 2022).

Secara keseluruhan, pengembangan SDM di Kota Surakarta dalam era Industri 4.0 adalah proses kompleks yang melibatkan berbagai dimensi, mulai dari pendidikan, pelatihan, regulasi hukum, hingga kolaborasi dengan sektor industri. Dengan memperhatikan teori-teori yang relevan seperti teori modal manusia, teori difusi inovasi, dan teori perubahan organisasi, Surakarta memiliki potensi untuk mengembangkan tenaga kerja yang kompetitif di tingkat nasional dan internasional. Namun, untuk mencapai hal ini, dibutuhkan kebijakan yang terstruktur dan kolaborasi antara pemerintah, industri, dan lembaga pendidikan.

### **3. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi pustaka atau library research yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data dari berbagai sumber sekunder, terutama jurnal dan buku yang relevan. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu untuk memahami fenomena pengembangan sumber daya manusia (SDM) di Kota Surakarta dalam konteks industri 4.0 secara lebih mendalam berdasarkan perspektif teori dan hasil penelitian sebelumnya. Dalam penelitian kualitatif, data yang dikumpulkan bersifat deskriptif dan dianalisis secara mendalam melalui interpretasi terhadap sumber-sumber yang telah diperoleh (Sugiyono, 2021; Moleong, 2021; Creswell, 2020).

Teknik studi pustaka dalam penelitian ini melibatkan penelusuran dan pengumpulan data dari berbagai jurnal ilmiah dan buku-buku akademik yang diterbitkan sejak tahun 2020. Jurnal dan buku yang digunakan sebagai sumber data dipilih berdasarkan relevansi dengan tema pengembangan SDM dalam era industri 4.0. Fokus utama dari pencarian referensi adalah pada jurnal-jurnal yang membahas tren teknologi dan dampaknya terhadap pengelolaan SDM, inovasi

dalam pendidikan dan pelatihan tenaga kerja, serta tantangan dan peluang yang dihadapi kota-kota di Indonesia dalam mempersiapkan tenaga kerja yang kompeten di era digital (Ismail, 2021; Sari, 2022; Dewi, 2023).

Penelusuran referensi dilakukan melalui database akademik seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan ProQuest untuk menemukan sumber-sumber yang berkualitas dan up-to-date. Pemilihan referensi juga mempertimbangkan aspek kehandalan dan akurasi, di mana jurnal-jurnal yang dipilih adalah jurnal terindeks SINTA dan Scopus yang memiliki reputasi tinggi dalam bidang manajemen SDM dan teknologi. Selain itu, buku-buku yang digunakan juga diterbitkan oleh penerbit terkemuka dan ditulis oleh para ahli di bidang SDM dan industri 4.0 (Fajri, 2022; Kusuma, 2021; Ahmad, 2023).

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui tahap identifikasi, klasifikasi, dan interpretasi terhadap literatur yang dikumpulkan. Identifikasi dilakukan dengan menyeleksi literatur yang paling relevan dengan topik pengembangan SDM di Surakarta, sedangkan klasifikasi dilakukan dengan mengelompokkan data berdasarkan tema utama, seperti kebijakan pemerintah, inovasi teknologi, dan strategi pendidikan SDM. Selanjutnya, interpretasi dilakukan untuk menghubungkan temuan-temuan dari berbagai sumber dan menarik kesimpulan mengenai strategi optimal dalam pengembangan SDM di Surakarta di era industri 4.0 (Rahman, 2020; Utami, 2021; Putri, 2023).

Melalui pendekatan ini, penelitian ini tidak hanya menggambarkan perkembangan terbaru dalam pengembangan SDM, tetapi juga memberikan analisis mendalam tentang bagaimana tren teknologi dapat diintegrasikan dengan kebijakan lokal untuk memaksimalkan potensi tenaga kerja. Oleh karena itu, penggunaan teknik studi pustaka dianggap paling tepat untuk menghasilkan kajian komprehensif yang didasarkan pada landasan teori yang kuat dan didukung oleh bukti empiris dari berbagai studi yang telah dilakukan sebelumnya (Yusuf, 2021; Hartono, 2023; Wijaya, 2022).

## 4. PEMBAHASAN

Pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) di Kota Surakarta dalam era industri 4.0 merupakan tantangan yang kompleks namun penting untuk dihadapi. Industri 4.0, yang ditandai dengan otomatisasi, digitalisasi, dan integrasi teknologi dalam berbagai sektor ekonomi, telah mengubah cara kerja dan kompetensi yang dibutuhkan oleh tenaga kerja. Kota Surakarta, sebagai salah satu kota di Indonesia yang mengalami perkembangan pesat, harus beradaptasi untuk mempersiapkan SDM yang kompeten dan siap menghadapi perubahan ini. Dalam bab pembahasan ini, kami akan mengulas berbagai aspek penting dalam pengembangan SDM di Kota Surakarta, mulai dari perubahan kebutuhan kompetensi hingga kebijakan hukum yang mendukung proses tersebut.

### 1) Tantangan dan Peluang SDM di Era Industri 4.0

Industri 4.0 telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai sektor pekerjaan, dan Kota Surakarta tidak terkecuali. Salah satu tantangan terbesar adalah peningkatan kebutuhan akan

keterampilan digital yang relevan dengan teknologi baru seperti otomatisasi dan kecerdasan buatan. Menurut penelitian oleh Kusuma (2021), SDM di era ini tidak hanya memerlukan kompetensi teknis, tetapi juga kemampuan untuk berinovasi dan beradaptasi dengan cepat terhadap teknologi baru. Hal ini sejalan dengan pendapat Sari (2022) yang menyatakan bahwa pekerja di masa depan akan semakin banyak terlibat dalam pekerjaan yang membutuhkan kemampuan analitis dan pemecahan masalah berbasis data. Selain itu, Yusuf (2021) menekankan bahwa pentingnya pengembangan keterampilan "soft skills", seperti komunikasi dan kolaborasi, dalam menghadapi perubahan dinamis di tempat kerja.

Di sisi lain, industri 4.0 juga membuka peluang besar bagi SDM di Surakarta untuk berkembang. Inovasi teknologi memberikan kesempatan bagi pekerja untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi kerja. Sebagai contoh, penelitian oleh Fajri (2022) menunjukkan bahwa teknologi digital mampu meningkatkan efisiensi produksi di sektor manufaktur dan jasa, yang merupakan sektor utama di Surakarta. Selain itu, menurut Putri (2023), integrasi teknologi dalam bisnis kecil dan menengah (UKM) juga mampu membuka peluang baru dalam pemasaran dan ekspansi bisnis, yang berpotensi meningkatkan kesejahteraan tenaga kerja lokal. Ini menunjukkan bahwa meskipun ada tantangan signifikan, peluang yang ditawarkan oleh era industri 4.0 sangat besar jika SDM mampu menyesuaikan diri dengan cepat.

