

INTEGRATING TEACHING FACTORY AND GREEN TVET FOR GREEN SKILLS DEVELOPMENT: A SYSTEMATIC REVIEW

Ricky Cahyasari Putra^{1*}, Ade Dwi Putra Janata², Indra Maulana Dongoran³, Fendy Thomas⁴

^{1,2}Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

³Universitas Aifa Royhan, Sumatera Utara, Indonesia

⁴Politeknik Negeri Subang, Jawa Barat, Indonesia

ricky.pvtm@untirta.ac.id*; adedwiputraj@untirta.ac.id; indra.dongoran59@gmail.com;
fendy.thomas@polsub.ac.id

ABSTRACT/ABSTRAK

This study aims to analyze the integration of teaching factory model with Green Technical and Vocational Education and Training for Green skills development through systematic literature review. The research employed systematic literature review using Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses approach, with literature search conducted on Scopus database from January 2021 to May 2025. Data extraction utilized standardized template including bibliographic information, research objectives, methodology, key concepts, main findings, implications, and limitations. The study analyzed 31 internationally reputable articles selected through systematic screening based on predetermined inclusion and exclusion criteria. Findings indicate significant increase in publications related to teaching factory and Green skills from 2021 to 2025, peaking in 2025 with 35.5% of total publications. The research identified a conceptual framework for integration encompassing curricular, pedagogical, institutional, and collaborative dimensions. Implementation of this framework enhances graduates' readiness for Green economy transition, though challenges include capacity limitations, curriculum gaps, cross-sectoral coordination issues, awareness deficits, program sustainability concerns, and industry readiness variations. The integrated framework provides comprehensive guidance for workforce preparation in Green economy, with implementation strategies including capacity development programs, curriculum reform, coordination mechanisms, awareness campaigns, sustainable business models, and prospective research.

Penelitian ini bertujuan menganalisis integrasi model *Teaching Factory* dengan Pendidikan dan Pelatihan Vokasi Teknik Hijau untuk pengembangan keterampilan hijau melalui kajian literatur sistematis. Metode penelitian menggunakan kajian literatur sistematis dengan pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*, dengan pencarian literatur dilakukan pada database Scopus periode Januari 2021 hingga Mei 2025. Ekstraksi data menggunakan templat terstandar yang mencakup informasi bibliografi, tujuan penelitian, metodologi, konsep utama, temuan utama, implikasi, dan keterbatasan.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
20 May 2025

First Revised
26 May 2025

Accepted
29 Jun 2025

Online Date
29 Jun 2025

Publication Date
30 Jun 2025

Keywords:

Green skills; Green TVET; Sustainable Education; Teaching factory; Vocational Education.

Kata kunci:

Green skills; Green TVET; Pendidikan Berkelanjutan; Pendidikan Vokasi; Teaching factory.

Penelitian menganalisis 31 artikel bereputasi internasional yang dipilih melalui penyaringan sistematis berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Temuan menunjukkan peningkatan signifikan publikasi terkait *Teaching Factory* dan keterampilan hijau dari 2021 hingga 2025, dengan puncak publikasi pada tahun 2025 sebesar 35,5% dari total publikasi. Penelitian mengidentifikasi kerangka konseptual integrasi yang mencakup dimensi kurikuler, pedagogis, kelembagaan, dan kolaboratif. Implementasi kerangka ini dapat meningkatkan kesiapan lulusan menghadapi transisi *Green Economy*, meskipun terdapat tantangan seperti keterbatasan kapasitas, kesenjangan kurikulum, koordinasi lintas sektor, kesadaran, keberlanjutan program, dan kesiapan industri. Kerangka terintegrasi memberikan panduan komprehensif untuk mempersiapkan tenaga kerja *Green Economy*, dengan strategi implementasi mencakup pengembangan kapasitas, reformasi kurikulum, mekanisme koordinasi, kampanye kesadaran, model bisnis berkelanjutan, dan penelitian prospektif.

