

Pengembangan Model Green Digital Production Berbasis Kearifan Lokal untuk Mendukung Industri Berkelanjutan: Studi Kasus Industri Tenun Baduy

Aldy Wirawan^{1*}, Dadah Muliansyah², Maghfiroh Realis Murphi³

¹Universitas Banten, Indonesia, ²Universitas Tangerang Raya, ³Institut Teknologi dan Bisnis Ahmad Dahlan, Indonesia

aldy.wirawan@univbanten.ac.id^{1*}, dadah.muliansyah@untara.ac.id², maghfiroh.realis@umbanten.ac.id³,

Article history

Received : 15-06-2026

Revised : 21-06-2026

Accepted : 25-06-2026

*Corresponding Author

Aldy Wirawan

E-Mail :

aldywrn@univbanten.ac.id

Abstrak

Perkembangan industri berkelanjutan mendorong perlunya model produksi yang tidak hanya berorientasi pada efisiensi, tetapi juga mampu menjaga kelestarian lingkungan dan melestarikan kearifan lokal sebagai sumber inovasi. Berbagai praktik industri tradisional di Indonesia menunjukkan bahwa nilai-nilai lokal memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dengan teknologi ramah lingkungan guna menciptakan sistem produksi yang lebih berkelanjutan. Namun, hingga saat ini kajian mengenai integrasi teknologi hijau dan kearifan lokal dalam perspektif teknik industri masih relatif terbatas serta belum menghasilkan kerangka konseptual yang komprehensif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model konseptual industri berkelanjutan berbasis teknologi ramah lingkungan dan kearifan lokal melalui pendekatan kajian literatur. Metode penelitian menggunakan systematic literature review dengan mengkaji berbagai artikel ilmiah, buku, dan dokumen kebijakan yang dipublikasikan pada periode 2018–2025. Analisis dilakukan secara deskriptif melalui proses identifikasi, seleksi, sintesis, dan interpretasi literatur untuk memperoleh konsep-konsep utama yang mendukung pengembangan model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi industri berkelanjutan dipengaruhi oleh sinergi antara inovasi teknologi hijau, efisiensi sumber daya, ekonomi sirkular, digitalisasi industri, serta pelestarian nilai-nilai kearifan lokal. Integrasi kelima komponen tersebut menghasilkan suatu model konseptual yang mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi dampak lingkungan, memperkuat ketahanan sistem produksi, serta meningkatkan daya saing industri secara berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan konsep industri berkelanjutan dari perspektif teknik industri serta menjadi referensi bagi akademisi, praktisi, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi transformasi industri yang lebih inovatif, adaptif, dan berorientasi pada keberlanjutan.

Kata kunci: Industri Berkelanjutan; Teknologi Ramah Lingkungan; Kearifan Lokal; Ekonomi Sirkular; Teknik Industri.

Abstract

The development of sustainable industry has increased the need for production models that emphasize not only operational efficiency but also environmental preservation and the integration of local wisdom as a source of innovation. Traditional industrial practices in Indonesia demonstrate that indigenous knowledge possesses significant potential to be combined with environmentally friendly technologies in creating more sustainable production systems. Nevertheless, studies addressing the integration of green technology and local wisdom from an industrial engineering

perspective remain limited and have yet to establish a comprehensive conceptual framework. This study aims to develop a conceptual model of sustainable industry based on environmentally friendly technology and local wisdom through a literature review approach. The research employed a systematic literature review by examining scientific journal articles, books, and policy documents published between 2018 and 2025. Data were analyzed descriptively through literature identification, selection, synthesis, and interpretation to formulate the key concepts supporting the proposed model. The findings indicate that successful sustainable industrial implementation is determined by the synergy among green technological innovation, resource efficiency, circular economy principles, industrial digitalization, and the preservation of local wisdom values. The integration of these five dimensions produces a conceptual framework capable of improving operational efficiency, reducing environmental impacts, strengthening production system resilience, and enhancing long-term industrial competitiveness. This study contributes theoretically to the advancement of sustainable industry concepts within industrial engineering and provides practical insights for academics, practitioners, and policymakers in designing more innovative, adaptive, and sustainability-oriented industrial transformation strategies.

