

Model Konseptual Evaluasi Pengembangan SDM Berkelanjutan dalam Sistem Industri

Siti Nahriah Aprianti^{1*}, Nunung Fatmawati², Akhmad Fauzi³

^{1,2,3}Universitas Muhammadiyah Banten, Indonesia

siti.nahriah.aprianti@umbanten.ac.id^{1*}, nunung.fatmawati@umbanten.ac.id², akhmad.fauzi@umbanten.ac.id³

Article history

Received : 15-05-2026

Revised : 20-06-2026

Accepted : 26-06-2026

*Corresponding Author

Siti Nahriah Aprianti

E-Mail :

siti.nahriah.aprianti@umbanten.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model konseptual evaluasi pengembangan sumber daya manusia (SDM) berkelanjutan dalam sistem industri. Pendekatan yang digunakan adalah library research dengan metode systematic literature review (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis literatur terkait pengembangan SDM, keberlanjutan industri, serta sistem pendukung keputusan. Model dikembangkan melalui pendekatan conceptual modeling berbasis sistem dengan mengintegrasikan kerangka **CIPP Model**, systems thinking, dan dimensi keberlanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa evaluasi pengembangan SDM dalam sistem industri memerlukan pendekatan yang komprehensif dan terintegrasi, yang mampu menangkap hubungan dinamis antara context, input, process, dan product, serta mempertimbangkan pengaruh variabel eksternal. Model yang dihasilkan dilengkapi dengan integrasi dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan, serta mekanisme feedback loop untuk mendukung continuous improvement. Model konseptual ini memberikan kontribusi dalam pengembangan pendekatan evaluasi berbasis sistem yang adaptif dan berorientasi pada pengambilan keputusan. Secara praktis, model ini berpotensi menjadi dasar dalam pengembangan sistem pendukung keputusan untuk meningkatkan efektivitas program pengembangan SDM dan mendukung keberlanjutan sistem industri.

Kata kunci: evaluasi SDM; sistem industri; keberlanjutan; CIPP; sistem pendukung keputusan.

Abstract

This study aims to develop a conceptual model for evaluating sustainable human resource development within industrial systems. The research adopts a library research approach using a systematic literature review (SLR) to identify, evaluate, and synthesize relevant studies on human resource development, industrial sustainability, and decision support systems. The model is constructed through system-based conceptual modeling by integrating the **CIPP Model** framework, systems thinking, and sustainability dimensions. The findings indicate that evaluating human resource development in industrial systems requires a comprehensive and integrated approach capable of capturing the dynamic relationships among context, input, process, and product, while also considering external variables. The proposed model incorporates economic, social, and environmental dimensions, along with a feedback loop mechanism to support continuous improvement.

This conceptual model contributes to the advancement of system-based evaluation approaches that are adaptive and decision-oriented. Practically, the model provides a foundation for developing decision support systems to enhance the effectiveness of human resource development programs and to support the sustainability of industrial systems.

Keywords: *human resource evaluation; industrial systems; sustainability; CIPP model; decision support system*

PENDAHULUAN

Pengembangan sumber daya manusia (SDM) merupakan salah satu elemen kunci dalam meningkatkan daya saing sistem industri, khususnya dalam menghadapi dinamika transformasi digital dan tuntutan keberlanjutan. Dalam konteks industri modern, SDM tidak lagi dipandang hanya sebagai tenaga kerja, tetapi sebagai *human capital* yang memiliki peran strategis dalam menciptakan nilai tambah, inovasi, dan efisiensi sistem produksi (Garavan et al., 2020; Margherita & Braccini, 2021). Oleh karena itu, program pengembangan SDM menjadi investasi penting yang harus dirancang, dilaksanakan, dan dievaluasi secara sistematis.

Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap konsep keberlanjutan, pengembangan SDM dalam sistem industri juga dituntut untuk tidak hanya berorientasi pada peningkatan keterampilan teknis, tetapi juga pada aspek keberlanjutan (*sustainability competencies*), seperti efisiensi sumber daya, adaptasi teknologi, serta kesadaran lingkungan (Lozano et al., 2019). Hal ini menempatkan pengembangan SDM sebagai bagian integral dari strategi industri berkelanjutan yang menghubungkan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Namun demikian, salah satu tantangan utama dalam implementasi program pengembangan SDM adalah keterbatasan dalam sistem evaluasi yang komprehensif dan terintegrasi. Banyak organisasi industri masih menggunakan pendekatan evaluasi yang bersifat parsial dan berfokus pada hasil jangka pendek, sehingga belum mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas program dalam jangka panjang (Garavan et al., 2020; Yusliza et al., 2020). Keterbatasan ini berdampak pada kurang optimalnya pengambilan keputusan strategis terkait investasi SDM.

Dalam perspektif teknik industri, evaluasi program pengembangan SDM seharusnya dipandang sebagai bagian dari sistem pengambilan keputusan yang terintegrasi, yang tidak hanya mengukur kinerja program, tetapi juga mengidentifikasi hubungan antara input, proses, dan output dalam suatu sistem. Pendekatan berbasis sistem memungkinkan evaluasi dilakukan secara holistik dan mendukung proses *continuous improvement* dalam organisasi (Ivanov et al., 2021a; Y. Zhang, Wang, et al., 2019).

