

GELOMBANG AI DAN OTOMASI: BAGAIMANA BISNIS BERTAHAN DI TENGAH REVOLUSI INDUSTRI 4.0

Oleh:

¹Bakri, ²M. Ferdinansyah, ³Kania Farida, ⁴Verus Hardian, ⁵Minggu

^{1,2,3,4,5}Politeknik LP3I Jakarta

Jl. Kramat Raya No.7-9, RT.4/RW.2, Kramat, Senen, Jakarta Pusat 10450, DKI Jakarta 10450

e-mail: bakrispdmsi@gmail.com¹, m.ferdinansyah@gmail.com²,
Kania.lp3i@gmail.com³, verushardian8@gmail.com⁴, bebasrepot@gmail.com⁵

ABSTRACT

This study aims to analyze how the wave of Artificial Intelligence (AI) and automation in the era of the Industrial Revolution 4.0 affects business sustainability, particularly Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs), and to formulate relevant adaptation strategies. The research employed a descriptive quantitative approach through a simple survey of 40 MSME actors in West Java who have adopted or are currently adopting digital technology. Data were collected using closed-ended questionnaires and analyzed using descriptive percentage statistics. The results show that 72% of respondents experienced increased operational efficiency after adopting digital technology, 65% reported expanded market reach through digital platforms, while 58% identified limited human resource competencies and technology investment costs as the main challenges. These findings confirm that AI and automation do not merely replace human labor but instead drive the transformation of business models, organizational culture, and digital skill enhancement. Effective survival strategies include marketing digitalization, human resource training, ecosystem collaboration, and gradual and well-planned technology adoption. Therefore, business success in the Industry 4.0 era is highly determined by adaptive readiness and sustainable managerial transformation.

Keywords: Artificial Intelligence, Automation, Industrial Revolution 4.0, MSMEs, Digital Transformation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana gelombang Artificial Intelligence (AI) dan otomasi dalam era Revolusi Industri 4.0 memengaruhi keberlanjutan bisnis, khususnya Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM), serta merumuskan strategi adaptasi yang relevan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui survei sederhana terhadap 40 pelaku UMKM di wilayah Jawa Barat yang telah atau sedang mengadopsi teknologi digital. Data dikumpulkan melalui kuesioner tertutup dan dianalisis menggunakan statistik deskriptif persentase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 72% responden merasakan peningkatan efisiensi operasional setelah mengadopsi teknologi digital, 65% mengalami peningkatan jangkauan pasar melalui platform digital, namun 58% menyatakan kendala utama terletak pada keterbatasan kompetensi SDM dan biaya investasi teknologi. Temuan ini menegaskan bahwa AI dan otomasi tidak semata-mata menggantikan tenaga kerja, melainkan mendorong transformasi model bisnis, budaya organisasi, dan peningkatan keterampilan digital. Strategi bertahan yang efektif meliputi digitalisasi pemasaran, pelatihan SDM, kolaborasi ekosistem, serta adopsi teknologi secara bertahap.

dan terencana. Dengan demikian, keberhasilan bisnis di era Industri 4.0 sangat ditentukan oleh kesiapan adaptif dan transformasi manajerial yang berkelanjutan.

Kata Kunci: *Artificial Intelligence*, Otomasi, Revolusi Industri 4.0, UMKM, Transformasi Digital

PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 ditandai dengan integrasi teknologi digital seperti Artificial Intelligence (AI), Internet of Things (IoT), big data, cloud computing, dan robotika ke dalam sistem produksi dan model bisnis modern. Transformasi ini telah mengubah paradigma industri dari sistem konvensional berbasis tenaga kerja manual menuju sistem cerdas berbasis data dan otomatisasi. Menurut Wibowo (2025), transformasi digital dalam konteks Industri 4.0 tidak sekadar adopsi teknologi, melainkan perubahan menyeluruh pada proses manajerial, model bisnis, dan strategi organisasi. Integrasi sistem fisik dan siber (cyber-physical system) memungkinkan proses produksi berjalan lebih efisien, presisi, dan terhubung secara real-time melalui analitik data.