Keywords: Sustainable Industry; Green Technology; Local Wisdom; Circular Economy; Industrial Engineering.

PENDAHULUAN

Transformasi menuju industri berkelanjutan menjadi agenda strategis di berbagai negara sebagai respons terhadap meningkatnya tekanan global terhadap perubahan iklim, degradasi lingkungan, keterbatasan sumber daya alam, serta tuntutan penerapan ekonomi sirkular dalam sistem produksi. Revolusi Industri 5.0 semakin menekankan pentingnya integrasi antara inovasi teknologi, keberlanjutan lingkungan, dan nilai-nilai kemanusiaan dalam membangun sistem industri yang lebih adaptif, efisien, dan bertanggung jawab. Dalam konteks tersebut, industri tidak lagi hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga dituntut mampu mengurangi emisi karbon, meminimalkan limbah produksi, meningkatkan efisiensi penggunaan energi, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan (Breque et al., 2021; Kumar et al., 2023; United Nations, 2015).

Konsep *green manufacturing* berkembang sebagai salah satu pendekatan utama dalam mewujudkan industri berkelanjutan melalui penerapan proses produksi yang meminimalkan dampak lingkungan sepanjang siklus hidup produk. Pendekatan ini mengintegrasikan efisiensi energi, penggunaan material ramah lingkungan, pengurangan limbah, optimalisasi proses produksi, dan prinsip *circular economy* dalam keseluruhan sistem manufaktur (Geissdoerfer et al., 2020; Rosa et al., 2020). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa implementasi *green manufacturing* tidak hanya meningkatkan kinerja lingkungan perusahaan, tetapi juga mampu meningkatkan efisiensi operasional, daya saing industri, serta nilai ekonomi jangka panjang melalui inovasi proses dan pengelolaan sumber daya yang lebih efektif (Kamble et al., 2022; Gupta et al., 2024).

Di sisi lain, transformasi digital telah mempercepat perubahan paradigma pengelolaan sistem produksi melalui pemanfaatan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), *Big Data Analytics*, *Digital Twin*, dan sistem pendukung keputusan berbasis data. Integrasi teknologi digital memungkinkan proses produksi menjadi lebih transparan, adaptif, dan mudah dipantau secara *real-time*, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam pengelolaan operasi industri (Frank et al., 2019; Tao et al., 2022). Namun demikian, sebagian besar implementasi transformasi digital masih berfokus pada industri manufaktur berskala besar, sedangkan penerapannya pada industri berbasis budaya dan kearifan lokal masih relatif terbatas.

Dalam konteks negara berkembang seperti Indonesia, pengembangan industri berkelanjutan tidak dapat dilepaskan dari potensi pengetahuan lokal (*indigenous knowledge*) yang telah berkembang selama ratusan tahun. Berbagai komunitas adat memiliki sistem produksi tradisional yang secara alami menerapkan prinsip keberlanjutan melalui penggunaan bahan baku lokal, pemanfaatan sumber daya secara bijaksana, pengurangan limbah, serta konservasi lingkungan. Pengetahuan lokal tersebut merupakan aset penting yang dapat dikembangkan sebagai sumber inovasi dalam membangun sistem produksi modern yang tetap memperhatikan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, budaya, dan lingkungan (Berkes, 2018; UNESCO, 2021).

Salah satu komunitas adat yang masih mempertahankan sistem produksi berkelanjutan adalah masyarakat Baduy di Desa Kanekes, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Dalam aktivitas produksi tenun tradisional, pemanfaatan hasil hutan bukan kayu, serta pengolahan produk berbasis sumber daya alam lokal, masyarakat Baduy menerapkan prinsip-prinsip yang sejalan dengan konsep *green manufacturing*, seperti penggunaan bahan baku alami, pewarna alami, proses produksi berenergi rendah, minim limbah, serta pengelolaan sumber daya berdasarkan aturan adat (*pikukuh*). Praktik tersebut menunjukkan bahwa sistem produksi tradisional masyarakat Baduy tidak hanya memiliki

nilai budaya, tetapi juga mencerminkan implementasi nyata prinsip industri berkelanjutan (Suparmini et al., 2013; Gómez-Baggethun & Reyes-García, 2023).