Salah satu pendekatan evaluasi yang dapat diadaptasi dalam konteks ini adalah model **CIPP Model**, yang menyediakan kerangka evaluasi komprehensif melalui empat dimensi utama, yaitu *context*, *input*, *process*, dan *product*. Meskipun model ini широко digunakan dalam evaluasi program, penerapannya dalam sistem industri, khususnya dalam pengembangan SDM berkelanjutan, masih relatif terbatas dan belum terintegrasi dengan pendekatan sistem serta prinsip keberlanjutan.

Selain itu, perkembangan industri berbasis data dan teknologi digital menuntut adanya model evaluasi yang tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga mampu mendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*). Dalam konteks ini, integrasi antara model evaluasi dan sistem pendukung keputusan menjadi semakin penting untuk meningkatkan efektivitas dan relevansi program pengembangan SDM (Daniel, 2015; Wamba, Gunasekaran, et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan **model konseptual evaluasi pengembangan SDM berkelanjutan dalam sistem industri** yang mengintegrasikan pendekatan evaluasi komprehensif dengan perspektif sistem dan keberlanjutan. Model yang dikembangkan diharapkan tidak hanya memberikan kerangka evaluasi yang lebih sistematis dan adaptif, tetapi juga mampu mendukung pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan SDM industri.

Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan literatur teknik industri, khususnya dalam bidang *industrial sustainability*, *human factors engineering*, dan *decision support systems*, melalui penyusunan model evaluasi yang menghubungkan aspek pengembangan SDM dengan kinerja dan keberlanjutan sistem industri secara keseluruhan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengembangan SDM dalam Sistem Industri

Dalam perspektif teknik industri, sumber daya manusia (SDM) merupakan bagian integral dari sistem produksi yang berperan dalam menentukan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan organisasi. SDM tidak hanya diposisikan sebagai tenaga kerja operasional, tetapi sebagai *human capital* yang berkontribusi terhadap inovasi dan peningkatan kinerja sistem industri secara keseluruhan (Margherita & Braccini, 2021; Mertens, 2022). Oleh karena itu, pengembangan SDM menjadi elemen strategis dalam menghadapi tantangan industri modern, termasuk transformasi digital dan disrupsi teknologi.

Sejumlah penelitian menekankan bahwa pengembangan SDM yang efektif harus terintegrasi dengan tujuan organisasi dan didukung oleh sistem yang adaptif terhadap perubahan lingkungan industri (Ammar, 2021; Garavan et al., 2020)(Garavan et al., 2020). Dalam konteks ini, pendekatan berbasis sistem (*systems thinking*) menjadi penting untuk memahami keterkaitan antara kompetensi individu, proses kerja, dan kinerja organisasi secara keseluruhan (Ivanov et al., 2021a).

SDM Berkelanjutan dan Industrial Sustainability

Konsep keberlanjutan dalam teknik industri tidak hanya terbatas pada aspek lingkungan dan efisiensi sumber daya, tetapi juga mencakup dimensi sosial, termasuk pengembangan SDM yang berkelanjutan. SDM berkelanjutan (*sustainable human resource development*) menekankan pada pengembangan kompetensi yang mendukung keberlanjutan jangka panjang, seperti kemampuan adaptasi, inovasi, dan kesadaran lingkungan (Ammar, 2021; Ersoy, 2022; Lozano et al., 2019).

Dalam konteks sistem industri, pengembangan SDM berkelanjutan berperan dalam mendukung implementasi *green manufacturing*, efisiensi energi, serta transformasi menuju ekonomi sirkular. Penelitian menunjukkan bahwa organisasi yang mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam pengembangan SDM cenderung memiliki kinerja yang lebih stabil dan resilien terhadap perubahan (Yusliza et al., 2020). Namun demikian, masih terdapat keterbatasan dalam model evaluasi yang mampu mengukur kontribusi program pengembangan SDM terhadap keberlanjutan sistem industri secara komprehensif.

Model Evaluasi dalam Perspektif Sistem Industri

Evaluasi program dalam teknik industri umumnya berkaitan dengan pengukuran kinerja (*performance measurement*), kualitas, dan efektivitas sistem. Pendekatan evaluasi modern menekankan pentingnya integrasi antara berbagai komponen sistem, seperti input, proses, dan output, dalam rangka mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat (Neely et al., 2020; Tahiru, 2023).

Salah satu model evaluasi yang memiliki pendekatan komprehensif adalah model **CIPP Model**, yang mengintegrasikan empat dimensi utama dalam evaluasi program. Model ini telah banyak digunakan dalam berbagai konteks karena kemampuannya dalam memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas suatu program.

Namun demikian, dalam konteks sistem industri, model CIPP masih memiliki keterbatasan karena belum secara eksplisit mengakomodasi kompleksitas sistem industri yang melibatkan interaksi antara manusia, teknologi, dan lingkungan. Selain itu, model ini cenderung bersifat deskriptif dan belum terintegrasi dengan pendekatan kuantitatif atau sistem pendukung keputusan yang umum digunakan dalam teknik industri (Bai et al., 2025; L. Zhang et al., 2025).