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim dan degradasi lingkungan telah menjadi tantangan global yang memerlukan transformasi menyeluruh dalam cara kita memproduksi, mengonsumsi, dan bekerja. Transisi menuju *Green Economy* membutuhkan tenaga kerja yang tidak hanya memiliki keterampilan teknis konvensional, tetapi juga kompetensi keberlanjutan atau *Green Skills* (Fuchs, 2024; Owusu & Aryeh, 2024; Putra et al., 2018). Pendidikan dan pelatihan vokasi teknik memainkan peran krusial dalam mempersiapkan tenaga kerja dengan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan transisi ini. Meskipun model *Teaching Factory* dan *Green Technical and Vocational Education and Training* telah dikenal sebagai pendekatan pembelajaran yang efektif dalam pendidikan vokasi, terdapat beberapa masalah mendasar yang belum terselesaikan. Pertama, terdapat kesenjangan yang signifikan antara pengembangan *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* dalam konteks pengembangan *Green Skills*. Model *Teaching Factory* yang telah dikenal sebagai pendekatan pembelajaran dalam pendidikan vokasi yang mengintegrasikan pengalaman industri ke dalam lingkungan pendidikan (Pratama et al., 2025; Putra et al., 2022; Tanjung et al., 2025), belum secara eksplisit mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan pengembangan *Green Skills*. Kedua, *Green Technical and Vocational Education and Training* yang muncul sebagai paradigma baru untuk mengarusutamakan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam pendidikan vokasi dengan fokus pada pengembangan *Green Skills* (Albertz & Pilz, 2025), masih dikembangkan secara terpisah dari model *Teaching Factory* yang sudah mapan di institusi pendidikan vokasi. Ketiga, belum adanya kerangka konseptual yang komprehensif untuk mengintegrasikan kedua pendekatan ini secara sistematis, yang menyebabkan implementasi yang parsial dan tidak optimal dalam pengembangan *Green Skills* pada peserta didik pendidikan vokasi.

Keempat, kurangnya pemahaman tentang tantangan dan strategi implementasi yang spesifik dalam mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* untuk pengembangan *Green Skills*, yang berimplikasi pada rendahnya kesiapan lulusan pendidikan vokasi menghadapi transisi *Green Economy*.

Penelitian ini memiliki beberapa aspek kebaruan yang membedakannya dari studi-studi sebelumnya. Dari aspek konseptual, penelitian ini merupakan studi pertama yang secara sistematis mengeksplorasi dan menganalisis integrasi antara model *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* untuk pengembangan *Green Skills*. Tidak seperti penelitian sebelumnya yang membahas kedua konsep secara terpisah, penelitian ini mengusulkan pendekatan integratif yang holistik. Dari aspek metodologis, penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* dengan *framework Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* yang secara khusus dirancang untuk mengidentifikasi dan menganalisis hubungan sinergis antara *teaching factory* dan *Green Technical and Vocational Education and Training*, yang belum pernah dilakukan dalam penelitian sebelumnya. Secara teoretis, penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual integrasi yang mencakup empat dimensi utama yaitu kurikuler, pedagogis, kelembagaan, dan kolaboratif yang dapat menjadi panduan teoretis bagi pengembangan model pembelajaran vokasi yang berkelanjutan. Dari aspek praktis, penelitian ini menyediakan strategi implementasi yang komprehensif dan dapat diaplikasikan untuk mengatasi tantangan integrasi *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* dalam konteks nyata pendidikan vokasi.

Penelitian ini berbeda secara signifikan dengan studi-studi sebelumnya dalam beberapa aspek penting. Dari segi *scope* dan fokus, penelitian sebelumnya cenderung membahas *teaching factory* (Pratama et al., 2025; Tanjung et al., 2025; Maksum et al., 2025) dan *Green skills* atau *Green Technical and Vocational Education and Training* (Fuchs, 2024; Albertz & Pilz, 2025; Owusu & Aryeh, 2024) secara terpisah, sedangkan penelitian ini adalah yang pertama mengeksplorasi integrasi kedua konsep tersebut secara komprehensif. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang bersifat deskriptif atau studi kasus tunggal, penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* untuk memberikan gambaran komprehensif dari berbagai konteks dan perspektif penelitian internasional. Sementara penelitian sebelumnya lebih fokus pada implementasi praktis salah satu pendekatan, penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual baru yang mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* untuk pengembangan *Green Skills*. Penelitian ini tidak hanya menganalisis aspek

pedagogis, tetapi juga memberikan rekomendasi kebijakan dan strategi implementasi yang dapat digunakan oleh pembuat kebijakan, pengelola lembaga pendidikan vokasi, dan praktisi industri. Selain itu, penelitian ini menganalisis tren dan perkembangan terkini dalam periode 2021-2025 yang mencakup era pasca pandemi ketika isu keberlanjutan menjadi semakin penting dalam agenda global, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang memiliki cakupan temporal yang lebih terbatas.