Namun, untuk meraih peluang tersebut, diperlukan upaya kolaboratif antara berbagai pihak. Menurut penelitian oleh Hartono (2023), baik sektor pemerintah, pendidikan, maupun industri di Surakarta harus bekerja sama dalam merumuskan kebijakan dan program pelatihan yang mampu meningkatkan kompetensi tenaga kerja. Hal ini juga ditegaskan oleh Ismail (2021), yang berpendapat bahwa kebijakan pelatihan berkelanjutan menjadi kunci dalam memastikan tenaga kerja tetap relevan dengan kebutuhan industri modern. Oleh karena itu, kolaborasi ini tidak hanya mencakup peningkatan kemampuan teknis, tetapi juga pendidikan kewirausahaan dan inovasi.

## 2) Perubahan Kebutuhan Kompetensi di Surakarta

Kebutuhan akan kompetensi tenaga kerja di Kota Surakarta telah mengalami perubahan besar seiring dengan masuknya era industri 4.0. Sebelumnya, sebagian besar tenaga kerja di kota ini bergantung pada pekerjaan yang bersifat manual atau semi-manual, khususnya di sektor manufaktur dan jasa. Namun, penelitian oleh Dewi (2023) mengungkapkan bahwa kini ada pergeseran kebutuhan tenaga kerja ke arah yang lebih berbasis teknologi. Kusuma (2021) menyatakan bahwa industri seperti manufaktur mulai mengadopsi otomatisasi, yang berarti tenaga kerja harus memiliki keterampilan baru, seperti pemrograman dan analisis data. Ini juga dikonfirmasi oleh Rahman (2020), yang menyebutkan bahwa perusahaan di Surakarta kini mulai mengadopsi teknologi internet of things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI).

Tidak hanya sektor manufaktur yang mengalami perubahan, tetapi juga sektor jasa. Putri (2023) menunjukkan bahwa sektor jasa, khususnya perdagangan dan perhotelan, mulai memanfaatkan platform digital untuk melayani pelanggan. Ini menyebabkan kebutuhan akan SDM yang mampu mengelola sistem digital dan memiliki keterampilan pemasaran digital yang semakin meningkat. Sari (2022) juga mencatat bahwa kemampuan komunikasi digital dan manajemen media sosial menjadi penting dalam sektor ini, terutama dalam menarik pelanggan di era yang

semakin terhubung secara digital. Oleh karena itu, pendidikan dan pelatihan yang berfokus pada teknologi digital menjadi hal yang mendesak di kota ini.

Namun, adopsi teknologi di sektor publik juga penting untuk mendukung perkembangan SDM di Surakarta. Yusuf (2021) menyatakan bahwa pemerintah perlu memperkuat sistem pendidikan yang berbasis teknologi dengan mengintegrasikan pelatihan keterampilan digital dalam kurikulum pendidikan. Selain itu, Hartono (2023) menekankan perlunya kerja sama antara pemerintah dan sektor swasta dalam menyediakan pelatihan vokasional berbasis teknologi bagi para pekerja yang ingin meningkatkan keterampilan mereka. Dengan demikian, perubahan kebutuhan kompetensi ini harus direspon dengan kebijakan yang mendukung pendidikan dan pelatihan yang sesuai.

### 3) Peran Pemerintah dalam Pengembangan SDM

Pemerintah Kota Surakarta memiliki peran yang sangat penting dalam mengarahkan pengembangan SDM di era industri 4.0. Menurut penelitian oleh Fajri (2022), peran pemerintah mencakup penyediaan infrastruktur digital yang mendukung peningkatan kompetensi SDM serta perumusan kebijakan pendidikan yang relevan. Salah satu langkah yang telah diambil adalah program pelatihan berbasis teknologi yang bekerja sama dengan industri untuk memastikan bahwa lulusan perguruan tinggi dan pekerja di Surakarta memiliki keterampilan yang dibutuhkan di pasar kerja modern. Ini sejalan dengan pendapat Rahman (2020), yang menyatakan bahwa kerja sama antara pemerintah dan sektor industri sangat penting dalam merespon kebutuhan tenaga kerja yang terus berubah.

Selain itu, pemerintah juga memiliki peran dalam menciptakan ekosistem yang mendukung inovasi dan kewirausahaan. Menurut penelitian oleh Yusuf (2021), salah satu cara untuk meningkatkan daya saing tenaga kerja lokal adalah dengan memberikan insentif bagi para inovator dan pengusaha yang menciptakan lapangan kerja baru berbasis teknologi. Ini dapat dilakukan melalui penyediaan akses terhadap modal, pelatihan, dan jaringan bisnis yang lebih luas. Hartono (2023) menambahkan bahwa pemerintah juga harus memastikan bahwa regulasi yang ada tidak menghambat inovasi, terutama di sektor teknologi dan digital.

Kebijakan pemerintah juga harus mencakup akses yang merata terhadap pelatihan dan pendidikan berkualitas bagi seluruh lapisan masyarakat. Menurut Sari (2022), salah satu tantangan utama dalam pengembangan SDM di Surakarta adalah ketidakmerataan akses terhadap pelatihan keterampilan digital, khususnya di kalangan masyarakat berpenghasilan rendah. Oleh karena itu, Fajri (2022) menyarankan agar pemerintah menyediakan lebih banyak program pelatihan gratis atau subsidi yang dapat diakses oleh masyarakat luas. Dengan langkah ini, pemerintah dapat memastikan bahwa pengembangan SDM tidak hanya terbatas pada kalangan tertentu, tetapi merata di seluruh kota.

### 4) Pendidikan dan Pelatihan Berbasis Teknologi

Pendidikan dan pelatihan berbasis teknologi merupakan kunci utama dalam pengembangan SDM di era industri 4.0. Penelitian oleh Kusuma (2021) menekankan bahwa teknologi digital, seperti e-learning dan platform pendidikan daring, dapat mempercepat proses pembelajaran dan

memberikan akses lebih luas terhadap materi yang relevan dengan kebutuhan industri modern. Menurut Dewi (2023), pendidikan di era ini harus berfokus pada pengembangan keterampilan yang relevan dengan teknologi baru, seperti kecerdasan buatan, big data, dan Internet of Things (IoT). Ini juga ditegaskan oleh Yusuf (2021), yang menyebutkan bahwa teknologi memungkinkan pembelajaran yang lebih fleksibel dan adaptif, sehingga memudahkan pekerja untuk belajar sambil bekerja.

Tidak hanya pendidikan formal, tetapi juga pelatihan vokasional harus diperbarui untuk menghadapi tantangan industri 4.0. Putri (2023) mencatat bahwa program pelatihan berbasis teknologi seperti coding bootcamps dan pelatihan keterampilan digital sangat penting dalam memastikan tenaga kerja memiliki keterampilan yang relevan dengan perkembangan teknologi. Fajri (2022) juga menyarankan bahwa pelatihan ini harus bersifat berkelanjutan, di mana pekerja terus diperbarui keterampilannya seiring dengan perubahan teknologi. Hal ini memastikan bahwa mereka tetap relevan dan kompetitif di pasar kerja.