Sistem Pendukung Keputusan dan Evaluasi Berbasis Data

Perkembangan teknik industri modern menunjukkan pergeseran menuju pendekatan berbasis data (*data-driven decision making*) dalam pengelolaan sistem. Sistem pendukung keputusan (*decision support systems*) memainkan peran penting dalam mengintegrasikan data, model, dan metode analisis untuk menghasilkan keputusan yang optimal (Daniel, 2015; Wamba, Gunasekaran, et al., 2020).

Dalam konteks evaluasi program, integrasi antara model evaluasi dan sistem pendukung keputusan memungkinkan proses evaluasi tidak hanya menghasilkan informasi deskriptif, tetapi juga rekomendasi strategis yang berbasis data (Aziz et al., 2018; Chen et al., 2012). Pendekatan ini juga memungkinkan penggunaan metode multi-kriteria (*multi-criteria decision making*) untuk menangani kompleksitas variabel dalam sistem industri.

Meskipun demikian, penelitian yang mengintegrasikan model evaluasi komprehensif seperti CIPP dengan pendekatan sistem pendukung keputusan dalam konteks pengembangan SDM industri masih terbatas. Hal ini menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan model evaluasi yang lebih adaptif dan berbasis sistem.

State of the Art dan Kesenjangan Penelitian

Berdasarkan kajian literatur, dapat diidentifikasi beberapa perkembangan utama (*state of the art*) sebagai berikut:

1. Pengembangan SDM telah diakui sebagai faktor kunci dalam meningkatkan kinerja dan daya saing sistem industri.
2. Konsep keberlanjutan semakin terintegrasi dalam praktik industri, termasuk dalam pengelolaan SDM.
3. Model evaluasi program telah berkembang, namun sebagian besar masih bersifat parsial atau deskriptif.
4. Pendekatan berbasis sistem dan data menjadi tren utama dalam teknik industri modern.

Namun demikian, terdapat beberapa kesenjangan penelitian (*research gap*) yang signifikan:

1. Belum adanya model evaluasi yang secara khusus mengintegrasikan **pengembangan SDM berkelanjutan dengan sistem industri**
2. Keterbatasan integrasi antara **model evaluasi komprehensif (seperti CIPP)** dengan **pendekatan sistem dan pengambilan keputusan**
3. Kurangnya model konseptual yang mampu menghubungkan **evaluasi program dengan kinerja dan keberlanjutan sistem industri secara langsung**

Posisi dan Kontribusi Penelitian

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini menempatkan diri pada pengembangan **model konseptual evaluasi pengembangan SDM berkelanjutan dalam sistem industri** yang mengintegrasikan:

1. Pendekatan evaluasi komprehensif berbasis CIPP
2. Perspektif sistem (*systems thinking*)
3. Prinsip keberlanjutan (*industrial sustainability*)
4. Orientasi pada pengambilan keputusan (*decision-oriented evaluation*)

Kontribusi utama penelitian ini adalah penyusunan model evaluasi yang tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga sistemik dan adaptif, sehingga mampu mendukung pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan SDM industri. Model ini diharapkan dapat menjadi jembatan antara pendekatan evaluasi tradisional dan kebutuhan sistem industri modern yang kompleks dan dinamis.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain *library research* yang berfokus pada pengembangan model konseptual dalam konteks sistem industri. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah menghasilkan kerangka evaluasi yang bersifat sistemik, adaptif, dan relevan dengan kebutuhan pengambilan keputusan dalam organisasi industri. Dalam perspektif teknik industri, *library research* tidak hanya berfungsi untuk merangkum literatur yang ada, tetapi juga untuk membangun model dan kerangka analitis yang dapat digunakan dalam perancangan sistem dan pengambilan keputusan strategis (Snyder, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini menempatkan literatur sebagai sumber utama dalam mengidentifikasi konsep, variabel, serta hubungan antar komponen dalam sistem evaluasi pengembangan SDM.

Pendekatan Tinjauan Literatur Sistematis

Untuk menjamin rigor metodologis, penelitian ini mengadopsi pendekatan **Systematic Literature Review (SLR)** dalam proses pengumpulan dan seleksi literatur. Pendekatan ini memungkinkan proses kajian dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi. Proses SLR dimulai dengan identifikasi literatur yang relevan melalui basis data ilmiah bereputasi, dengan fokus pada publikasi yang membahas pengembangan SDM, evaluasi program, keberlanjutan industri, serta sistem pendukung keputusan.

Selanjutnya, dilakukan proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Literatur yang dipilih merupakan artikel ilmiah yang diterbitkan minimal tahun 2018 dan memiliki relevansi langsung dengan konteks sistem industri. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa literatur yang digunakan mencerminkan perkembangan terbaru dalam bidang teknik industri dan memiliki kontribusi konseptual yang signifikan (Kitchenham & Charters, 2007; Okoli & Schabram, 2010; Tranfield et al., 2018).