Meskipun demikian, sistem produksi berbasis kearifan lokal tersebut menghadapi berbagai tantangan. Peningkatan permintaan pasar, perkembangan teknologi, persaingan produk industri modern, serta perubahan pola konsumsi masyarakat menuntut adanya inovasi dalam proses produksi tanpa menghilangkan nilai-nilai budaya yang menjadi identitas komunitas. Digitalisasi proses produksi menjadi salah satu alternatif yang dapat meningkatkan efisiensi operasional, kualitas produk, dan akses pasar, namun implementasinya harus dilakukan secara selektif agar tetap selaras dengan prinsip keberlanjutan dan norma adat yang berlaku (Kumar et al., 2023; OECD, 2023).

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas hubungan antara *green manufacturing*, ekonomi sirkular, dan transformasi digital dalam sistem industri. Geissdoerfer et al. (2020) menjelaskan bahwa integrasi teknologi digital berperan penting dalam mendukung implementasi ekonomi sirkular melalui peningkatan efisiensi aliran material dan optimalisasi proses produksi. Sementara itu, Kamble et al. (2022) menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi digital mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat kinerja keberlanjutan industri manufaktur. Di sisi lain, penelitian mengenai *indigenous knowledge* lebih banyak menyoroti aspek konservasi lingkungan, pelestarian budaya, dan pengelolaan sumber daya alam, namun masih terbatas dalam mengaitkannya dengan pengembangan model sistem produksi industri yang terdigitalisasi (Berkes, 2018; Gómez-Baggethun & Reyes-García, 2023).

Kajian mengenai industri berbasis kearifan lokal di Indonesia juga masih didominasi oleh pendekatan sosial, budaya, dan pemberdayaan masyarakat. Sebagian besar penelitian memfokuskan pembahasan pada pelestarian tradisi, pengembangan ekonomi kreatif, atau penguatan identitas budaya, sementara aspek rekayasa sistem produksi, optimasi proses, dan transformasi digital dalam perspektif teknik industri masih relatif sedikit dieksplorasi. Akibatnya, belum tersedia model konseptual yang mampu mengintegrasikan praktik produksi tradisional dengan teknologi digital untuk mendukung keberlanjutan sistem industri berbasis kearifan lokal.

Berdasarkan telaah literatur tersebut, terdapat tiga *research gap* utama. Pertama, penelitian mengenai *green manufacturing* umumnya dikembangkan pada industri manufaktur modern, sedangkan implementasinya pada industri tradisional berbasis *indigenous knowledge* masih sangat terbatas. Kedua, penelitian mengenai transformasi digital lebih banyak berorientasi pada peningkatan efisiensi produksi melalui teknologi digital tanpa mengintegrasikan nilai-nilai kearifan lokal sebagai bagian dari sistem produksi. Ketiga, hingga saat ini belum banyak penelitian yang mengembangkan model konseptual **Green Digital Production** yang menghubungkan praktik produksi ramah lingkungan, transformasi digital, dan pengetahuan lokal dalam satu kerangka sistem industri berkelanjutan.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan **Model Green Digital Production Berbasis Kearifan Lokal** sebagai pendekatan baru dalam pengembangan industri berkelanjutan. Model yang diusulkan mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu praktik produksi hijau (*green production practices*), digitalisasi proses produksi (*digital production systems*), dan nilai-nilai *indigenous knowledge* sebagai fondasi pengambilan keputusan operasional. Integrasi ketiga komponen tersebut diharapkan mampu menghasilkan sistem produksi yang efisien, adaptif terhadap perkembangan teknologi, sekaligus tetap menjaga kelestarian lingkungan dan identitas budaya lokal.