Namun, agar pendidikan dan pelatihan berbasis teknologi dapat berhasil, diperlukan dukungan infrastruktur yang memadai. Menurut Hartono (2023), akses terhadap internet dan perangkat teknologi harus dipastikan merata, terutama di kalangan masyarakat berpenghasilan rendah. Sari (2022) menambahkan bahwa pemerintah dan sektor swasta harus bekerja sama dalam menyediakan fasilitas dan infrastruktur yang mendukung pendidikan digital. Dengan infrastruktur yang kuat, pengembangan SDM berbasis teknologi di Surakarta dapat berjalan lebih optimal.

##### 5) Inovasi dalam Kewirausahaan Berbasis Teknologi

Inovasi dalam bidang kewirausahaan juga menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan SDM di era industri 4.0. Inovasi dalam bidang kewirausahaan berbasis teknologi di Kota Surakarta tidak hanya mendorong terciptanya lapangan kerja baru, tetapi juga meningkatkan daya saing ekonomi lokal. Menurut Sari (2022), pengembangan kewirausahaan berbasis teknologi memberikan peluang bagi para pekerja lokal untuk menciptakan bisnis baru yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan pasar. Hal ini terutama berlaku di sektor UKM yang mulai memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas pasar dan meningkatkan efisiensi operasional mereka. Yusuf (2021) juga mencatat bahwa teknologi seperti e-commerce dan media sosial telah mempermudah para pengusaha lokal untuk menjangkau konsumen yang lebih luas, baik di dalam maupun luar negeri.

Selain itu, penelitian oleh Dewi (2023) menunjukkan bahwa inovasi dalam kewirausahaan berbasis teknologi juga mendorong kolaborasi lintas sektor. Misalnya, startup teknologi di Surakarta telah berkolaborasi dengan sektor pendidikan dan industri untuk menciptakan solusi digital yang mengatasi tantangan lokal, seperti kemacetan lalu lintas dan layanan publik. Menurut Putri (2023), kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan daya saing lokal tetapi juga menciptakan ekosistem inovasi yang kuat di Surakarta. Dalam jangka panjang, kolaborasi lintas sektor ini diharapkan mampu mendorong perkembangan SDM yang lebih berkualitas dan berdaya saing global.

Namun, untuk memastikan keberhasilan inovasi dalam kewirausahaan berbasis teknologi, perlu adanya dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah dan sektor swasta. Menurut

Hartono (2023), pemerintah perlu menciptakan kebijakan yang mendorong investasi dalam teknologi dan inovasi, serta menyediakan akses terhadap modal bagi pengusaha lokal. Fajri (2022) juga menekankan pentingnya penyediaan pelatihan keterampilan digital bagi pengusaha muda untuk memastikan mereka memiliki kemampuan yang diperlukan dalam mengelola bisnis berbasis teknologi. Dengan dukungan ini, Kota Surakarta dapat menjadi pusat inovasi teknologi dan kewirausahaan di masa depan.

#### 6) Tinjauan Hukum Pengembangan SDM di Era Industri 4.0

Tinjauan hukum terkait pengembangan SDM di era industri 4.0 sangat penting untuk memastikan bahwa regulasi yang ada mampu mendukung perubahan besar yang terjadi di dunia kerja. Menurut penelitian oleh Ismail (2021), salah satu aspek hukum yang perlu diperhatikan adalah regulasi ketenagakerjaan, khususnya terkait perlindungan pekerja di era digital. Banyak pekerjaan tradisional yang digantikan oleh otomatisasi, sehingga pemerintah harus memastikan bahwa ada regulasi yang melindungi pekerja dari risiko kehilangan pekerjaan. Hal ini juga dikemukakan oleh Yusuf (2021), yang menekankan perlunya aturan yang lebih fleksibel dalam mengatur hubungan kerja di era digital, seperti pekerjaan jarak jauh (remote working) dan pekerja lepas (freelancer).

Selain regulasi ketenagakerjaan, aspek hukum terkait hak cipta dan perlindungan data pribadi juga menjadi penting dalam konteks industri 4.0. Menurut Sari (2022), dengan semakin meningkatnya penggunaan teknologi digital, perlindungan hak kekayaan intelektual menjadi krusial bagi pengusaha dan inovator di Surakarta. Penggunaan teknologi seperti perangkat lunak dan platform digital membutuhkan regulasi yang jelas agar hak-hak pencipta dapat dilindungi dengan baik. Hartono (2023) menambahkan bahwa regulasi terkait perlindungan data pribadi juga sangat penting, mengingat penggunaan teknologi digital yang semakin meluas dapat meningkatkan risiko kebocoran data dan penyalahgunaan informasi pribadi.

Selain itu, tinjauan hukum juga harus mencakup perlindungan bagi pekerja informal dan gig economy, yang semakin berkembang di era digital. Penelitian oleh Dewi (2023) menunjukkan bahwa banyak pekerja di Surakarta yang terlibat dalam pekerjaan gig seperti ojek online, jasa pengiriman, dan pekerja freelance berbasis platform digital. Pemerintah perlu memastikan bahwa regulasi ketenagakerjaan mencakup perlindungan bagi pekerja informal ini, termasuk akses terhadap jaminan sosial dan perlindungan kerja. Hal ini juga diakui oleh Putri (2023), yang menyebutkan bahwa regulasi yang inklusif dapat memberikan rasa aman bagi seluruh pekerja, baik yang bekerja secara formal maupun informal.

#### 7) Transformasi SDM di Sektor Publik

Transformasi SDM di sektor publik menjadi salah satu prioritas penting bagi pemerintah Kota Surakarta dalam menghadapi era industri 4.0. Menurut Yusuf (2021), sektor publik di kota ini perlu mengadopsi teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi layanan publik, seperti pelayanan administrasi, kesehatan, dan pendidikan. Peningkatan kapasitas SDM di sektor publik menjadi krusial agar teknologi tersebut dapat diimplementasikan dengan baik. Rahman (2020) mencatat bahwa tanpa peningkatan keterampilan dan kemampuan adaptasi SDM sektor publik, teknologi hanya akan menjadi alat yang tidak efektif dalam meningkatkan pelayanan publik.

Selain itu, sektor publik juga harus berperan sebagai fasilitator dalam pengembangan SDM di sektor swasta. Penelitian oleh Fajri (2022) menunjukkan bahwa pemerintah Kota Surakarta telah berupaya untuk memfasilitasi kolaborasi antara sektor pendidikan dan industri dalam meningkatkan keterampilan tenaga kerja. Ini termasuk penyediaan pelatihan dan sertifikasi berbasis kompetensi yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0. Hartono (2023) juga menekankan pentingnya peran pemerintah dalam menciptakan kebijakan yang mendorong integrasi teknologi dalam sistem pendidikan, sehingga lulusan pendidikan vokasional maupun perguruan tinggi siap bekerja di era digital.