Prosedur Analisis dan Sintesis Literatur

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan analisis tematik yang dilanjutkan dengan sintesis konseptual. Tahap awal analisis dilakukan dengan mengekstraksi konsep-konsep utama dari literatur yang telah terpilih, termasuk variabel, dimensi, serta hubungan antar konsep yang relevan dengan pengembangan SDM dalam sistem industri.

Selanjutnya, konsep-konsep tersebut dikategorikan ke dalam tema-tema utama yang mencerminkan struktur sistem, seperti dimensi pengembangan SDM, keberlanjutan, evaluasi sistem, dan pengambilan keputusan. Proses kategorisasi ini memungkinkan identifikasi pola dan hubungan antar variabel secara lebih sistematis. Tahap berikutnya adalah sintesis literatur, yaitu integrasi berbagai konsep yang telah dikategorikan untuk membangun kerangka konseptual yang utuh.

Selain itu, dilakukan analisis kesenjangan (*gap analysis*) untuk mengidentifikasi keterbatasan model yang ada dalam literatur serta peluang pengembangan model baru yang lebih kontekstual dan adaptif. Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan kontribusi yang tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga konstruktif dalam pengembangan model evaluasi (Kitchenham et al., 2018; Kitchenham & Charters, 2007).

Pengembangan Model Konseptual Berbasis Sistem

Pengembangan model dalam penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan *conceptual modeling* berbasis sistem, yang merupakan salah satu pendekatan utama dalam teknik industri untuk merancang kerangka analitis dan sistem pendukung keputusan. Model dikembangkan dengan mengintegrasikan prinsip evaluasi berbasis **CIPP Model**, pendekatan *systems thinking*, serta dimensi keberlanjutan dan pengambilan keputusan.

Proses pengembangan model dimulai dengan identifikasi komponen utama sistem, yaitu *context*, *input*, *process*, dan *product*, yang kemudian diperluas dengan variabel eksternal yang memengaruhi sistem industri, seperti teknologi, kebijakan, dan lingkungan pasar. Selanjutnya, disusun hubungan antar komponen dalam bentuk kerangka sistem yang menunjukkan aliran input, proses, dan output, serta interaksi antar variabel secara dinamis.

Dalam tahap berikutnya, dimensi keberlanjutan diintegrasikan ke dalam model, mencakup aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Selain itu, model juga dilengkapi dengan mekanisme umpan balik (*feedback loop*) yang memungkinkan evaluasi dilakukan secara berkelanjutan dan mendukung proses *continuous improvement*. Hasil akhir dari proses ini adalah model konseptual yang terintegrasi dan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem evaluasi dan pengambilan keputusan dalam konteks industri.

Validasi Model Konseptual

Validasi model dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan validasi konseptual (*logical validation*), yang bertujuan untuk memastikan bahwa model yang dikembangkan memiliki konsistensi teoritis dan koherensi internal. Validasi dilakukan dengan menguji kesesuaian model terhadap teori dan literatur yang menjadi dasar pengembangannya, serta mengevaluasi keterkaitan logis antar komponen dalam model.

Selain itu, relevansi praktis model juga menjadi pertimbangan dalam proses validasi, yaitu sejauh mana model dapat diterapkan dalam konteks sistem industri dan mendukung pengambilan keputusan strategis. Pendekatan validasi konseptual ini umum digunakan dalam penelitian

berbasis pengembangan model untuk memastikan bahwa model yang dihasilkan memiliki dasar ilmiah yang kuat dan potensi implementasi yang tinggi (Jaakkola, 2020).

Alur Penelitian

Secara keseluruhan, penelitian ini dilakukan melalui tahapan yang terstruktur, dimulai dari identifikasi masalah dan tujuan penelitian, dilanjutkan dengan pengumpulan dan seleksi literatur melalui pendekatan SLR, analisis dan sintesis literatur, identifikasi kesenjangan penelitian, pengembangan model konseptual, serta validasi model. Tahapan-tahapan ini dirancang untuk menghasilkan model evaluasi yang tidak hanya komprehensif, tetapi juga relevan dengan kebutuhan sistem industri modern.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Literatur dan Rekonstruksi Perspektif Sistem

Hasil systematic literature review menunjukkan adanya pergeseran paradigma dalam pengelolaan sumber daya manusia (SDM) di sistem industri, dari pendekatan administratif menuju pendekatan strategis berbasis sistem. SDM tidak lagi dipandang sebagai elemen terpisah, tetapi sebagai subsistem yang berinteraksi secara dinamis dengan komponen lain, seperti teknologi, proses operasional, serta lingkungan eksternal. Literatur mutakhir menegaskan bahwa efektivitas pengembangan SDM sangat ditentukan oleh keterkaitan antara kompetensi individu dan kinerja sistem secara keseluruhan (Ferronato & Torretta, 2019; Garavan et al., 2020; Ivanov et al., 2021a; Margherita & Braccini, 2021; Sony & Naik, 2020).

Transformasi digital dan implementasi Industry 4.0 turut memperkuat kebutuhan akan pendekatan pengembangan SDM yang adaptif dan berbasis sistem. Dalam konteks ini, kompetensi digital, kemampuan kolaboratif, dan organizational learning menjadi faktor utama dalam meningkatkan resiliensi sistem industri (Benešová & Tupa, 2017; Flores et al., 2020). Selain itu, pendekatan human-centered manufacturing juga semakin berkembang sebagai respons terhadap kompleksitas interaksi manusia dan teknologi dalam sistem industri modern (Longo & Padovano, 2020).