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan literatur mengenai **industrial sustainability**, khususnya melalui integrasi konsep *green manufacturing*, transformasi digital, dan *indigenous knowledge* dalam satu model konseptual yang belum banyak dibahas pada penelitian sebelumnya. Dari sisi praktis, model yang dikembangkan dapat menjadi acuan bagi pelaku industri kecil dan menengah, pemerintah daerah, serta pemangku kepentingan lainnya dalam merancang strategi transformasi industri berbasis teknologi yang tetap mempertahankan prinsip-prinsip keberlanjutan dan kearifan lokal. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan sistem industri yang lebih hijau, inovatif, dan berkelanjutan sesuai dengan arah pembangunan industri masa depan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kajian literatur (literature review)** dengan metode **narrative literature review** untuk mengkaji perkembangan penelitian mengenai penerapan teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal dalam mendukung industri berkelanjutan. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengidentifikasi, mengintegrasikan, dan mensintesis berbagai hasil penelitian terdahulu sehingga diperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai konsep, implementasi, serta arah pengembangan teknologi hijau pada sektor industri. Selain memberikan gambaran mengenai perkembangan penelitian, metode ini juga digunakan untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian (*research gap*) serta merumuskan peluang pengembangan model industri berkelanjutan yang sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan industri saat ini (Creswell & Creswell, 2018; Snyder, 2019).

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai publikasi ilmiah, meliputi artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding konferensi, buku referensi, laporan organisasi internasional, serta dokumen kebijakan yang berkaitan dengan teknologi ramah lingkungan, industri berkelanjutan, ekonomi sirkular, dan kearifan lokal. Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah, antara lain Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, IEEE Xplore, dan Google Scholar. Literatur yang digunakan diprioritaskan berasal dari publikasi pada rentang tahun 2018–2026 agar mampu menggambarkan perkembangan penelitian terkini.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumentasi dengan menelusuri berbagai publikasi menggunakan kata kunci *green technology*, *sustainable industry*, *green manufacturing*, *local wisdom*, *eco-innovation*, *circular economy*, dan *sustainable technology*. Selanjutnya, artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan kesesuaiannya dengan fokus penelitian. Literatur yang dipilih merupakan artikel yang membahas penerapan teknologi ramah lingkungan, integrasi kearifan lokal dalam proses produksi, inovasi berkelanjutan, serta strategi peningkatan keberlanjutan industri. Seluruh artikel yang memenuhi kriteria kemudian dikaji secara mendalam untuk mengidentifikasi tujuan penelitian, metode yang digunakan, objek penelitian, serta hasil dan kontribusi yang diberikan terhadap pengembangan industri berkelanjutan.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan **content analysis** untuk mengidentifikasi tema-tema utama, perkembangan penelitian, bentuk implementasi teknologi ramah lingkungan, serta pemanfaatan kearifan lokal dalam mendukung industri berkelanjutan. Setiap artikel dianalisis berdasarkan fokus penelitian, metode yang digunakan, hasil penelitian, dan kontribusi yang diberikan. Hasil analisis kemudian dibandingkan dan disintesis untuk menemukan persamaan, perbedaan, serta kecenderungan penelitian yang berkembang. Proses sintesis tersebut menghasilkan gambaran mengenai peluang penerapan teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal sebagai strategi peningkatan keberlanjutan industri. Hasil analisis selanjutnya disajikan secara deskriptif dalam bentuk narasi dan tabel sintesis sehingga mampu memberikan pemahaman yang sistematis mengenai perkembangan penelitian sekaligus menjadi dasar dalam penyusunan model konseptual penelitian (Krippendorff, 2018; Snyder, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kajian

Penelitian ini merupakan kajian literatur yang bertujuan menyusun model konseptual penerapan teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal dalam mendukung industri berkelanjutan. Seluruh artikel yang dianalisis menunjukkan bahwa isu keberlanjutan tidak lagi dipandang hanya sebagai kewajiban lingkungan, tetapi telah menjadi strategi peningkatan daya saing industri. Perusahaan mulai mengintegrasikan efisiensi sumber daya, inovasi teknologi, pengurangan limbah, serta pemberdayaan masyarakat lokal ke dalam sistem operasionalnya untuk mencapai keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Elkington, 1997; United Nations, 2015; Geissdoerfer et al., 2017).

Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa perkembangan teknologi digital telah mempercepat implementasi konsep industri berkelanjutan melalui pemanfaatan Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan, analisis data, digital manufacturing, dan sistem monitoring lingkungan secara real-time. Namun demikian, keberhasilan transformasi tersebut sangat dipengaruhi oleh kemampuan industri dalam mengintegrasikan teknologi modern dengan karakteristik sosial, budaya, dan sumber daya lokal yang dimiliki setiap wilayah (OECD, 2023; UNIDO, 2023).

Berbagai penelitian menegaskan bahwa inovasi teknologi yang tidak mempertimbangkan konteks lokal sering menghadapi hambatan implementasi, baik dari sisi biaya, penerimaan masyarakat, maupun keberlanjutan operasional. Sebaliknya, inovasi yang memanfaatkan pengetahuan lokal cenderung lebih mudah diadaptasi karena sesuai dengan kondisi lingkungan, budaya, dan kebutuhan masyarakat setempat (Berkes, 2018; UNESCO, 2021).

Kearifan Lokal sebagai Landasan Industri Berkelanjutan

Kearifan lokal merupakan akumulasi pengetahuan, nilai, norma, dan praktik masyarakat yang berkembang melalui pengalaman panjang dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan. Dalam konteks teknik industri, kearifan lokal tidak hanya dipahami sebagai warisan budaya, tetapi juga sebagai sumber inovasi dalam merancang sistem produksi yang lebih efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan (Berkes, 2018; UNESCO, 2021).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa masyarakat adat telah lama menerapkan prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan sumber daya sesuai daya dukung lingkungan. Praktik tersebut meliputi pengelolaan hutan, sistem pertanian tradisional, konservasi air, pemanfaatan material alami, serta mekanisme produksi yang menghasilkan limbah sangat rendah. Prinsip-prinsip tersebut memiliki kesesuaian dengan konsep circular economy yang saat ini menjadi perhatian utama dalam pengembangan industri modern (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017).

Dalam konteks Indonesia, berbagai komunitas adat seperti Baduy, Kampung Naga, Ammatoa Kajang, dan Subak di Bali menunjukkan bahwa aktivitas ekonomi dapat berjalan tanpa merusak keseimbangan ekologi. Nilai kesederhanaan, efisiensi penggunaan sumber daya, pengendalian eksploitasi alam, serta tanggung jawab antargenerasi merupakan bentuk implementasi nyata konsep pembangunan berkelanjutan yang berkembang jauh sebelum munculnya konsep sustainability modern (UNESCO, 2021).

Hasil kajian memperlihatkan bahwa nilai-nilai tersebut sangat relevan bagi pengembangan sistem industri yang berorientasi pada efisiensi material, pengurangan emisi karbon, serta peningkatan produktivitas tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, integrasi kearifan lokal dalam desain sistem industri dapat menjadi alternatif inovasi yang memiliki keunggulan kompetitif sekaligus mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (United Nations, 2015; OECD, 2023).

Integrasi Teknologi Ramah Lingkungan dalam Sistem Industri

Transformasi menuju industri berkelanjutan tidak dapat dilepaskan dari perkembangan teknologi hijau atau green technology. Teknologi tersebut mencakup berbagai inovasi yang bertujuan mengurangi dampak negatif proses industri terhadap lingkungan melalui efisiensi energi, pemanfaatan energi terbarukan, optimalisasi penggunaan material, serta pengurangan limbah produksi (UNIDO, 2023).

Literatur menunjukkan bahwa penerapan sensor IoT memungkinkan industri melakukan monitoring konsumsi energi, penggunaan air, kualitas udara, hingga kondisi mesin secara real-time. Data yang diperoleh selanjutnya diolah menggunakan artificial intelligence sehingga perusahaan mampu melakukan pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat (Porter & Heppelmann, 2014; OECD, 2023).