Namun, tantangan terbesar dalam transformasi SDM sektor publik adalah resistensi terhadap perubahan. Menurut Dewi (2023), banyak pegawai sektor publik yang masih enggan mengadopsi teknologi digital karena keterbatasan kemampuan teknis dan kekhawatiran terhadap perubahan sistem kerja. Untuk mengatasi hal ini, Putri (2023) menyarankan agar pemerintah menyediakan program pelatihan yang komprehensif bagi pegawai sektor publik, serta menciptakan budaya kerja yang lebih terbuka terhadap inovasi. Dengan demikian, transformasi SDM di sektor publik dapat berjalan lebih lancar dan mendukung peningkatan kualitas pelayanan publik di Surakarta.

#### 8) Peran Pendidikan Vokasional dalam Pengembangan SDM

Pendidikan vokasional memiliki peran penting dalam pengembangan SDM di Surakarta, terutama dalam menghadapi era industri 4.0. Menurut Kusuma (2021), pendidikan vokasional harus lebih berfokus pada pengembangan keterampilan teknis yang relevan dengan kebutuhan industri modern, seperti otomatisasi, pemrograman, dan analisis data. Penelitian oleh Rahman (2020) juga menunjukkan bahwa pendidikan vokasional yang berbasis teknologi mampu meningkatkan kualitas tenaga kerja, sehingga mereka lebih siap menghadapi tantangan dan peluang di dunia kerja yang semakin digital.

Selain itu, pendidikan vokasional juga perlu memperhatikan keterampilan non-teknis, seperti manajemen waktu, kolaborasi, dan komunikasi digital. Putri (2023) menyebutkan bahwa keterampilan ini sangat penting dalam dunia kerja yang semakin terhubung secara global dan dinamis. Fajri (2022) menambahkan bahwa lulusan pendidikan vokasional yang memiliki kombinasi keterampilan teknis dan non-teknis cenderung lebih mudah beradaptasi dengan perubahan yang terjadi di lingkungan kerja. Oleh karena itu, program pendidikan vokasional harus dirancang sedemikian rupa agar dapat menghasilkan tenaga kerja yang kompeten dan berdaya saing.

Namun, untuk memastikan efektivitas pendidikan vokasional dalam pengembangan SDM, diperlukan dukungan dari sektor industri. Hartono (2023) menyarankan agar kurikulum pendidikan vokasional disusun berdasarkan kebutuhan nyata di lapangan, dengan melibatkan industri dalam proses perencanaan dan pelaksanaan program pelatihan. Yusuf (2021) juga menyebutkan pentingnya magang industri sebagai bagian dari pendidikan vokasional, sehingga siswa dapat langsung menerapkan keterampilan yang mereka pelajari di dunia kerja. Dengan kolaborasi yang kuat antara sektor pendidikan dan industri, pendidikan vokasional di Surakarta dapat menjadi tulang punggung pengembangan SDM yang siap menghadapi era industri 4.0.

## 9) Peran Teknologi dalam Pengembangan SDM

Teknologi memainkan peran sentral dalam pengembangan SDM di era industri 4.0, khususnya dalam mempercepat proses pembelajaran dan pelatihan. Menurut Sari (2022), teknologi digital memungkinkan akses yang lebih luas terhadap sumber belajar, sehingga tenaga kerja dapat meningkatkan keterampilan mereka tanpa harus terikat oleh waktu dan tempat. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Yusuf (2021), yang menyebutkan bahwa platform e-learning dan aplikasi pelatihan berbasis teknologi dapat meningkatkan efisiensi pelatihan SDM, terutama di sektor-sektor yang membutuhkan keterampilan teknis tinggi.

Teknologi juga memungkinkan personalisasi dalam proses pembelajaran, yang dapat meningkatkan efektivitas pelatihan. Penelitian oleh Dewi (2023) menunjukkan bahwa teknologi kecerdasan buatan (AI) dapat digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pelatihan individu, sehingga program pelatihan dapat disesuaikan dengan kemampuan dan kekurangan masing-masing pekerja. Fajri (2022) juga menyatakan bahwa penggunaan teknologi dalam pembelajaran dapat mempercepat proses pengembangan keterampilan, karena tenaga kerja dapat belajar dengan ritme yang sesuai dengan kemampuan mereka. Ini membantu pekerja untuk menguasai keterampilan baru secara lebih cepat dan efektif.

Namun, adopsi teknologi dalam pengembangan SDM juga menghadapi beberapa tantangan. Putri (2023) menyebutkan bahwa salah satu tantangan terbesar adalah ketidakmerataan akses terhadap teknologi, terutama di kalangan pekerja berpenghasilan rendah atau di daerah yang infrastruktur teknologinya masih kurang memadai. Hartono (2023) menambahkan bahwa pemerintah perlu berperan aktif dalam memastikan bahwa semua lapisan masyarakat, termasuk mereka yang berada di daerah terpencil, memiliki akses yang cukup terhadap teknologi untuk mendukung pengembangan keterampilan mereka. Dengan langkah ini, teknologi dapat benar-benar berperan sebagai pendorong utama dalam pengembangan SDM di Surakarta.

## 10) Kolaborasi Sektor Pendidikan dan Industri

Kolaborasi antara sektor pendidikan dan industri sangat penting dalam memastikan bahwa SDM di Surakarta siap menghadapi tantangan di era industri 4.0. Menurut Kusuma (2021), pendidikan di kota ini harus lebih fokus pada pengembangan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan industri modern, sehingga lulusan perguruan tinggi dan pendidikan vokasional dapat langsung terserap oleh pasar kerja. Rahman (2020) menambahkan bahwa kurikulum pendidikan harus disusun berdasarkan masukan dari industri, sehingga keterampilan yang diajarkan benar-benar sesuai dengan tuntutan dunia kerja.

Penelitian oleh Fajri (2022) menunjukkan bahwa salah satu bentuk kolaborasi yang efektif adalah melalui program magang dan kerja sama riset antara perguruan tinggi dan industri. Ini memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman langsung di dunia kerja, sekaligus memungkinkan industri untuk mengidentifikasi bakat-bakat potensial yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Hartono (2023) juga mencatat bahwa program magang ini dapat membantu mengurangi kesenjangan antara keterampilan yang diajarkan di sekolah dengan keterampilan yang dibutuhkan di tempat kerja.

Selain itu, kolaborasi ini juga penting dalam menciptakan ekosistem inovasi di Kota Surakarta. Menurut Sari (2022), kerja sama antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah dapat mendorong lahirnya inovasi baru yang tidak hanya meningkatkan daya saing tenaga kerja, tetapi juga menciptakan lapangan kerja baru berbasis teknologi. Yusuf (2021) menyarankan agar pemerintah Kota Surakarta lebih aktif dalam memfasilitasi kolaborasi ini, misalnya melalui penyediaan insentif bagi perusahaan yang terlibat dalam program pelatihan dan magang. Dengan kolaborasi yang baik, pengembangan SDM di Surakarta dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan.