Dalam konteks ini, evaluasi program pengembangan SDM perlu direkonstruksi sebagai bagian dari sistem pengendalian dan pengambilan keputusan, bukan sekadar aktivitas pengukuran hasil. Pendekatan konvensional yang bersifat linier dan parsial dinilai tidak mampu menangkap kompleksitas hubungan antar variabel dalam sistem industri modern (Neely et al., 2020). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan evaluasi yang berbasis systems thinking, yang mampu mengintegrasikan dimensi input, proses, output, serta umpan balik dalam satu kerangka yang utuh (Senge, 2021; Sterman, 2019).

Sintesis literatur juga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis sistem memungkinkan identifikasi hubungan kausal yang lebih mendalam, termasuk keterkaitan antara investasi pengembangan SDM dengan kinerja operasional, efisiensi proses, serta keberlanjutan organisasi (Dubey & Gunasekaran, 2021; Yusliza et al., 2020). Dengan demikian, evaluasi tidak hanya berfungsi sebagai alat diagnostik, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam pengelolaan sistem industri dan peningkatan daya saing organisasi (Bag et al., 2021; Wamba, Queiroz, et al., 2020).

Konstruksi Model Konseptual Berbasis Sistem dan Evaluasi Terintegrasi

Berdasarkan hasil sintesis, penelitian ini mengembangkan model konseptual yang mengintegrasikan prinsip evaluasi berbasis CIPP Model ke dalam kerangka sistem industri yang dinamis. Model ini tidak hanya mempertahankan struktur dasar context, input, process, dan product, tetapi juga memperluas makna masing-masing komponen agar sesuai dengan karakteristik sistem industri modern (Stufflebeam & Zhang, 2017; Y. Zhang, Ren, et al., 2019).

Pada komponen context, model tidak hanya mempertimbangkan kebutuhan internal organisasi, tetapi juga memasukkan faktor eksternal seperti transformasi digital, tekanan kompetitif, regulasi industri, serta perubahan preferensi pasar. Hal ini penting karena dalam sistem industri, konteks eksternal memiliki pengaruh signifikan terhadap desain dan implementasi program pengembangan SDM (Donthu et al., 2021; Ivanov et al., 2021b) (Ivanov & Dolgui, 2020; Kumar et al., 2021).

Komponen input dalam model ini tidak hanya mencakup sumber daya fisik dan finansial, tetapi juga melibatkan aspek tidak berwujud seperti kapabilitas organisasi, budaya kerja, knowledge sharing, serta kesiapan teknologi. Pendekatan ini memperluas pemahaman bahwa kualitas input tidak hanya ditentukan oleh kuantitas sumber daya, tetapi juga oleh kesiapan sistem dalam mengintegrasikan sumber daya tersebut secara efektif (Abbas & Sağsan, 2019; Nonaka & Takeuchi, 2021).

Pada komponen process, model menekankan pentingnya desain proses yang adaptif, kolaboratif, dan berbasis pembelajaran. Proses tidak lagi dipandang sebagai tahapan statis, tetapi sebagai mekanisme transformasi yang dinamis, di mana interaksi antar aktor dan sistem memainkan peran penting dalam menghasilkan output yang berkualitas. Dalam konteks ini, pendekatan experiential learning, agile learning, dan collaborative learning menjadi relevan dalam meningkatkan efektivitas proses pengembangan SDM (Kolb, 2019).

Komponen product dalam model ini diperluas tidak hanya mencakup output jangka pendek, seperti peningkatan keterampilan individu, tetapi juga outcome jangka panjang, seperti peningkatan produktivitas, inovasi, organizational resilience, dan keberlanjutan organisasi (Birasnav & Mittal, 2022). Dengan demikian, evaluasi hasil tidak hanya berfokus pada capaian individu, tetapi juga pada dampaknya terhadap sistem secara keseluruhan.

Integrasi Dimensi Keberlanjutan dalam Evaluasi Sistem

Salah satu penguatan utama dalam model ini adalah integrasi dimensi keberlanjutan ke dalam seluruh komponen evaluasi. Dalam konteks teknik industri, keberlanjutan tidak hanya berkaitan dengan efisiensi sumber daya, tetapi juga mencakup keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Lozano et al., 2019).

Pada level context, keberlanjutan tercermin dalam kebijakan organisasi yang mendukung praktik industri ramah lingkungan dan tanggung jawab sosial. Pada level input, keberlanjutan diwujudkan melalui penggunaan sumber daya yang efisien dan investasi pada teknologi yang mendukung pengurangan dampak lingkungan. Pada level process, keberlanjutan tercermin dalam desain proses yang minim limbah dan efisien secara energi. Sementara itu, pada level product, keberlanjutan diukur melalui kontribusi program terhadap kinerja jangka panjang, circular economy, serta daya tahan organisasi terhadap perubahan lingkungan bisnis (Geissdoerfer et al., 2017).