Dalam konteks Indonesia, pemerintah telah merespons dinamika global ini melalui peluncuran peta jalan “Making Indonesia 4.0” sebagai strategi nasional untuk meningkatkan daya saing industri domestik di era digital. Digitalisasi industri dipandang sebagai keniscayaan yang tidak dapat dihindari, karena perkembangan teknologi telah menciptakan perubahan fundamental terhadap struktur ekonomi dan ketenagakerjaan (Adha et al., 2020). Namun demikian, transformasi tersebut juga membawa konsekuensi berupa pergeseran jenis pekerjaan, tuntutan keterampilan baru, serta tantangan adaptasi bagi pelaku usaha, khususnya Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM).

Gelombang AI dan otomasi menghadirkan dualitas dampak bagi dunia bisnis. Di satu sisi, teknologi mampu meningkatkan produktivitas, menekan biaya operasional, mempercepat proses pengambilan keputusan, serta memperluas akses pasar melalui platform digital. Studi Saddiah (2025) menunjukkan bahwa otomasi dan digitalisasi berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi kerja dan produktivitas tenaga kerja, namun pada saat yang sama juga menuntut reskilling dan upskilling secara masif agar tenaga kerja tidak tergantikan oleh sistem otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa tantangan utama bukan pada keberadaan teknologi itu sendiri, melainkan pada kesiapan sumber daya manusia dalam mengelolanya.

Secara konseptual, Revolusi Industri 4.0 merupakan fase lanjutan dari evolusi industri sebelumnya yang menekankan konektivitas, transparansi informasi, serta desentralisasi pengambilan keputusan berbasis data (Sirait, 2022). Karakteristik ini menuntut perubahan budaya organisasi dari pola kerja yang hierarkis dan birokratis menuju budaya digital yang adaptif, kolaboratif, dan inovatif. Transformasi budaya organisasi menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi teknologi, karena tanpa perubahan mindset dan kepemimpinan yang visioner, investasi teknologi tidak akan memberikan dampak optimal terhadap kinerja bisnis (Aisha et al., 2025).

Bagi UMKM, yang merupakan tulang punggung perekonomian Indonesia, disrupsi digital menjadi tantangan yang kompleks. Keterbatasan modal, rendahnya literasi digital, serta minimnya akses terhadap pelatihan teknologi sering kali menjadi hambatan dalam proses transformasi. Banyak pelaku UMKM masih mengandalkan metode konvensional dalam produksi dan pemasaran, sementara pasar telah bergerak menuju sistem digital berbasis platform dan analitik data. Kondisi ini berpotensi memperlebar kesenjangan daya saing antara pelaku usaha yang adaptif dengan yang tidak siap menghadapi perubahan.

Oleh karena itu, diperlukan pemahaman yang komprehensif mengenai bagaimana bisnis, khususnya UMKM, dapat bertahan dan berkembang di tengah gelombang AI dan otomasi. Ketahanan bisnis di era Industri 4.0 tidak hanya ditentukan oleh kemampuan mengadopsi teknologi, tetapi juga oleh kesiapan strategi manajerial, transformasi budaya organisasi, penguatan kompetensi sumber daya manusia, serta kemampuan membangun kolaborasi dalam ekosistem digital. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak AI dan otomasi terhadap keberlanjutan bisnis serta merumuskan strategi adaptasi yang dapat diterapkan oleh pelaku usaha dalam menghadapi Revolusi Industri 4.0.

TINJAUAN PUSTAKA

Revolusi Industri 4.0 merupakan fase transformasi industri yang ditandai dengan integrasi teknologi digital, sistem siber-fisik (cyber-physical systems), Internet of Things (IoT), big data, dan kecerdasan buatan dalam proses produksi dan manajemen bisnis. Wibowo (2025) dalam bukunya *Manajemen Transformasi Digital Industri 4.0* menjelaskan bahwa transformasi digital bukan sekadar implementasi teknologi, tetapi mencakup perubahan strategi, model bisnis, struktur organisasi, hingga pengembangan kompetensi sumber daya manusia. Ia menekankan bahwa keberhasilan transformasi digital sangat bergantung pada kesiapan manajerial dan perencanaan roadmap teknologi yang sistematis. Konsep ini menjadi landasan penting dalam memahami bahwa adaptasi terhadap AI dan otomasi harus dilakukan secara terstruktur, bukan parsial.