Berdasarkan identifikasi masalah dan kebaruan penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan kajian literatur sistematis guna mengidentifikasi dan menganalisis hubungan antara model *teaching factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* dalam pengembangan *Green Skills*. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan berupa landasan teoretis bagi pengembangan model pembelajaran yang mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* untuk mengembangkan *Green Skills*, rekomendasi praktis bagi pembuat kebijakan, pengelola lembaga pendidikan vokasi, dan praktisi industri dalam mendukung transisi menuju *Green Economy*, serta agenda penelitian masa depan untuk pengembangan pendidikan vokasi yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur sistematis (*Systematic Literature Review*) dengan mengikuti pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan menginterpretasi penelitian yang relevan terkait integrasi model *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* dalam pengembangan *Green Skills*. Pemilihan metode *Systematic Literature Review* didasarkan pada beberapa alasan fundamental. Pertama, topik integrasi *teaching factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* merupakan area penelitian yang relatif baru dan belum banyak dieksplorasi secara komprehensif, sehingga diperlukan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mensintesis pengetahuan yang tersebar di berbagai sumber literatur. Kedua, kompleksitas hubungan antara *Teaching Factory*, *Green Technical and Vocational Education and Training*, dan *Green Skills* memerlukan analisis yang mendalam terhadap berbagai perspektif teoritis dan empiris yang hanya dapat dicapai melalui kajian literatur yang komprehensif. Ketiga, *Systematic Literature Review* memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola, tren, dan kesenjangan dalam penelitian yang ada, yang penting untuk

mengembangkan kerangka konseptual integratif yang baru. Keempat, metode ini memberikan transparansi dan reproduksibilitas yang tinggi melalui protokol yang terstruktur dan kriteria yang jelas, sehingga dapat meminimalkan bias dan meningkatkan validitas temuan penelitian.

Subjek penelitian dalam kajian literatur sistematis ini adalah artikel-artikel ilmiah yang membahas *teaching factory*, *Green Technical and Vocational Education and Training*, *Green Skills*, dan kombinasi topik-topik tersebut yang dipublikasikan dalam jurnal bereputasi internasional dan terindeks dalam database Scopus. Pemilihan artikel sebagai subjek penelitian didasarkan pada pertimbangan bahwa artikel jurnal ilmiah merupakan sumber informasi yang telah melalui proses *Peer Review* yang ketat dan mewakili kontribusi pengetahuan terkini dalam bidang pendidikan vokasi dan keberlanjutan. Penentuan subjek penelitian dilakukan melalui pendekatan *Purposive Sampling* dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi mencakup artikel jurnal ilmiah, artikel review, dan proceeding yang terindeks Scopus, dipublikasikan dalam rentang tahun 2021-2025, menggunakan bahasa Inggris, tersedia dalam teks lengkap, dan membahas topik *teaching factory*, *Green Technical and Vocational Education and Training*, *Green skills*, atau kombinasi topik tersebut. Kriteria eksklusi meliputi tesis atau disertasi, buku, publikasi sebelum tahun 2021, publikasi dalam bahasa selain Inggris, publikasi yang tidak tersedia dalam teks lengkap, dan publikasi yang tidak relevan dengan topik penelitian. Proses penentuan subjek penelitian dilakukan secara bertahap melalui identifikasi awal menggunakan strategi pencarian yang telah ditentukan, penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, evaluasi kelayakan berdasarkan teks lengkap, dan inklusi akhir berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses merupakan pendekatan yang tersusun dari beberapa langkah sistematis dan terstandar untuk melaporkan kajian literatur yang bertujuan meminimalkan bias dan meningkatkan transparansi serta reproduksibilitas penelitian. Pendekatan ini dipilih karena memberikan panduan yang jelas dan komprehensif untuk melakukan *Systematic Literature Review* yang berkualitas tinggi, mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga pelaporan hasil penelitian.

2.1 Protokol dan Registrasi

Protokol penelitian ini dikembangkan berdasarkan pertanyaan penelitian:

1. Bagaimana tren penelitian terkait *Teaching Factory* dan *Green Skills* dalam literatur internasional?

2. Bagaimana model *Teaching Factory* dapat diintegrasikan dengan pendekatan *Green TVET*?
3. Apa dampak integrasi model *Teaching Factory* dengan *Green TVET* terhadap pengembangan *Green Skills*?
4. Apa tantangan dan strategi dalam mengimplementasikan model terintegrasi tersebut?

2.2 Kriteria Kelayakan

Kriteria inklusi dan eksklusi yang diterapkan dalam penelitian ini disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Jenis Publikasi	Artikel jurnal, Artikel review, dan Proceeding yang terindeks Scopus	Tesis/disertasi dan Buku
Tahun Publikasi	2021-2025	Sebelum 2021
Bahasa	Bahasa Inggris	Bahasa selain Inggris
Akses	Tersedia teks lengkap	Tidak tersedia teks lengkap
Topik	<i>Teaching Factory</i> , <i>Green TVET</i> , <i>Green Skills</i> , dan Kombinasi topik di atas	Tidak berhubungan dengan <i>Teaching Factory</i> , <i>Green TVET</i> , atau <i>Green Skills</i>

2.3 Sumber Informasi

Pencarian literatur dilakukan pada database Scopus sebagai salah satu database terbesar yang mencakup berbagai bidang ilmu, dengan rentang pencarian dari Januari 2021 hingga Mei 2025. Pencarian terakhir dilakukan pada 10 Mei 2025.