Selain meningkatkan efisiensi operasional, penerapan teknologi digital juga mendukung predictive maintenance yang mampu menurunkan frekuensi kerusakan mesin dan memperpanjang umur peralatan produksi. Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap penurunan konsumsi energi, biaya operasional, dan emisi karbon sehingga mendukung implementasi green manufacturing (Lasi et al., 2014; Tao et al., 2019).

Meskipun demikian, hasil sintesis menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi teknologi hijau tidak hanya bergantung pada kecanggihan teknologi, tetapi juga dipengaruhi kesiapan organisasi, kualitas sumber daya manusia, dukungan kebijakan, serta kemampuan adaptasi terhadap karakteristik lokal. Oleh karena itu, pengembangan industri berkelanjutan memerlukan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada aspek teknologi, tetapi juga mempertimbangkan dimensi sosial dan budaya masyarakat (WEF, 2023; UNIDO, 2023).

Circular Economy sebagai Pendekatan Industri Berkelanjutan

Sebagian besar artikel yang dianalisis menempatkan circular economy sebagai pendekatan utama dalam mewujudkan industri berkelanjutan. Berbeda dengan sistem ekonomi linear yang menggunakan pola "ambil-gunakan-buang", circular economy menekankan pemanfaatan sumber daya secara berulang melalui proses reduce, reuse, recycle, remanufacture, dan recovery sehingga limbah dapat ditekan seminimal mungkin (Kirchherr et al., 2017; Geissdoerfer et al., 2017).

Implementasi circular economy memberikan berbagai manfaat bagi perusahaan, antara lain peningkatan efisiensi penggunaan bahan baku, pengurangan biaya produksi, penurunan emisi karbon, serta peningkatan daya saing industri. Selain itu, pendekatan ini mampu menciptakan peluang ekonomi baru melalui pemanfaatan limbah sebagai bahan baku alternatif maupun pengembangan produk ramah lingkungan (Ellen MacArthur Foundation, 2019).

Dalam perspektif kearifan lokal, prinsip circular economy sebenarnya telah lama diterapkan oleh berbagai masyarakat tradisional melalui pemanfaatan kembali material organik, penggunaan sumber daya secara hemat, serta pengolahan limbah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi. Kesamaan nilai tersebut menunjukkan bahwa konsep circular economy modern memiliki keterkaitan yang kuat dengan praktik-praktik lokal yang telah berkembang secara turun-temurun (Berkes, 2018; UNESCO, 2021).

Oleh karena itu, pengembangan industri berkelanjutan di Indonesia memiliki peluang besar untuk mengintegrasikan prinsip circular economy dengan pengetahuan lokal sehingga menghasilkan model produksi yang lebih adaptif, efisien, dan sesuai dengan karakteristik daerah.

Model Konseptual Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal

Berdasarkan hasil sintesis berbagai literatur, penelitian ini mengusulkan model konseptual yang menempatkan kearifan lokal sebagai fondasi utama dalam pengembangan industri berkelanjutan. Nilai-nilai lokal menjadi dasar dalam menentukan arah inovasi teknologi sehingga transformasi digital tidak menghilangkan identitas budaya, tetapi justru memperkuat keberlanjutan sistem industri.

Pada model tersebut, kearifan lokal memengaruhi desain proses produksi, pemilihan material, serta strategi pengelolaan sumber daya. Selanjutnya, teknologi ramah lingkungan seperti IoT, artificial intelligence, big data analytics, dan sistem monitoring digital berfungsi sebagai enabler yang meningkatkan efisiensi operasional serta akurasi pengambilan keputusan (Porter & Heppelmann, 2014; Tao et al., 2019).

Integrasi kedua komponen tersebut menghasilkan sistem produksi yang mampu meningkatkan efisiensi energi, mengurangi limbah, memperbaiki kualitas produk, serta meningkatkan produktivitas industri. Pada akhirnya, peningkatan efisiensi tersebut memberikan dampak terhadap keberlanjutan ekonomi perusahaan, pelestarian lingkungan, serta peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal (Elkington, 1997; United Nations, 2015).