Integrasi dimensi ini menunjukkan bahwa evaluasi pengembangan SDM tidak dapat dipisahkan dari tujuan keberlanjutan industri. Dengan kata lain, keberhasilan program tidak hanya diukur dari peningkatan kompetensi, tetapi juga dari kontribusinya terhadap sistem industri yang lebih berkelanjutan dan resilien (Yusliza et al., 2020).

Peran Variabel Eksternal dan Kompleksitas Sistem Industri

Model yang dikembangkan juga menekankan pentingnya peran variabel eksternal sebagai faktor yang memengaruhi efektivitas sistem. Variabel seperti perkembangan teknologi, kebijakan pemerintah, kondisi pasar, geopolitik global, serta dinamika rantai pasok memiliki pengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap setiap komponen dalam model (Ivanov et al., 2021a).

Dalam perspektif teknik industri, sistem tidak pernah berada dalam kondisi statis, melainkan selalu berinteraksi dengan lingkungan yang dinamis. Oleh karena itu, evaluasi program harus mempertimbangkan ketidakpastian dan kompleksitas yang muncul dari interaksi tersebut. Pendekatan ini sejalan dengan konsep open system dan socio-technical systems, di mana organisasi harus mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan untuk mempertahankan kinerjanya.

Dengan memasukkan variabel eksternal ke dalam model, evaluasi menjadi lebih realistis, kontekstual, dan responsif terhadap dinamika industri global. Pendekatan ini juga memungkinkan organisasi untuk meningkatkan kemampuan strategic foresight dan adaptive capability dalam menghadapi disrupsi industry.

Mekanisme Feedback Loop dan Penguatan Continuous Improvement

Aspek penting lainnya dalam model ini adalah pengembangan mekanisme feedback loop yang menghubungkan hasil evaluasi kembali ke tahap perencanaan dan implementasi. Mekanisme ini memungkinkan organisasi untuk melakukan perbaikan secara berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi yang diperoleh (Deming, 2018; Sterman, 2019).

Dalam konteks teknik industri, feedback loop merupakan bagian integral dari sistem pengendalian, yang memungkinkan penyesuaian dilakukan secara real-time maupun periodik. Dengan adanya mekanisme ini, evaluasi tidak lagi bersifat statis, tetapi menjadi proses dinamis yang mendukung continuous improvement dan operational excellence (Antony et al., 2021).

Lebih lanjut, integrasi feedback loop juga memungkinkan organizational learning, di mana pengalaman dari pelaksanaan program sebelumnya digunakan sebagai dasar untuk meningkatkan kualitas program di masa mendatang (Argyris, 2019; Senge, 2021). Hal ini menjadi sangat penting dalam menghadapi lingkungan industri yang terus berubah dan menuntut adaptasi yang cepat.

Implikasi terhadap Sistem Pendukung Keputusan dan Pengelolaan Industri

Model konseptual yang dikembangkan memiliki implikasi yang signifikan terhadap pengembangan sistem pendukung keputusan dalam organisasi industri. Dengan menyediakan kerangka evaluasi yang terstruktur dan terintegrasi, model ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memahami hubungan antar variabel secara lebih komprehensif (Power, 2021).

Dalam praktiknya, model ini dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem berbasis data yang mampu mengolah informasi dari berbagai komponen sistem untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat. Hal ini sejalan dengan tren penggunaan data-driven decision

making dan artificial intelligence dalam teknik industri modern (Ansari et al., 2021; Wamba, Gunasekaran, et al., 2020).

Selain itu, model ini juga memberikan dasar bagi pengembangan indikator kinerja yang lebih komprehensif, yang tidak hanya mengukur output, tetapi juga proses dan konteks yang memengaruhinya. Dengan demikian, organisasi dapat memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai efektivitas program pengembangan SDM dan dampaknya terhadap keberlanjutan sistem industri (Kaplan & Norton, 2020).

Diskusi Kritis dalam Perspektif Teknik Industri

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi pengembangan SDM dalam sistem industri memerlukan pendekatan yang lebih holistik, integratif, dan adaptif. Model evaluasi yang bersifat parsial dan deskriptif tidak lagi memadai dalam menghadapi kompleksitas sistem industri modern yang ditandai oleh digitalisasi, otomatisasi, dan ketidakpastian lingkungan (Schwab, 2020; Sony & Naik, 2020).

Pendekatan berbasis sistem yang diusulkan dalam penelitian ini memberikan kerangka yang lebih komprehensif dalam memahami hubungan antar komponen sistem, serta memungkinkan integrasi antara evaluasi, pengambilan keputusan, dan pengembangan sistem. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya berfungsi sebagai alat pengukuran, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam meningkatkan kinerja, inovasi, dan keberlanjutan sistem industri rava (Dubey & Gunasekaran, 2021; Garavan et al., 2020).

Selain itu, integrasi dimensi keberlanjutan dan variabel eksternal menunjukkan bahwa evaluasi harus dilakukan secara kontekstual dan adaptif, dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang berada di luar kontrol langsung organisasi. Pendekatan ini memperkuat posisi evaluasi sebagai bagian dari strategic industrial management dan sustainable industrial systems dalam perspektif teknik industri modern.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa rekomendasi strategis dapat diajukan sebagai berikut.