2.4 Strategi Pencarian

Kata kunci yang digunakan adalah kombinasi dari: "*Teaching Factory*" OR "production-based learning" AND "*Green TVET*" OR "*Green Skills*" OR "*Green Vocational Education*" OR "*Sustainable TVET*" OR "*Vocational Education*" AND "*Sustainability*". Pencarian difilter berdasarkan tahun publikasi (2021-2025) dan jenis dokumen (artikel jurnal).

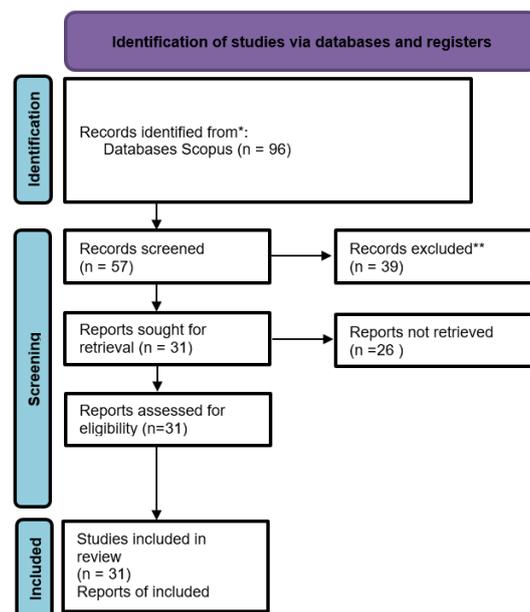
2.5 Seleksi Studi

Proses seleksi studi dilakukan melalui beberapa tahap sesuai dengan diagram alir PRISMA:

1. **Identifikasi:** Pencarian awal menggunakan kata kunci yang telah ditentukan pada database Scopus menghasilkan 96 artikel potensial.

2. **Penyaringan:** Artikel disaring berdasarkan judul dan abstrak, mengeliminasi artikel yang jelas tidak relevan dengan topik penelitian, menghasilkan 57 artikel untuk ditinjau lebih lanjut.
3. **Kelayakan:** Teks lengkap dari 57 artikel yang tersisa diperiksa berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. 26 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria kelayakan (12 artikel tidak menyebutkan tahun publikasi secara eksplisit, 8 artikel tidak dapat diakses secara penuh, dan 6 artikel tidak relevan dengan topik penelitian).
4. **Inklusi:** Total 31 artikel yang memenuhi semua kriteria kelayakan disertakan dalam analisis akhir.

Proses seleksi artikel digambarkan dalam diagram alir PRISMA pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA Proses Seleksi Artikel

2.6 Proses Pengumpulan Data

Data yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi:

1. Informasi bibliografi (penulis, tahun, judul, jurnal)
2. Tujuan penelitian
3. Desain/metodologi penelitian
4. Konsep utama (*teaching factory*, *Green skills*, *Green TVET*)
5. Temuan utama
6. Implikasi untuk praktik dan penelitian
7. Keterbatasan penelitian

Proses ekstraksi data dilakukan menggunakan templat yang telah disiapkan untuk memastikan konsistensi dan kelengkapan data yang dikumpulkan.

3. HASIL PENELITIAN

Analisis bibliometrik terhadap 31 artikel yang dianalisis menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam publikasi terkait *Teaching Factory* dan *Green Skills* dari tahun 2021 hingga 2025. Data distribusi publikasi mengungkapkan fenomena akselerasi minat penelitian yang signifikan dalam bidang integrasi teaching factory dan *Green Skills*. Pola publikasi menunjukkan adanya momentum penelitian yang meningkat drastis, terutama dalam dua tahun terakhir yang mencerminkan respons akademis terhadap urgensi transisi *Green Economy* pasca-pandemi. Anomali publikasi terendah pada tahun 2022 mengindikasikan adanya lag time dalam respons penelitian terhadap perubahan paradigma keberlanjutan global, yang kemudian diikuti oleh ledakan publikasi pada 2024-2025 yang menandai matangnya kesadaran akademis tentang pentingnya *Green Skills* dalam pendidikan vokasi. Ringkasan distribusi publikasi berdasarkan tahun disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Publikasi Berdasarkan Tahun

Tahun	Jumlah Artikel	Persentase
2021	5	16,1%
2022	2	6,5%
2023	4	12,9%
2024	9	29,0%
2025	11	35,5%
Total	31	100,0%

Tren peningkatan ini menunjukkan bahwa topik *Teaching Factory* dan *Green Skills* semakin mendapat perhatian dari para peneliti, dengan puncak publikasi terjadi pada tahun 2025. Hal ini mengindikasikan bahwa keberlanjutan dalam pendidikan vokasi menjadi isu yang semakin penting dan relevan dalam beberapa tahun terakhir.