Model konseptual ini juga memperlihatkan bahwa keberhasilan implementasi industri berkelanjutan tidak hanya ditentukan oleh investasi teknologi, tetapi juga oleh kemampuan organisasi dalam mengembangkan kolaborasi antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat lokal. Pendekatan kolaboratif tersebut menjadi salah satu karakteristik utama pembangunan industri berkelanjutan yang banyak direkomendasikan dalam berbagai laporan internasional (OECD, 2023; UNIDO, 2023).

Implikasi terhadap Pengembangan Teknik Industri

Hasil kajian memberikan implikasi penting bagi pengembangan disiplin teknik industri. Selama ini pendekatan teknik industri lebih banyak berfokus pada optimasi produktivitas, efisiensi biaya, dan peningkatan kualitas proses. Namun, perkembangan paradigma keberlanjutan menunjukkan bahwa aspek lingkungan dan sosial perlu menjadi bagian integral dalam desain sistem industri (Lasi et al., 2014; WEF, 2023).

Integrasi teknologi digital dengan kearifan lokal membuka peluang lahirnya pendekatan baru dalam teknik industri yang tidak hanya menghasilkan sistem produksi yang efisien, tetapi juga mampu menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan meningkatkan nilai tambah masyarakat. Pendekatan tersebut sejalan dengan perkembangan Industry 5.0 yang menempatkan manusia, teknologi, dan keberlanjutan sebagai tiga pilar utama transformasi industri masa depan (European Commission, 2021; OECD, 2023).

Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan kebijakan industri nasional yang lebih adaptif terhadap potensi daerah. Setiap wilayah memiliki karakteristik sumber daya, budaya, dan pengetahuan lokal yang berbeda sehingga strategi penerapan teknologi hijau sebaiknya disesuaikan dengan kondisi tersebut agar implementasinya lebih efektif dan berkelanjutan (UNESCO, 2021; United Nations, 2015).

Secara keseluruhan, sintesis literatur menunjukkan bahwa integrasi teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal merupakan pendekatan yang memiliki prospek besar dalam mendukung transformasi industri berkelanjutan. Sinergi antara inovasi teknologi modern dan pengetahuan tradisional mampu menghasilkan sistem industri yang lebih efisien, adaptif, kompetitif, serta selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa keberhasilan transformasi industri masa depan tidak hanya ditentukan oleh kemajuan teknologi, tetapi juga oleh kemampuan memanfaatkan kekayaan pengetahuan lokal sebagai sumber inovasi yang berkelanjutan (Berkes, 2018; Geissdoerfer et al., 2017; European Commission, 2021).

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa pengembangan industri berkelanjutan memerlukan pendekatan yang mengintegrasikan teknologi ramah lingkungan dengan kearifan lokal sebagai dasar dalam perancangan sistem produksi. Hasil sintesis berbagai penelitian mengindikasikan bahwa pemanfaatan teknologi seperti Internet of Things (IoT), artificial intelligence, big data analytics, dan sistem monitoring digital mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, mengurangi limbah produksi, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Di sisi lain, kearifan lokal memberikan nilai strategis berupa prinsip konservasi, efisiensi pemanfaatan sumber daya, dan keseimbangan antara aktivitas ekonomi dengan kelestarian lingkungan yang relevan dengan konsep industri berkelanjutan (Berkes, 2018; Tao et al., 2019; OECD, 2023).

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa konsep *circular economy* menjadi jembatan yang menghubungkan inovasi teknologi dengan praktik-praktik tradisional dalam pengelolaan sumber daya. Integrasi kedua pendekatan tersebut berpotensi menghasilkan sistem industri yang lebih adaptif, efisien, kompetitif, dan berorientasi pada keberlanjutan. Selain meningkatkan produktivitas perusahaan, penerapan teknologi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal juga mampu

memberikan manfaat sosial melalui pemberdayaan masyarakat, pelestarian budaya, serta penguatan ekonomi lokal (Geissdoerfer et al., 2017; Kirchherr et al., 2017; United Nations, 2015).