Sejalan dengan itu, Wibowo (2023) dalam *Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0* menguraikan bahwa Industri 4.0 merupakan paradigma integratif yang menghubungkan ruang fisik dan ruang siber melalui konektivitas data dan sistem cerdas. Buku tersebut menegaskan bahwa otomatisasi dan digitalisasi mendorong terciptanya pabrik cerdas (smart factory), sistem produksi fleksibel, serta model pengambilan keputusan berbasis data real-time. Lebih lanjut, konsep Society 5.0 memperluas perspektif bahwa teknologi seharusnya berorientasi pada peningkatan kualitas hidup manusia, bukan sekadar efisiensi ekonomi. Perspektif ini relevan dalam menganalisis bagaimana AI dan otomasi dapat dimanfaatkan untuk keberlanjutan bisnis tanpa mengabaikan aspek sosial dan ketenagakerjaan.

Dampak otomasi terhadap tenaga kerja dibahas secara komprehensif oleh Saddiah (2025) dalam penelitiannya mengenai perubahan struktur pekerjaan akibat digitalisasi. Studi tersebut menemukan bahwa otomatisasi meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional, tetapi sekaligus menggeser kebutuhan keterampilan tenaga kerja menuju kompetensi digital dan analitis. Saddiah menekankan pentingnya program reskilling dan upskilling sebagai respons strategis terhadap potensi displacement tenaga kerja. Temuan ini memperkuat argumen bahwa gelombang AI tidak semata-mata menghilangkan pekerjaan, melainkan mentransformasi karakter pekerjaan itu sendiri.

Dalam konteks hukum dan hubungan kerja di Indonesia, Adha, Asyhadie, dan Kusuma (2020) menjelaskan bahwa digitalisasi industri membawa konsekuensi terhadap struktur ketenagakerjaan dan regulasi hubungan kerja. Mereka menyoroti perlunya kebijakan adaptif untuk mengantisipasi perubahan pola kerja berbasis platform dan sistem digital. Penelitian ini penting karena memberikan perspektif normatif bahwa transformasi teknologi harus diimbangi dengan perlindungan hukum serta kebijakan ketenagakerjaan yang responsif terhadap dinamika Industri 4.0.

Dari sisi industri teknologi komunikasi, Sirait (2022) mengidentifikasi empat dampak utama Revolusi Industri 4.0, yaitu cyber physical systems (CPS), telekomunikasi 4.0, sifat disruptif teknologi, dan konvergensi media. Ia menjelaskan bahwa konvergensi teknologi

mempercepat arus informasi dan memperluas model bisnis berbasis digital. Sifat disruptif teknologi menciptakan tekanan kompetitif bagi pelaku usaha untuk terus berinovasi agar tidak tertinggal. Perspektif ini relevan dalam memahami bahwa keberlanjutan bisnis di era AI sangat bergantung pada kemampuan adaptasi terhadap disrupsi teknologi.

Selain aspek teknologi, transformasi budaya organisasi menjadi faktor krusial dalam keberhasilan implementasi AI dan otomasi. Aisha, Mahilan, dan Saefullah (2025) menjelaskan bahwa budaya organisasi tradisional yang hierarkis dan birokratis cenderung menghambat inovasi digital. Penelitian mereka menunjukkan bahwa budaya digital yang fleksibel, kolaboratif, dan berbasis pembelajaran berkelanjutan mampu meningkatkan kinerja bisnis secara signifikan. Mereka juga menekankan pentingnya kepemimpinan transformasional dalam mendorong perubahan mindset organisasi. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan adopsi AI tidak hanya ditentukan oleh kesiapan teknologi, tetapi juga oleh kesiapan budaya internal perusahaan.