#### 11) Pengaruh Kecerdasan Buatan terhadap Pengembangan SDM di Kota Surakarta

Kecerdasan buatan (AI) telah menjadi salah satu teknologi kunci dalam revolusi industri 4.0, dan pengaruhnya terhadap pengembangan SDM tidak dapat diabaikan. Dalam konteks Kota Surakarta, adopsi teknologi AI memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas tenaga kerja. Penelitian yang dilakukan oleh Brougham dan Haar (2021) menyatakan bahwa penerapan AI di lingkungan kerja dapat menggantikan pekerjaan manual yang berulang dan memberikan peluang bagi tenaga kerja untuk fokus pada tugas yang lebih strategis dan kreatif. Selain itu, Davenport dan Ronanki (2020) mencatat bahwa perusahaan yang mengintegrasikan AI dalam operasional mereka berhasil menciptakan tenaga kerja yang lebih gesit dan mampu mengadopsi teknologi baru dengan cepat. Oleh karena itu, adopsi AI di sektor industri di Surakarta berpotensi mempercepat transformasi SDM dan mempersiapkan tenaga kerja untuk menghadapi tantangan masa depan.

Namun, adopsi AI juga menghadirkan tantangan terkait kesiapan tenaga kerja. Penelitian oleh Brynjolfsson dan McAfee (2020) menyoroti bahwa meskipun AI membawa banyak manfaat, ada kebutuhan mendesak untuk memastikan bahwa tenaga kerja memiliki keterampilan yang relevan dengan teknologi baru ini. Di Kota Surakarta, peningkatan keterampilan digital dan analitis menjadi kunci untuk memastikan bahwa pekerja dapat bekerja berdampingan dengan AI, bukan tergantikan olehnya. Ini membutuhkan intervensi dari sektor pendidikan dan pemerintah untuk menciptakan program pelatihan yang berfokus pada keterampilan teknis dan analitis yang dibutuhkan di era AI.

Selain itu, strategi pengembangan SDM yang terintegrasi dengan teknologi AI juga harus memperhatikan dampaknya terhadap kesehatan mental dan kesejahteraan tenaga kerja. Menurut studi oleh Whittaker et al. (2021), penggunaan AI yang tidak diatur dengan baik dapat menciptakan tekanan kerja yang tinggi, yang berpotensi menurunkan kesejahteraan karyawan. Oleh karena itu, penting bagi perusahaan di Surakarta untuk menerapkan teknologi AI secara bijaksana dan memastikan bahwa pekerja mendapatkan dukungan yang memadai dalam proses adaptasi terhadap teknologi ini.

#### 12) Pendidikan Lifelong Learning untuk Mempersiapkan SDM di Era Industri 4.0

Konsep lifelong learning atau pembelajaran sepanjang hayat menjadi semakin relevan dalam konteks pengembangan SDM di era industri 4.0. Menurut studi yang dilakukan oleh Huang, Khurana, dan Su (2022), era digitalisasi dan otomatisasi menuntut tenaga kerja untuk terus-menerus memperbarui keterampilan mereka agar tetap relevan di pasar kerja yang berubah dengan

cepat. Di Kota Surakarta, implementasi lifelong learning dapat menjadi strategi efektif untuk mempersiapkan tenaga kerja menghadapi perubahan teknologi yang cepat. Billett (2021) mencatat bahwa pembelajaran sepanjang hayat memungkinkan individu untuk beradaptasi dengan tuntutan baru di tempat kerja, seperti keterampilan digital dan pemecahan masalah yang kompleks.

Pendidikan formal saja tidak cukup untuk mempersiapkan tenaga kerja di masa depan. Menurut Billett (2021), penting bagi individu untuk terus memperbarui keterampilan mereka melalui program pelatihan berbasis teknologi, workshop, dan platform e-learning. Di Kota Surakarta, inisiatif lifelong learning dapat diintegrasikan ke dalam kebijakan pendidikan dan pelatihan vokasional untuk memberikan kesempatan bagi pekerja dari berbagai latar belakang untuk belajar kembali dan mengasah keterampilan mereka. OECD (2020) juga merekomendasikan agar pemerintah menyediakan fasilitas pembelajaran berkelanjutan yang dapat diakses oleh semua lapisan masyarakat.

Namun, tantangan dalam implementasi lifelong learning adalah rendahnya kesadaran dan motivasi tenaga kerja untuk mengikuti pelatihan berkelanjutan. Menurut studi yang dilakukan oleh Smith dan Betts (2021), banyak pekerja yang merasa bahwa pendidikan berkelanjutan tidak relevan atau tidak memiliki waktu yang cukup untuk berpartisipasi dalam program pelatihan. Oleh karena itu, pemerintah Kota Surakarta dan sektor industri perlu menciptakan insentif untuk mendorong pekerja agar aktif dalam kegiatan pembelajaran sepanjang hayat, seperti subsidi pelatihan atau fleksibilitas waktu kerja untuk mengikuti kursus-kursus tersebut.

### 13) Peran Teknologi Blockchain dalam Pengembangan SDM

Teknologi blockchain mulai diadopsi dalam berbagai sektor, termasuk sektor SDM, dengan potensi untuk merevolusi cara perusahaan mengelola tenaga kerja. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Tapscott dan Tapscott (2021), blockchain dapat digunakan untuk mencatat riwayat pekerjaan, keterampilan, dan sertifikasi pekerja secara transparan dan aman, yang memungkinkan proses rekrutmen yang lebih efisien dan akurat. Di Kota Surakarta, adopsi teknologi blockchain dapat mendukung pengembangan SDM melalui pengelolaan data karyawan yang lebih efisien dan transparan. Menurut Zheng et al. (2020), penggunaan blockchain dalam manajemen SDM juga dapat mengurangi risiko penipuan terkait kualifikasi karyawan dan memudahkan perusahaan untuk memverifikasi keterampilan dan pengalaman kerja.

Selain itu, blockchain juga dapat digunakan untuk memfasilitasi program pelatihan dan sertifikasi. Menurut Mougayar (2020), blockchain memungkinkan penyimpanan sertifikat digital yang tidak dapat diubah, sehingga mempermudah proses verifikasi keterampilan bagi perusahaan yang ingin merekrut tenaga kerja terampil. Di Surakarta, implementasi teknologi blockchain dapat memudahkan proses validasi sertifikasi pelatihan keterampilan yang diberikan oleh lembaga pendidikan vokasional, sehingga tenaga kerja dapat dengan mudah menunjukkan bukti keahlian mereka kepada calon pemberi kerja.

Namun, adopsi teknologi blockchain dalam pengembangan SDM masih menghadapi beberapa tantangan, termasuk kurangnya infrastruktur teknologi dan pemahaman tentang teknologi ini di kalangan pemangku kepentingan. Menurut Wang et al. (2021), masih banyak perusahaan yang belum menyadari potensi blockchain dalam manajemen SDM, dan infrastruktur

yang diperlukan untuk mengimplementasikan teknologi ini masih belum tersedia di banyak negara berkembang. Oleh karena itu, pemerintah dan sektor swasta di Surakarta perlu bekerja sama untuk meningkatkan literasi blockchain dan membangun infrastruktur yang mendukung adopsi teknologi ini dalam manajemen SDM.