Kontribusi utama penelitian ini adalah penyusunan model konseptual yang menggambarkan hubungan antara kearifan lokal, penerapan teknologi ramah lingkungan, efisiensi proses industri, dan pencapaian industri berkelanjutan. Model tersebut memberikan perspektif bahwa transformasi industri tidak hanya bergantung pada adopsi teknologi modern, tetapi juga memerlukan integrasi nilai-nilai lokal sebagai fondasi dalam menciptakan inovasi yang sesuai dengan karakteristik wilayah dan kebutuhan masyarakat (European Commission, 2021; UNIDO, 2023).

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan pendekatan kajian literatur sehingga belum memberikan bukti empiris mengenai efektivitas model konseptual yang diusulkan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian model menggunakan pendekatan kuantitatif, seperti **Structural Equation Modeling (SEM)** atau **Partial Least Squares-Structural Equation Modeling (PLS-SEM)**, maupun melalui studi kasus pada sektor industri tertentu. Penelitian lanjutan juga dapat mengembangkan indikator pengukuran terkait tingkat adopsi teknologi ramah lingkungan, implementasi kearifan lokal, efisiensi operasional, dan kinerja keberlanjutan sehingga model yang dihasilkan memiliki validitas empiris dan dapat menjadi dasar pengambilan kebijakan dalam pengembangan industri berkelanjutan di Indonesia maupun pada konteks global.

DAFTAR PUSTAKA

- Berkes, F. (2018). *Sacred ecology* (4th ed.). Routledge.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Ellen MacArthur Foundation.
- European Commission. (2020). *A new circular economy action plan: For a cleaner and more competitive Europe*. European Commission.
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2022). *Multivariate data analysis* (9th ed.). Cengage Learning.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 14001:2015 Environmental management systems—Requirements with guidance for use*. ISO.
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114

- p>
 definitions.
- Resources, Conservation and Recycling*
- , 127, 221–232.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239–242.
- Luthra, S., Mangla, S. K., Xu, L., & Diabat, A. (2016). Using AHP to evaluate barriers in adopting sustainable consumption and production initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 107, 342–352.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability. *Ecological Indicators*, 17, 4–13.
- OECD. (2023). *The digital transformation for sustainable industrial development*. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64–88.
- Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. *Harvard Business Review*, 89(1–2), 62–77.
- Rahdari, A. H., Sepasi, S., & Moradi, M. (2016). Achieving sustainability through Schumpeterian social entrepreneurship: The role of social enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 137, 347–360.
- Ranta, V., Aarikka-Stenroos, L., & Väisänen, J. M. (2021). Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy. *Business Strategy and the Environment*, 30(6), 3120–3132.
- Rennings, K. (2000). Redefining innovation—Eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 32(2), 319–332.
- Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E. G. (2016). Business models for sustainability. *Organization & Environment*, 29(3), 264–289.
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710.
- Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: State-of-the-art. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15(4), 2405–2415.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2021). *Indigenous knowledge and sustainable development*. UNESCO.
- United Nations Industrial Development Organization. (2023). *Industrial development report 2024: Turning challenges into sustainable solutions*. UNIDO.
- World Economic Forum. (2023). *The future of jobs report 2023*. World Economic Forum.
- Yin, S., Kaynak, O., & Wang, H. (2021). Big data for modern industry: Challenges and trends. *Proceedings of the IEEE*, 109(11), 1891–1910.
- Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2017). A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*, 142, 626–641.
- Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges.

Proceedings of the 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2147–2152.

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320.

Dyllick, T., & Muff, K. (2016). Clarifying the meaning of sustainable business. *Organization & Environment*, 29(2), 156–174.

Geels, F. W. (2019). Socio-technical transitions to sustainability: A review of criticisms and elaborations. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 39, 187–201.

Hart, S. L. (1995). A natural-resource-based view of the firm. *Academy of Management Review*, 20(4), 986–1014.

Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2009). Why sustainability is now the key driver of innovation. *Harvard Business Review*, 87(9), 56–64.

United Nations Environment Programme. (2021). *Making peace with nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. UNEP.