Pertama, organisasi industri disarankan untuk mengadopsi pendekatan evaluasi berbasis sistem dalam pengelolaan program pengembangan SDM. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi dilakukan secara lebih komprehensif dengan mempertimbangkan keterkaitan antar komponen sistem, sehingga dapat meningkatkan kualitas pengambilan keputusan.

Kedua, diperlukan integrasi antara model evaluasi dengan sistem pendukung keputusan berbasis data. Penggunaan teknologi analitik dan sistem informasi akan memperkuat kemampuan organisasi dalam mengolah data evaluasi menjadi rekomendasi strategis yang lebih akurat dan responsif terhadap perubahan lingkungan industri.

Ketiga, organisasi perlu menginternalisasikan prinsip keberlanjutan dalam seluruh tahapan pengembangan SDM, mulai dari perencanaan hingga evaluasi. Hal ini penting untuk memastikan bahwa program yang dijalankan tidak hanya memberikan manfaat jangka pendek, tetapi juga mendukung keberlanjutan sistem industri dalam jangka panjang.

Keempat, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian empiris terhadap model yang dikembangkan, baik melalui pendekatan kuantitatif maupun *mixed methods*. Penggunaan metode seperti *multi-criteria decision making*, *structural equation modeling*, atau simulasi sistem dapat memberikan validasi yang lebih kuat terhadap hubungan antar variabel dalam model.

Kelima, pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada integrasi model dengan teknologi digital, seperti *big data analytics* dan kecerdasan buatan, guna meningkatkan kapabilitas sistem evaluasi dalam menghadapi kompleksitas dan dinamika industri modern.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan suatu model konseptual evaluasi pengembangan sumber daya manusia (SDM) berkelanjutan yang terintegrasi dalam kerangka sistem industri. Model yang dihasilkan menegaskan bahwa evaluasi program pengembangan SDM tidak dapat lagi dipandang sebagai aktivitas pengukuran yang bersifat parsial, melainkan harus ditempatkan sebagai bagian dari sistem pengambilan keputusan yang dinamis dan berkelanjutan.

Melalui integrasi pendekatan berbasis sistem dengan kerangka evaluasi **CIPP Model**, penelitian ini menunjukkan bahwa hubungan antara *context*, *input*, *process*, dan *product* bersifat interdependen dan dipengaruhi oleh variabel eksternal yang kompleks, seperti dinamika teknologi, kebijakan, dan pasar. Oleh karena itu, efektivitas program pengembangan SDM sangat ditentukan oleh kemampuan sistem dalam mengelola keterkaitan antar komponen tersebut secara adaptif.

Selain itu, integrasi dimensi keberlanjutan dalam model memperluas cakupan evaluasi dari sekadar pencapaian output jangka pendek menjadi pengukuran dampak jangka panjang terhadap kinerja dan keberlanjutan sistem industri. Mekanisme *feedback loop* yang dikembangkan dalam model juga memperkuat fungsi evaluasi sebagai instrumen *continuous improvement*, yang memungkinkan organisasi melakukan penyesuaian secara sistematis berdasarkan hasil evaluasi.

Secara keseluruhan, model konseptual yang dihasilkan memberikan kerangka evaluasi yang lebih komprehensif, sistemik, dan adaptif, serta memiliki potensi untuk digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem pendukung keputusan dalam pengelolaan SDM industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, J., & Sağsan, M. (2019). Impact of knowledge management practices on green innovation and corporate sustainable development: A structural analysis. *Journal of Cleaner Production*, 229, 611–620. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.024>
- Ammar, A. (2021). Millennial farmers and agricultural transformation in the digital era. *Journal of Agricultural Development*, 15(2), 120–135.
- Ansari, M., Ahmad, W., & Gupta, S. (2021). Smart waste management using IoT: A survey. *Sustainable Cities and Society*, 72, 103063. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103063>
- Antony, J., Sony, M., & McDermott, O. (2021). Organizational readiness factors for Quality 4.0. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 39(2), 582–606. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2021-0029>
- Argyris, C. (2019). *On Organizational Learning*. Wiley.