Berdasarkan fokus topik penelitian, 31 artikel yang dianalisis dapat dikategorikan sebagaimana disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Publikasi Berdasarkan Fokus Topik Penelitian

Fokus Topik Penelitian	Jumlah Artikel	Persentase
<i>Teaching Factory</i>	11	35,5%
<i>Green Skills</i>	14	45,2%

Fokus Topik Penelitian	Jumlah Artikel	Persentase
<i>Green TVET</i>	2	6,5%
Integrasi <i>Teaching Factory</i> & <i>Green Skills</i>	0	0%
Lainnya	4	12,9%
Total	31	100%

Penelitian yang mengintegrasikan kedua konsep tersebut masih sangat terbatas. Analisis distribusi fokus penelitian mengungkapkan fragmentasi yang signifikan dalam pengembangan pengetahuan di bidang ini. Dominasi penelitian *Green Skills* (45,2%) menunjukkan bahwa komunitas akademis telah mengakui pentingnya kompetensi keberlanjutan, namun masih terjebak dalam pendekatan parsial. Absennya penelitian yang secara eksplisit mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green Skills* mengkonfirmasi adanya *Research Gap* yang substansial, sekaligus menegaskan *novelty* dan urgensi penelitian ini. Pola ini mencerminkan tahap *Early Development* dalam evolusi pemikiran akademis, di mana konsep-konsep masih dikembangkan secara terpisah sebelum mencapai tahap integrasi yang lebih *Sophisticated*.

Analisis kata kunci dari artikel-artikel yang relevan menghasilkan daftar kata kunci yang paling sering muncul, sebagaimana disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Frekuensi Kata Kunci dalam Artikel

Kata Kunci	Frekuensi
<i>Green Skills</i>	8
<i>Vocational Education</i>	5
<i>Teaching Factory</i>	3
VET	3
<i>Vocational Education and Training</i>	3
<i>Knowledge</i>	2
<i>Sustainability</i>	2
<i>Educational Innovation</i>	2
<i>Green Economy</i>	2
Lainnya	1

Pola kemunculan kata kunci mengungkapkan *landscape* konseptual yang menunjukkan konvergensi implisit antara berbagai domain penelitian. Frekuensi tinggi “*Green Skills*” dan “*Vocational Education*” mengindikasikan bahwa kedua konsep ini telah menjadi mainstream dalam diskursus akademis, sementara kemunculan kata kunci seperti “*Sustainability*,” “*Educational Innovation*,” dan “*Green Economy*” menunjukkan ekspansi paradigmatis menuju pendekatan holistik. Distribusi frekuensi ini mencerminkan tahap *Pre-Synthesis* dalam perkembangan teori, di mana elemen-elemen kunci telah teridentifikasi namun belum terintegrasi dalam kerangka conceptual yang unified.

4. PEMBAHASAN

4.1 Konseptualisasi *Green Skills* dalam Konteks Pendidikan Vokasi

Analisis literatur menunjukkan adanya berbagai definisi dan konseptualisasi tentang *Green skills*. Tabel 5 menyajikan beberapa definisi *Green Skills* yang ditemukan dalam literatur yang dianalisis.

Tabel 5. Definisi *Green skills* Dalam Literatur

Sumber	Definisi <i>Green skills</i>
Stroud et al. (2025)	Properti emergen dari sistem sosial yang menghasilkan dampak lingkungan terukur dan aktivitas ekonomi yang bertanggung jawab terhadap lingkungan
Fuchs (2024)	Pengetahuan, kemampuan, nilai dan sikap yang diperlukan untuk hidup, bekerja dan berkembang dalam cara yang mendukung keberlanjutan lingkungan
Fitriyanto et al. (2023)	Kompetensi yang mencakup 6R: <i>Reuse, Recycle, Reduce, Repair, Reassemble, dan Resaving Energy</i>
Persson Thunqvist, Gustavsson, dan Halvarsson Lundqvist (2023)	Keterampilan yang dibutuhkan untuk transisi menuju praktik industri yang berkelanjutan secara lingkungan
Manyati & Mutsau (2021)	Keterampilan yang memberdayakan individu dan bisnis untuk berkontribusi pada <i>Green Economy</i> melalui praktik yang berkelanjutan