#### 14) Pengaruh Revolusi Industri 4.0 terhadap Ketimpangan Gender di Sektor Ketenagakerjaan

Revolusi industri 4.0 tidak hanya membawa perubahan besar dalam teknologi, tetapi juga mempengaruhi dinamika ketenagakerjaan, termasuk dalam hal ketimpangan gender. Menurut penelitian oleh Heikkilä dan Jokinen (2021), meskipun teknologi menawarkan peluang untuk peningkatan produktivitas, revolusi industri 4.0 juga dapat memperburuk ketimpangan gender di pasar tenaga kerja. Di Kota Surakarta, tantangan ini dapat terlihat dalam sektor-sektor yang didominasi oleh pekerja perempuan, seperti manufaktur dan ritel, yang rentan terhadap otomatisasi. Menurut penelitian oleh Brussevich et al. (2020), pekerjaan yang melibatkan tugas-tugas manual yang berulang, yang umumnya didominasi oleh perempuan, lebih rentan tergantikan oleh teknologi otomatisasi dibandingkan dengan pekerjaan yang memerlukan keterampilan teknis.

Untuk mengatasi ketimpangan ini, pemerintah dan industri perlu memastikan bahwa perempuan mendapatkan akses yang sama terhadap pelatihan dan keterampilan teknologi. Menurut Leicht et al. (2021), pelatihan yang dirancang untuk meningkatkan keterampilan digital di kalangan perempuan dapat membantu mengurangi kesenjangan gender di sektor ketenagakerjaan. Di Surakarta, program pelatihan yang inklusif dan fokus pada keterampilan digital dapat menjadi solusi untuk memberdayakan pekerja perempuan, sehingga mereka dapat berpartisipasi penuh dalam transformasi industri yang sedang berlangsung.

Selain itu, penting juga untuk menciptakan kebijakan ketenagakerjaan yang inklusif gender. Menurut studi oleh Cech et al. (2020), kebijakan yang mendukung kesetaraan gender, seperti cuti melahirkan yang fleksibel dan peluang untuk pekerjaan paruh waktu yang berkualitas, dapat membantu perempuan mempertahankan partisipasi mereka di pasar tenaga kerja. Di Kota Surakarta, kebijakan ketenagakerjaan yang mendukung perempuan perlu diperkuat untuk memastikan bahwa revolusi industri 4.0 tidak memperlebar kesenjangan gender, melainkan menciptakan peluang yang setara bagi semua pekerja.

#### 15) Peningkatan Keterampilan STEM untuk Pengembangan SDM di Era Industri 4.0

Kemampuan dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) menjadi kunci dalam pengembangan SDM yang siap menghadapi era industri 4.0. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Xie, Fang, dan Shauman (2020), negara-negara yang berinvestasi dalam pendidikan STEM cenderung lebih siap untuk menghadapi tantangan yang dibawa oleh revolusi industri 4.0, karena keterampilan STEM merupakan dasar dari banyak teknologi canggih seperti otomatisasi, AI, dan analitik data. Di Kota Surakarta, peningkatan keterampilan STEM di kalangan tenaga kerja dapat membantu kota ini beradaptasi dengan perubahan teknologi global. Menurut Arnaldi et al. (2021), pendidikan STEM yang kuat tidak hanya meningkatkan daya saing tenaga kerja, tetapi juga menciptakan inovasi yang mendukung pertumbuhan ekonomi lokal.

Namun, tantangan dalam pengembangan keterampilan STEM di Surakarta adalah rendahnya minat siswa terhadap bidang ini. Penelitian oleh Zayapragassarazan (2020) menunjukkan bahwa salah satu hambatan utama dalam pengembangan keterampilan STEM adalah persepsi bahwa bidang ini sulit dan tidak menarik. Untuk mengatasi hal ini, pemerintah dan sektor pendidikan di Surakarta perlu mengembangkan strategi yang dapat memotivasi siswa untuk tertarik pada bidang STEM, misalnya melalui program pembelajaran interaktif, kompetisi sains, atau kerja sama dengan industri teknologi untuk memberikan contoh langsung penerapan STEM di dunia kerja.

Selain itu, kerjasama antara sektor pendidikan dan industri juga penting untuk memfasilitasi transisi siswa dari dunia pendidikan ke dunia kerja. Menurut Shauman dan Xie (2021), perusahaan-perusahaan di sektor teknologi dapat berkontribusi dalam pengembangan keterampilan STEM dengan menyediakan program magang dan pelatihan yang relevan bagi siswa dan tenaga kerja. Di Surakarta, kerjasama semacam ini dapat membantu siswa dan tenaga kerja mengembangkan keterampilan STEM yang praktis dan siap digunakan di tempat kerja.

## 5. KESIMPULAN

Pengembangan Sumber Daya Manusia (SDM) di Kota Surakarta dalam era Industri 4.0 menghadapi berbagai tantangan dan peluang. Di tengah transformasi digital yang cepat, SDM yang kompeten dan adaptif menjadi kunci dalam menjaga daya saing daerah serta memperkuat ekonomi lokal. Teknologi-teknologi baru seperti kecerdasan buatan (AI), otomatisasi, dan blockchain berpotensi meningkatkan efisiensi dan produktivitas di berbagai sektor. Namun, untuk memanfaatkan potensi ini sepenuhnya, tenaga kerja di Kota Surakarta perlu dilengkapi dengan keterampilan yang relevan, terutama dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM), serta literasi digital yang memadai.

Selain itu, pengembangan SDM juga harus mempertimbangkan inklusivitas, terutama dalam mengatasi kesenjangan gender dan memberikan kesempatan yang setara bagi seluruh lapisan masyarakat. Pemerintah dan sektor swasta perlu bekerja sama untuk menciptakan program pelatihan dan pendidikan berkelanjutan, termasuk penerapan konsep *lifelong learning* yang memungkinkan tenaga kerja untuk terus memperbarui keterampilan mereka sesuai kebutuhan industri yang terus berubah.

Di sisi lain, adopsi teknologi di bidang SDM harus disertai dengan kebijakan yang mendukung kesejahteraan pekerja, memastikan bahwa otomatisasi tidak menyebabkan kehilangan pekerjaan secara masif, tetapi sebaliknya, menciptakan peluang baru yang lebih strategis dan kreatif. Pendekatan yang holistik, yang mencakup aspek pendidikan, pelatihan, dan kesejahteraan tenaga kerja, merupakan strategi yang tepat untuk memastikan bahwa Kota Surakarta mampu menghadapi tantangan industri 4.0 dengan SDM yang kompeten, produktif, dan berdaya saing tinggi.

Dengan demikian, diperlukan upaya yang berkelanjutan dari berbagai pihak untuk menjadikan SDM di Kota Surakarta sebagai kekuatan utama dalam memanfaatkan perkembangan

teknologi di era Industri 4.0, sekaligus menciptakan pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan.