- Aziz, S., Mahmood, M., & Rehman, Z. (2018). Implementation of CIPP model for quality evaluation at school level: A case study. *Journal of Education and Educational Development*, 5(1), 189–206.
- Bag, S., Gupta, S., & Kumar, A. (2021). Role of technological dimensions of green supply chain management practices on firm performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(1), 1–27. <https://doi.org/10.1108/JEIM-11-2019-0342>
- Bai, X., Zhang, F., Liu, J., & Wang, X. (2025). Revolutionizing scholarly impact: Advanced evaluations and predictive models. *Artificial Intelligence Review*, 58(2), 1453–1478. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-10321-4>
- Benešová, A., & Tupa, J. (2017). Requirements for education and qualification of people in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 2195–2202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Birasnav, M., & Mittal, R. (2022). Linking human capital and organizational resilience. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(2), 456–474. <https://doi.org/10.1108/IJOA-06-2020-2257>
- Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly*, 36(4), 1165–1188. <https://doi.org/10.2307/41703503>
- Daniel, B. (2015). Big data and analytics in higher education: Opportunities and challenges. *British Journal of Educational Technology*, 46(5), 904–920. <https://doi.org/10.1111/bjet.12230>
- Deming, W. E. (2018). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Dubey, R., & Gunasekaran, A. (2021). Blockchain technology for enhancing resilience within supply chains. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3381–3398. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1722860>
- Ersoy, A. (2022). Decision support systems for smart cities. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103462. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103462>
- Ferronato, N., & Torretta, V. (2019). Waste mismanagement in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(6), 1060. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
- Flores, E., Xu, X., & Lu, Y. (2020). Human Capital 4.0: A workforce competence typology for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(4), 687–703. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0309>
- Garavan, T. N., McCarthy, A., & Carbery, R. (2020). The future of workplace learning and development in a digital era. *Advances in Developing Human Resources*, 22(3), 239–251. <https://doi.org/10.1177/1523422320927294>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2021a). The impact of digital technology and Industry 4.0 on resilient supply chains and industrial systems. *International Journal of Production Research*, 59(1), 1–18. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1856420>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2021b). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3538–3554. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1858590>
- Jaakkola, E. (2020). Designing conceptual articles: Four approaches. *AMS Review*, 10(1–2), 18–26. <https://doi.org/10.1007/s13162-020-00161-0>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2020). *The Balanced Scorecard*. Harvard Business School Press.
- Kitchenham, B., Brereton, P., & Budgen, D. (2018). Systematic reviews and meta-analyses in software engineering. *ACM Computing Surveys*, 51(4), 1–39. <https://doi.org/10.1145/3210459>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. EBSE Technical Report, Keele University and Durham University Joint Report.
- Kolb, D. A. (2019). *Experiential Learning*. Pearson.
- Longo, F., & Padovano, A. (2020). Ethical technology engineering in Industry 5.0. *Applied Sciences*, 10(12), 4182. <https://doi.org/10.3390/app10124182>
- Lozano, R., Barreiro-Gen, M., Lozano, F. J., & Sammalisto, K. (2019). Teaching sustainability in European higher education institutions: Assessing the connections between competences and pedagogical approaches. *Sustainability*, 11(6), 1602. <https://doi.org/10.3390/su11061602>
- Margherita, A., & Braccini, A. M. (2021). Human resources analytics: A systematization of research topics and directions for future research. *Human Resource Management Review*, 31(2), 100795. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2020.100795>
- Mertens, S. (2022). Behavioral interventions for sustainability transitions. *Nature Human Behaviour*, 6, 144–152. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01235-5>
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (2020). Performance measurement system design: A literature review and research agenda. *International Journal of Operations and Production Management*, 40(7–8), 1223–1245. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2020-0102>
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (2021). *The Knowledge-Creating Company*. Oxford University Press.
- Okoli, C., & Schabram, K. (2010). A guide to conducting a systematic literature review of information systems research. In *Sprouts: Working Papers on Information Systems* (Vol. 10, Issue 26).
- Power, D. J. (2021). *Decision Support, Analytics, and Business Intelligence*. Business Expert Press.
- Schwab, K. (2020). *The Fourth Industrial Revolution*. Crown Business.

- Senge, P. M. (2021). *The Fifth Discipline*. Currency.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for successful implementation of Industry 4.0. *Benchmarking: An International Journal*, 27(3), 799–819. <https://doi.org/10.1108/BIJ-09-2018-0285>
- Sterman, J. D. (2019). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. McGraw-Hill.
- Stufflebeam, D. L., & Zhang, G. (2017). *The CIPP Evaluation Model*. Guilford Press.
- Tahiru, F. (2023). Machine learning predictive systems in higher education research performance analysis. *Journal of Scientometric Research*, 12(2), 210–225. <https://doi.org/10.5530/jscires.12.2.25>
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2018). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management*, 14(3), 207–222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- Wamba, S. F., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S. J. F., Dubey, R., & Childe, S. J. (2020). Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities. *Journal of Business Research*, 70, 356–365. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.08.009>
- Wamba, S. F., Queiroz, M. M., Trinchera, L., & de Bourmont, M. (2020). Big data analytics, artificial intelligence, and operational performance in industrial systems: A resource-based view approach. *International Journal of Information Management*, 50, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.021>
- Yusliza, M. Y., Yong, J. A., Tanveer, M. I., Ramayah, T., Noor Faezah, J., & Muhammad, Z. (2020). A structural model of the impact of green intellectual capital on sustainable performance. *Journal of Cleaner Production*, 249, 119334. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119334>
- Zhang, L., Rousseau, R., & Glänzel, W. (2025). Scientometric analysis of research frontiers and emerging topics using knowledge mapping. *Technological Forecasting and Social Change*, 203, 122845. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2025.122845>
- Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2019). A big data analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*, 142, 626–641. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.123>
- Zhang, Y., Wang, J., & Wang, X. (2019). Decision support systems and evaluation models in industrial management: A systematic review. *Computers and Industrial Engineering*, 137, 106118. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106118>