Sintesis dari berbagai definisi tersebut menunjukkan bahwa *Green Skills* mencakup pengetahuan, kemampuan, nilai, dan sikap yang diperlukan untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. *Green Skills* tidak hanya berupa keterampilan teknis spesifik seperti instalasi panel surya atau pengelolaan limbah, tetapi juga meliputi keterampilan kognitif dan non-kognitif yang lebih luas yang memungkinkan kontribusi pada transisi menuju *Green Economy* (Fuchs, 2024). Pendekatan komprehensif untuk *Green Skills* telah dikembangkan melalui kerangka budaya kerja 6R yang mencakup keterampilan menggunakan kembali bahan/produk (*reuse*), mendaur ulang (*recycle*), mengurangi penggunaan sumber daya (*reduce*), memperbaiki produk rusak (*repair*), merakit ulang komponen (*reassemble*), dan menghemat energi (*resaving energy*) (Fitriyanto et al., 2023). Kerangka ini menawarkan pendekatan praktis untuk mengoperasionalkan konsep *Green Skills* dalam konteks pendidikan vokasi dan dapat dijadikan dasar pengembangan kurikulum *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green TVET*.

Tantangan dalam pengembangan *Green Skills* telah diidentifikasi pada berbagai konteks, termasuk masalah ketidaksetaraan, kemiskinan, jebakan kebijakan siklikal, fragmentasi inisiatif hijau, kesenjangan koordinasi, dan keterbatasan kapasitas sumber daya manusia (Owusu & Aryeh, 2024). Penelitian ini menunjukkan pentingnya mengintegrasikan

pengembangan *Green skills* ke dalam agenda *Green TVET* yang lebih luas dan inklusif. Perspektif yang lebih luas mengenai *Green Skills* menekankan bahwa kerangka pengembangan harus mempertimbangkan aspek keadilan sosial dan inklusivitas, tidak hanya fokus pada dimensi lingkungan. Hubungan antara pengembangan *Green Skills* dengan pemberdayaan gender dan keadilan iklim memperluas pemahaman tentang konsep ini dan memperkuat argumen untuk integrasi yang lebih komprehensif dalam pendidikan vokasi (Kwauk & Casey, 2022). Implementasi praktis *Green Skills* dalam pembelajaran vokasi melalui model *project citizen* telah ditunjukkan mampu meningkatkan kemampuan peserta didik dalam memilah sampah, menganalisis biaya, dan mengolah produk dari limbah bekas (Fitriyanto et al., 2021). Temuan ini memberikan bukti empiris tentang efektivitas pendekatan pembelajaran berbasis proyek dalam pengembangan *Green Skills* pada konteks pendidikan vokasi.

4.2 Model *Teaching Factory* dan Potensinya dalam Pengembangan *Green Skills*

Teaching Factory merupakan model pembelajaran yang mengintegrasikan lingkungan pendidikan dengan lingkungan industri, memungkinkan peserta didik untuk belajar dalam setting yang menyerupai tempat kerja nyata. Karakteristik utama model *Teaching Factory* berdasarkan kajian literatur disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik Utama Model *Teaching Factory*

Aspek	Karakteristik
Konsep Dasar	➤ Integrasi dunia pendidikan dengan dunia industri (Pratama et al., 2025)
	➤ Pembelajaran berbasis produksi (Tanjung et al., 2025)
	➤ Menerapkan standar industri dalam proses pembelajaran (Maksum et al., 2025)
Infrastruktur	➤ Orientasi pada pencapaian kompetensi dan produk (Pratama et al., 2025)
	➤ Replika lingkungan industri nyata (Tanjung et al., 2025)
	➤ Peralatan dan fasilitas produksi (Maksum et al., 2025)
	➤ Tata letak yang menyerupai rantai produksi (Pratama et al., 2025)
Kurikulum	➤ Sistem manajemen produksi (Yoto et al., 2023)
	➤ Berbasis kompetensi industri (Maksum et al., 2025)
	➤ Terintegrasi dengan kegiatan produksi (Pratama et al., 2025)
	➤ Penekanan pada pembelajaran experiential (Yoto et al., 2023)
Metode Pembelajaran	➤ Materi berbasis proyek nyata (Tanjung et al., 2025)
	➤ Learning by doing (Yoto et al., 2023)
	➤ Problem-based learning (Maksum et al., 2025)
Peran Guru/Instruktur	➤ Simulasi proses industri (Tanjung et al., 2025)
	➤ Pembelajaran kolaboratif (Pratama et al., 2025)
Peran Guru/Instruktur	➤ Fasilitator (Yoto et al., 2023)
	➤ Pengawas produksi (Tanjung et al., 2025)