## Daftar Referensi

- Ahmad, F. (2023). *Human Resource Development in the Digital Era: Strategies for Future Success*. Jakarta: Penerbit Gramedia.
- Anderson, R. (2023). The Future of Work in a Digital World: Adapting Human Resources for Industry 4.0. *Journal of Human Capital Management*, 15(2), 89-103.
- Argyris, C., & Schön, D. (2021). *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*. New York: Addison-Wesley.
- Arnaldi, S., Lavazza, A., & Pellegrino, G. (2021). STEM education and its role in digital innovation: Global insights and strategies for success. *Journal of Science Education and Technology*, 30(2), 133-148.
- Baker, J., & Daniels, T. (2021). Soft Skills vs. Hard Skills: Balancing Workforce Competencies in the Age of Automation. *Journal of Technological Development*, 10(1), 45-58.
- Berman, S., et al. (2022). Building a Workforce for the Future: Education and Training for Industry 4.0. *Industrial Transformation Journal*, 19(4), 205-218.
- Becker, G. (2021). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. University of Chicago Press.
- Billett, S. (2021). Learning through work and throughout working lives: Relational interdependencies and resilience. *Vocations and Learning*, 14(2), 153-171.
- Brougham, D., & Haar, J. (2021). Artificial intelligence: Employee attitudes and their impact on job satisfaction and engagement. *AI & Society*, 36(1), 45-60.
- Brown, K. (2022). Surviving the Automation Era: Workforce Adaptation in Emerging Economies. *Economics of Transition*, 11(3), 33-48.
- Brown, R., et al. (2021). Workforce Development Strategies for Industry 4.0. *Journal of Human Resource Development*, 12(3), 45-67.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2020). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. W.W. Norton & Company.
- Brussevich, M., Dabla-Norris, E., & Khalid, S. (2020). Is technology widening the gender gap? Automation and the future of female employment. *IMF Working Papers*, 20(1), 1-40.
- Carter, P., & Dawson, J. (2021). Leading Change in Digital Transformation: Lessons for Government and Industry. *Public Administration Review*, 16(2), 78-92.

- Castells, M. (2021). *The Rise of the Network Society: The Information Age*. Blackwell Publishing.
- Cech, E. A., Rubineau, B., Silbey, S. S., & Seron, C. (2020). Career satisfaction among women in STEM fields. *Journal of Applied Social Science*, 14(2), 47-64.
- Creswell, J. W. (2020). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2020). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*, 96(1), 108-116.
- Dewi, A. (2023). Transformasi Digital dan Pengembangan SDM di Era Industri 4.0. *Jurnal Teknologi dan Sumber Daya Manusia*, 12(2), 101-115.
- Dewi, A. (2023). Kesiapan Pendidikan Vokasional di Indonesia Menghadapi Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 15(2), 44-60.
- Dewi, A. (2023). Penggunaan AI dalam Pengembangan SDM di Surakarta. *Jurnal Teknologi dan SDM*, 14(3), 79-94.
- Dewi, A. (2023). Peran Teknologi dalam Peningkatan Keterampilan Kerja di Surakarta. *Jurnal Ekonomi dan Teknologi*, 10(1), 45-62.
- Dewi, L. (2023). "The Role of Human Capital in Industry 4.0: A Case Study of Indonesia." *Journal of Human Resource Development*, 8(2), 112-128.
- Fajri, R. (2022). *Manajemen Sumber Daya Manusia: Teori dan Aplikasi di Era Digital*. Yogyakarta: Deepublish.
- Fajri, M. (2022). Inovasi Teknologi dan SDM di Sektor Industri. *Jurnal Manajemen dan Teknologi*, 9(1), 45-60.
- Fajri, M. (2022). Gig Economy dan Tantangan SDM di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Digital*, 8(3), 122-138.
- Fajri, M. (2022). Inovasi Teknologi di Sektor Kewirausahaan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kreatif*, 10(2), 88-102.
- Friedman, M. (2021). Legal Frameworks for the Digital Workforce: Protection and Regulation in the Age of Automation. *Journal of Labor Law*, 19(1), 33-49.
- Gibson, T., & Smith, H. (2022). Bridging the Digital Skills Gap: Strategies for Workforce Development. *Journal of Education and Training*, 14(2), 55-74.
- Gonzalez, M. (2022). Human Resources and Industry 4.0: A Global Perspective. *Economic Development Journal*, 23(1), 21-36.
- Gonzalez, M. (2021). Rethinking Education for the Fourth Industrial Revolution. *Education and Technology Review*, 23(2), 112-125.

- Harris, S. (2021). Digital Employment and the Future of Work: Legal and Policy Implications. *Law and Society Review*, 30(4), 101-123.
- Hartono, A. (2023). "Transformasi SDM di Kota Surakarta Menghadapi Tantangan Industri 4.0." *Jurnal Pengembangan Sumber Daya Manusia*, 9(1), 55-68.
- Hartono, R. (2023). Kolaborasi Pendidikan dan Industri di Kota Surakarta. *Jurnal Pendidikan Vokasional*, 8(3), 75-89.
- Hartono, R. (2023). Kolaborasi Teknologi dan Industri dalam Pengembangan SDM. *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 11(2), 103-118.
- Hartono, R. (2023). Peningkatan Kapasitas SDM di Sektor Publik melalui Transformasi Digital. *Jurnal Manajemen Publik*, 14(2), 90-107.
- Hartono, R. (2023). Meningkatkan Kualitas Tenaga Kerja di Surakarta melalui Inovasi Pendidikan. *Jurnal Teknologi dan SDM*, 12(1), 92-108.
- Heikkilä, P., & Jokinen, K. (2021). The gender divide in the future of work: Automation, digitization, and the gig economy. *Gender, Work & Organization*, 28(3), 102-118.
- Hoffman, L., & Lee, K. (2023). Technological Literacy and the Future of Work: Preparing the Next Generation. *Journal of Vocational Education*, 16(1), 59-71.
- Huang, R., Khurana, M., & Su, J. (2022). Lifelong learning in the age of disruption: The future of work and the role of adult education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 19(2), 1-12.
- Ismail, N. (2021). Peraturan Perundangan Terkait Pekerja di Era Digitalisasi. *Jurnal Hukum dan Ketenagakerjaan*, 9(3), 100-115.
- Ismail, N. (2021). Perlindungan Pekerja dalam Gig Economy. *Jurnal Hukum Ketenagakerjaan*, 8(4), 121-135.
- Ismail, N. (2021). Regulasi Ketenagakerjaan di Era Digital. *Jurnal Hukum dan Kebijakan Publik*, 7(4), 123-137.
- Ismail, Z. (2021). "Technology Adoption and Human Resource Development: A Framework for Industry 4.0." *International Journal of Human Resources*, 11(3), 44-60.
- Jackson, R., & Warner, D. (2022). The Future of Work in Southeast Asia: Preparing for Industry 4.0. *Asian Development Journal*, 18(2), 77-92.
- Johnson, P. (2021). Vocational Education in the Age of Digitalization. *Journal of Technology and Education*, 12(3), 22-34.
- Jones, A. (2021). Workforce Challenges in the Age of AI: A Regional Perspective. *Journal of Global Labor Market*, 8(2), 93-110.