Secara teoretis, Hermann, Pentek, dan Otto (2016) mengemukakan empat prinsip utama Industri 4.0, yaitu interoperability, information transparency, technical assistance, dan decentralized decision-making. Prinsip-prinsip ini menegaskan bahwa sistem industri modern harus saling terhubung, mampu menyediakan transparansi data, mendukung pengambilan keputusan berbasis analitik, serta memungkinkan otonomi sistem produksi. Kerangka ini menjadi dasar konseptual dalam menganalisis bagaimana AI dan otomasi berkontribusi terhadap efisiensi dan ketahanan bisnis.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa gelombang AI dan otomasi membawa implikasi multidimensional terhadap bisnis, mulai dari perubahan model operasional, transformasi budaya organisasi, dampak ketenagakerjaan, hingga implikasi regulasi. Integrasi temuan dari berbagai studi tersebut mengindikasikan bahwa strategi bertahan di era Revolusi Industri 4.0 harus bersifat holistik, mencakup kesiapan teknologi, penguatan kompetensi SDM, transformasi budaya organisasi, serta dukungan kebijakan yang adaptif. Dengan demikian, kajian pustaka ini memberikan landasan teoritis yang komprehensif untuk menganalisis bagaimana bisnis, khususnya UMKM, dapat bertahan dan berkembang di tengah gelombang AI dan otomasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan tujuan untuk menganalisis dampak adopsi Artificial Intelligence (AI) dan otomasi terhadap keberlanjutan bisnis, khususnya pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). Desain penelitian yang digunakan adalah survei sederhana dengan instrumen kuesioner tertutup berbasis skala Likert lima poin. Subjek penelitian terdiri dari 40 pelaku UMKM sektor perdagangan dan jasa di wilayah Jawa Barat yang telah mengadopsi atau sedang dalam proses mengadopsi teknologi digital dalam operasional bisnisnya. Pemilihan responden dilakukan secara purposive sampling, dengan kriteria utama memiliki aktivitas pemasaran digital atau penggunaan sistem digital dalam manajemen usaha. Variabel yang diteliti meliputi tingkat adopsi teknologi digital, efisiensi operasional, peningkatan penjualan, serta hambatan implementasi teknologi.

Data dikumpulkan melalui penyebaran kuesioner secara daring dan dilengkapi dengan wawancara singkat untuk klarifikasi jawaban responden. Teknik analisis data yang digunakan adalah statistik deskriptif berupa perhitungan persentase dan tabulasi silang untuk menggambarkan kecenderungan jawaban responden terhadap masing-masing variabel penelitian. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan secara komparatif dengan teori dan temuan penelitian terdahulu mengenai transformasi digital dan Revolusi Industri 4.0.

Pendekatan ini dipilih untuk memberikan gambaran empiris sederhana mengenai kondisi aktual UMKM dalam menghadapi gelombang AI dan otomasi, sekaligus mengidentifikasi strategi adaptasi yang relevan dalam konteks bisnis digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil survei terhadap 40 pelaku UMKM di wilayah Jawa Barat, diperoleh gambaran bahwa tingkat adopsi teknologi digital berada pada kategori sedang hingga tinggi. Sebanyak 72% responden menyatakan bahwa penggunaan sistem digital, seperti aplikasi pencatatan keuangan, marketplace, dan media sosial berbasis analitik, mampu meningkatkan efisiensi operasional usaha mereka. Efisiensi tersebut terlihat dari percepatan proses transaksi, pengurangan kesalahan pencatatan manual, serta penghematan biaya promosi dibandingkan metode konvensional. Selain itu, 65% responden melaporkan adanya peningkatan jangkauan pasar setelah memanfaatkan platform digital dan fitur periklanan berbasis algoritma. Hal ini menunjukkan bahwa AI dalam bentuk rekomendasi otomatis dan segmentasi pasar digital berperan signifikan dalam memperluas akses konsumen.