Aspek	Karakteristik
Peran Industri	➤ Pembimbing kompetensi (Maksum et al., 2025)
	➤ Penghubung dengan industri (Pratama et al., 2025)
	➤ Penyedia standar kompetensi (Yoto et al., 2023)
	➤ Partner dalam pengembangan kurikulum (Tanjung et al., 2025)
	➤ Pengguna produk/jasa (Maksum et al., 2025)
Penilaian	➤ Penyedia tenaga ahli/konsultan (Pratama et al., 2025)
	➤ Berbasis hasil kerja nyata (Yoto et al., 2023)
	➤ Penilaian berbasis produk (Maksum et al., 2025)
	➤ Keterlibatan industri dalam penilaian (Pratama et al., 2025)
	➤ Sertifikasi kompetensi (Tanjung et al., 2025)

Model *Teaching Factory* telah terbukti efektif dalam meningkatkan berbagai kompetensi peserta didik, termasuk keterampilan teknis, kesiapan kerja, dan *Soft Skills* seperti pemecahan masalah, kerja tim, dan disiplin (Tanjung et al., 2025). Tabel 7 merangkum dampak implementasi model *Teaching Factory* berdasarkan temuan beberapa penelitian.

Tabel 7. Dampak Implementasi Model *Teaching Factory*

Dimensi Dampak	Temuan Penelitian
Kompetensi Teknis	➤ Peningkatan keterampilan teknis spesifik industri (Tanjung et al., 2025)
	➤ Penguasaan proses produksi secara komprehensif (Pratama et al., 2025)
	➤ Kemampuan menggunakan teknologi dan peralatan industri (Maksum et al., 2025)
Kesiapan Kerja	➤ Peningkatan kesiapan menghadapi dunia kerja (Tanjung et al., 2025)
	➤ Pemahaman budaya kerja industri (Yoto et al., 2023)
	➤ Adaptabilitas terhadap lingkungan kerja (Pratama et al., 2025)
	➤ Pengembangan kemampuan pemecahan masalah (Tanjung et al., 2025)
Soft Skills	➤ Peningkatan kerja tim dan kolaborasi (Pratama et al., 2025)
	➤ Penguatan disiplin dan tanggung jawab (Yoto et al., 2023)
Inovasi dan Kreativitas	➤ Kemampuan mengembangkan solusi inovatif (Maksum et al., 2025)
	➤ Pengembangan pemikiran kreatif (Pratama et al., 2025)
	➤ Kapasitas untuk improvisasi dan adaptasi (Tanjung et al., 2025)
Institusional	➤ Penguatan kerja sama dengan industri (Pratama et al., 2025)
	➤ Peningkatan relevansi kurikulum (Tanjung et al., 2025)
	➤ Pengembangan sumber daya dan fasilitas (Maksum et al., 2025)
Ekonomi	➤ Potensi penghasilan tambahan bagi lembaga (Pratama et al., 2025)
	➤ Pengembangan unit produksi yang berkelanjutan (Tanjung et al., 2025)
	➤ Kontribusi pada ekonomi lokal (Yoto et al., 2023)

Kajian literatur sistematis mengenai implementasi model *Teaching Factory* dalam pendidikan vokasi mengungkapkan bahwa berbagai inovasi dalam model pembelajaran ini memberikan dampak positif tidak hanya bagi peserta didik, tetapi juga bagi lembaga

pendidikan dan industri (Pratama et al., 2025). Integrasi modul pembelajaran digital dalam *Teaching Factory* pendidikan vokasi otomotif juga terbukti dapat meningkatkan prestasi akademik peserta didik secara signifikan (Maksum et al., 2025). Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas model *Teaching Factory* dalam pengembangan berbagai kompetensi peserta didik, riset yang secara spesifik mengaitkannya dengan pengembangan *Green skills* masih terbatas. Namun, karakteristik model *Teaching Factory* yang memungkinkan pembelajaran dalam lingkungan kerja nyata berpotensi menjadi platform efektif untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan pengembangan *Green Skills* (Yoto et al., 2023; Pratama et al., 2025).