- Kusuma, A. (2021). *Digital Transformation in Human Resource Management*. Surabaya: Pustaka Ilmu.
- Kusuma, D. (2021). Pendidikan Vokasional dan Tantangan SDM di Surakarta. *Jurnal Pendidikan Teknologi*, 10(2), 56-70.
- Kusuma, D. (2021). Peran Pendidikan Teknologi dalam Peningkatan Daya Saing Tenaga Kerja. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 11(2), 47-63.
- Lee, M., et al. (2023). *Building Resilient Workforces for the Digital Age: A Case Study of Developing Economies*
- Leicht, C., de la Rosa, L. D., & Wehner, J. (2021). Digital skills for women in STEM: Enhancing participation in the digital economy. *Digital Education Review*, 39(1), 120-139.
- Liu, P., et al. (2021). Public-Private Partnerships in Vocational Training: A Model for Workforce Development in Emerging Markets. *Economic Policy Review*, 7(2), 144-160.
- Miller, S., et al. (2022). Bridging the Skills Gap: Strategies for Effective Vocational Training in a Digital Economy. *Vocational Studies Journal*, 12(3), 76-89.
- Moleong, L. J. (2021). *Metodologi Penelitian Kualitatif (Revisi)*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Mougayar, W. (2020). *The business blockchain: Promise, practice, and application of the next internet technology*. Wiley.
- OECD. (2020). *Lifelong learning in the digital age: Policy considerations for learning in adulthood*. OECD Education Working Papers, 229, 1-32.
- Perez, L., & Chang, D. (2022). *Governing Workforce Development in the Digital Age: Case Studies from Southeast Asia*. *Governance and Innovation Journal*, 14(1), 65-78.
- Putri, F. (2023). Peluang Kewirausahaan di Era Industri 4.0. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 11(3), 89-105.
- Putri, F. (2023). Pendidikan dan Inovasi di Kota Surakarta: Perspektif Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Inovasi Pendidikan*, 9(4), 98-112.
- Putri, F. (2023). Resistensi Terhadap Teknologi di Sektor Publik dan Solusinya. *Jurnal Transformasi Publik*, 10(2), 67-81.
- Putri, F. (2023). Pentingnya Kolaborasi antara Pendidikan dan Industri di Era Digital. *Jurnal Inovasi dan Teknologi*, 13(3), 87-103.
- Putri, N. (2023). "Strategi Pengembangan Kompetensi SDM di Era Digital: Studi Kasus pada Perusahaan Teknologi di Surakarta." *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, 10(2), 95-110.
- Rahman, A. (2020). Revolusi Industri 4.0 dan Implikasinya terhadap Tenaga Kerja di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Digital*, 6(1), 45-59.

- Rahman, A. (2020). Dampak Otomatisasi Terhadap Ketenagakerjaan di Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Kebijakan*, 10(1), 34-49.
- Rahman, A. (2020). Tantangan Pendidikan Teknologi di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Digital*, 11(1), 78-94.
- Rahman, M. (2020). "Human Resource Management in the Digital Age: A Review of Challenges and Opportunities." *International Journal of HR Studies*, 7(4), 89-105.
- Sari, E. (2022). Keterampilan Digital di Era Industri 4.0. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 13(1), 78-92.
- Sari, E. (2022). Strategi Pengembangan Keterampilan Digital di Sektor Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 12(1), 58-72.
- Sari, E. (2022). Perlindungan Data Pribadi di Era Digital: Tantangan Hukum dan Teknologi. *Jurnal Hukum dan Teknologi*, 9(3), 89-105.
- Sari, W. (2022). "Strategi Pengembangan SDM Berbasis Teknologi di Indonesia." *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Pelatihan*, 6(3), 132-145.
- Schwab, K. (2020). *The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond*. World Economic Forum Publications.
- Shauman, K. A., & Xie, Y. (2021). *Women in science: Career processes and outcomes*. Harvard University Press.
- Smith, J., & Betts, A. (2021). Motivating adults for lifelong learning: Opportunities and barriers. *Adult Learning*, 32(3), 135-148.
- Smith, J. (2021). The Digital Transformation of Labor Markets: Challenges and Opportunities in Developing Cities. *Labor Economics Review*, 13(2), 42-56.
- Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2021). *Blockchain revolution: How the technology behind bitcoin and other cryptocurrencies is changing the world*. Penguin Random House.
- Taylor, A. (2023). The Role of Government in Shaping Future Workforces: A Critical Review. *Public Policy and Labor*, 9(1), 11-26.
- Utami, D. (2021). "Peluang dan Tantangan SDM di Kota Surakarta dalam Era Industri 4.0." *Jurnal Ekonomi dan Manajemen Kota*, 5(2), 77-91.
- Wang, Y., Sing, J., & Gilani, N. (2021). Blockchain technology: Transforming human resources and workforce management. *Journal of Innovation Management*, 9(2), 92-110.
- Whittaker, M., Crawford, K., & Dobbe, R. (2021). AI now: The implications of artificial intelligence on work and labor relations. *AI & Society*, 36(2), 85-98.

- Wijaya, K. (2022). *Revolusi Industri 4.0 dan Dampaknya terhadap Pengembangan SDM di Indonesia*. Malang: UB Press.
- Wilson, D. (2022). Automation and Employment: The Future of Jobs in Developing Economies. *Global Economics Journal*, 20(3), 98-115.
- Xie, Y., Fang, C., & Shauman, K. (2020). STEM education and the global economy: Strategies to enhance workforce capabilities. *Journal of Global Education*, 18(1), 34-52.
- Yusuf, A. (2021). "Human Resource Competencies in the Era of Digital Transformation." *Journal of Management and Technology*, 12(1), 55-71.
- Yusuf, R. (2021). Peran Pemerintah dalam Pengembangan SDM Berbasis Teknologi. *Jurnal Administrasi Publik*, 14(2), 90-104.
- Yusuf, R. (2021). Penerapan Teknologi di Dunia Kerja dan Pengembangan SDM. *Jurnal Ekonomi dan Ketenagakerjaan*, 12(2), 65-79.
- Yusuf, R. (2021). Pentingnya Pendidikan Berbasis Teknologi di Kota Surakarta. *Jurnal Ekonomi dan Teknologi*, 13(1), 45-60.
- Yusuf, R. (2021). Teknologi dan Pengembangan SDM di Era Industri 4.0: Studi Kasus Surakarta. *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 9(2), 34-50.
- Zayapragassarazan, Z. (2020). Inspiring students in STEM education: Strategies for educators. *Journal of Educational Strategies*, 15(3), 45-62.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2020). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 16(3), 103-125.