Namun demikian, hasil penelitian juga menunjukkan adanya tantangan struktural. Sebanyak 58% responden menyatakan bahwa keterbatasan kompetensi sumber daya manusia menjadi hambatan utama dalam mengoptimalkan teknologi yang telah diadopsi. Banyak pelaku UMKM menggunakan platform digital secara dasar tanpa memanfaatkan fitur analitik lanjutan. Selain itu, 47% responden menyatakan bahwa biaya investasi awal, seperti pembelian perangkat lunak berlisensi atau perangkat pendukung, masih menjadi pertimbangan utama dalam keputusan digitalisasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa transformasi digital belum sepenuhnya diiringi dengan kesiapan literasi teknologi dan strategi implementasi yang matang.

Dari sisi ketenagakerjaan, mayoritas responden (sekitar 60%) menyatakan bahwa penerapan teknologi tidak mengurangi jumlah tenaga kerja secara langsung, melainkan mengalihkan jenis pekerjaan dari aktivitas manual ke aktivitas berbasis pengawasan sistem dan pengelolaan konten digital. Hal ini sejalan dengan teori transformasi pekerjaan dalam era otomasi yang menyebutkan bahwa teknologi cenderung menggantikan pekerjaan rutin namun menciptakan peluang baru berbasis kompetensi digital dan analitis. Dengan demikian, AI dan otomasi dalam konteks UMKM lebih bersifat *augmentative* (mendukung) daripada *substitutive* (menggantikan), khususnya pada usaha skala kecil yang masih memerlukan interaksi manusia dalam pelayanan pelanggan.

Pembahasan lebih lanjut menunjukkan bahwa keberhasilan UMKM dalam bertahan di tengah gelombang AI sangat dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu kesiapan manajerial, budaya organisasi yang adaptif, dan strategi implementasi bertahap. UMKM yang menunjukkan peningkatan kinerja signifikan umumnya memiliki pola kepemimpinan yang terbuka terhadap inovasi serta aktif mengikuti pelatihan digital. Mereka juga menerapkan digitalisasi secara bertahap, dimulai dari pemasaran digital, kemudian pencatatan keuangan digital, hingga integrasi sistem inventori. Strategi bertahap ini terbukti lebih efektif dibandingkan adopsi teknologi secara simultan tanpa perencanaan.

Selain itu, hasil penelitian memperlihatkan bahwa integrasi teknologi digital meningkatkan daya saing melalui diferensiasi layanan. UMKM yang memanfaatkan data pelanggan untuk personalisasi promosi mengalami peningkatan *repeat order* yang lebih tinggi dibandingkan yang hanya menggunakan media sosial secara pasif. Ini menunjukkan bahwa penggunaan AI berbasis data pelanggan memberikan nilai tambah kompetitif yang signifikan. Dengan demikian, AI bukan hanya alat efisiensi, tetapi juga instrumen strategis dalam membangun hubungan pelanggan dan loyalitas pasar.

Dari perspektif teoretis, temuan ini memperkuat konsep bahwa Revolusi Industri 4.0 tidak hanya berorientasi pada otomatisasi produksi, tetapi juga transformasi model bisnis dan pengambilan keputusan berbasis data. Prinsip interoperability dan transparency dalam Industri 4.0 tercermin pada penggunaan sistem digital yang saling terhubung dan menyediakan informasi real-time untuk pengambilan keputusan. Namun, dalam praktik UMKM, penerapan prinsip tersebut masih dalam tahap awal dan membutuhkan dukungan pelatihan serta kebijakan pendampingan.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pendekatan empiris sederhana yang secara spesifik memotret adaptasi UMKM terhadap AI dan otomasi dalam konteks operasional nyata, bukan hanya pada tataran konseptual atau makro-industri. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada dampak digitalisasi terhadap industri besar atau aspek ketenagakerjaan secara umum, sedangkan penelitian ini menekankan pada dinamika adaptasi manajerial dan strategi bertahan UMKM secara mikro. Selain itu, penelitian ini memperkenalkan perspektif bahwa dalam konteks UMKM Indonesia, AI dan otomasi lebih berperan sebagai alat augmentasi kapasitas bisnis daripada sebagai ancaman penggantian tenaga kerja. Temuan ini memberikan kontribusi konseptual dengan menempatkan AI sebagai katalis transformasi manajerial dan budaya organisasi, bukan semata sebagai instrumen teknologi. Dengan demikian, penelitian ini memperkaya literatur mengenai transformasi digital pada skala usaha kecil dan memberikan dasar empiris bagi perumusan strategi pendampingan UMKM berbasis teknologi.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa gelombang Artificial Intelligence (AI) dan otomasi dalam era Revolusi Industri 4.0 memberikan dampak signifikan terhadap keberlanjutan bisnis, khususnya pada sektor UMKM. Adopsi teknologi digital terbukti meningkatkan efisiensi operasional, memperluas jangkauan pasar, serta mendorong pengambilan keputusan berbasis data. Namun demikian, tantangan utama yang dihadapi pelaku usaha terletak pada keterbatasan kompetensi sumber daya manusia, kesiapan budaya organisasi, serta biaya investasi awal teknologi. Temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, tetapi juga oleh kesiapan manajerial dan strategi implementasi yang terencana.

Selain itu, penelitian ini menegaskan bahwa dalam konteks UMKM, AI dan otomasi lebih berfungsi sebagai alat augmentasi kapasitas bisnis dibandingkan sebagai pengganti tenaga kerja secara langsung. Transformasi yang terjadi cenderung menggeser pola kerja dari aktivitas manual menuju aktivitas berbasis pengelolaan sistem digital dan analitik data. Oleh karena itu, strategi bertahan yang efektif di tengah Revolusi Industri 4.0 mencakup penguatan kompetensi digital, transformasi budaya organisasi, serta penerapan teknologi secara bertahap dan adaptif. Dengan pendekatan tersebut, bisnis tidak hanya mampu bertahan, tetapi juga berpotensi berkembang secara berkelanjutan dalam ekosistem ekonomi digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, L. H., Asyhadie, Z., & Kusuma, R. (2020). Digitalisasi industri dan pengaruhnya terhadap ketenagakerjaan dan hubungan kerja di Indonesia. *Jurnal Kompilasi Hukum*, 5(2), 268–298. <https://doi.org/10.29303/jkh.v5i2.49>

- Aisha, N., Mahilan, A., & Saefullah, A. (2025). Transformasi budaya organisasi dan dampaknya terhadap kinerja bisnis: Strategi adaptasi di era ekonomi digital. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 4(3), 6196–6204.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2021). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(1), 333–372.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for Industrie 4.0 scenarios: A literature review. *Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, 3928–3937.
- Kraus, S., Schiavone, F., Pluzhnikova, A., & Invernizzi, A. C. (2021). Digital transformation in SMEs: A systematic literature review and research agenda. *Journal of Business Research*, 123, 557–567.
- Saddiah, K. (2025). Dampak otomasi terhadap pekerja di dunia kerja modern. *Jurnal Pesona Indonesia*, 2(4), 116–120.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Crown Business.
- Sirait, F. E. T. (2022). Dampak revolusi industri 4.0 pada industri teknologi komunikasi di Indonesia: Peluang dan tantangan. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains dan Humaniora*, 6(1), 132–139. <https://doi.org/10.23887/jppsh.v6i1.28153>
- Verhoef, P. C., Broekhuizen, T., Bart, Y., Bhattacharya, A., Dong, J., Fabian, N., & Haenlein, M. (2021). Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. *Journal of Business Research*, 122, 889–901.
- Wibowo, A. (2023). *Revolusi industri 4.0 dan Society 5.0*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Wibowo, A. (2025). *Manajemen transformasi digital industri 4.0*. Yayasan Prima Agus Teknik.
- Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., & Perona, M. (2022). The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 60(2), 671–698.