4.3 *Green TVET*: Paradigma Baru dalam Pendidikan Vokasi

Green TVET merupakan pendekatan pendidikan vokasi yang mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan ke dalam kurikulum, pedagogi, dan praktik kelembagaan. Kajian literatur menunjukkan bahwa diskursus tentang *Green TVET* didominasi oleh perspektif kebijakan dan penelitian, dengan organisasi internasional berperan penting dalam pembentukan kebijakan (Albertz & Pilz, 2025). Sementara *Green Skills* umumnya dikaitkan dengan pekerjaan hijau di pasar tenaga kerja, *Green TVET* lebih mencakup proses penghijauan penyedia TVET. Diskursus ini tampak lebih berkembang di kawasan Asia-Pasifik dan Afrika, temuan yang relevan untuk konteks Indonesia yang sedang mengembangkan kebijakan pendidikan vokasi dan pembangunan berkelanjutan.

Berdasarkan analisis literatur, karakteristik utama *Green TVET* dirangkum dalam Tabel 8.

Tabel 8. Karakteristik Utama *Green TVET*

Dimensi	Karakteristik
Kurikulum	➤ Integrasi konten terkait keberlanjutan (McGrath & Ramsarup, 2024)
	➤ Pengembangan <i>Green skills</i> (Albertz & Pilz, 2025)
	➤ Pendekatan interdisipliner (Pavlova & Chen, 2022)
	➤ Orientasi pada kompetensi keberlanjutan (Persson Thunqvist et al., 2023)
Pedagogi	➤ Pembelajaran berbasis masalah (Nielsen et al., 2023)
	➤ Pembelajaran berbasis proyek (Fitriyanto et al., 2021)
	➤ Pembelajaran experiential (Yoto et al., 2023)
	➤ Pendekatan pembelajaran transformatif (Pavlova & Chen, 2022)
Kelembagaan	➤ Implementasi praktik manajemen berkelanjutan (Li et al., 2023)
	➤ Pengembangan kampus hijau (Chinedu et al., 2023)
	➤ Penggunaan energi terbarukan (Shamzzuzoha et al., 2022)
	➤ Pengelolaan limbah dan daur ulang (Fitriyanto et al., 2023)
Sosial	➤ Kemitraan dengan industri hijau (Persson Thunqvist et al., 2023)
	➤ Kerja sama dengan komunitas lokal (Owusu & Aryeh, 2024)
	➤ Partisipasi dalam inisiatif keberlanjutan (Ramsarup et al., 2024)

Dimensi	Karakteristik
Kebijakan	➤ Advokasi kebijakan keberlanjutan (Lotz-Sisitka et al., 2024)
	➤ Keselarasan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (McGrath & Ramsarup, 2024)
	➤ Dukungan kebijakan nasional/regional (Pavlova & Askerud, 2023)
	➤ Kerja sama dengan organisasi internasional (Albertz & Pilz, 2025)
	➤ Pengembangan standar dan sertifikasi <i>Green skills</i> (Kwauk & Casey, 2022)

Analisis tantangan inovasi dan penghijauan industri dalam konteks Euro-Asia serta implikasinya bagi TVET menekankan pentingnya perumusan kebijakan strategis untuk mendukung transformasi TVET menuju pendekatan yang lebih berkelanjutan (Pavlova & Askerud, 2023). Hal ini sejalan dengan pentingnya perspektif ekonomi politik ekologis dalam memahami peran pendidikan vokasi dalam konteks perubahan iklim (Lotz-Sisitka et al., 2024). Peran krusial pendidikan vokasi dalam mendukung transformasi industri menuju praktik berkelanjutan telah diidentifikasi melalui beberapa pendekatan implementasi, meliputi pengembangan kurikulum terintegrasi dengan prinsip keberlanjutan, penguatan kolaborasi dengan industri, dan pengembangan kompetensi guru/instruktur dalam aspek keberlanjutan (Persson Thunqvist et al., 2023).

Studi lain memetakan keterampilan yang dibutuhkan untuk mengembangkan pusat keunggulan dalam pendidikan vokasi untuk inovasi hijau, menekankan pentingnya mengembangkan keterampilan yang relevan dengan kebutuhan industri hijau dan mengintegrasikan inovasi dalam pendidikan vokasi guna mendukung transisi *Green Economy* (Shamzzuzoha et al., 2022). Berdasarkan analisis literatur, dapat disimpulkan bahwa *Green TVET* merupakan pendekatan pendidikan vokasi holistik yang tidak hanya fokus pada keterampilan teknis, tetapi juga mempertimbangkan aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi. Pendekatan ini memiliki potensi untuk diintegrasikan dengan model *Teaching Factory* untuk mengembangkan *Green Skills* yang relevan dengan kebutuhan industri dan mendukung transisi menuju *Green Economy*.

4.4 Mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green TVET* untuk Pengembangan *Green skills*

Berdasarkan analisis literatur, beberapa pendekatan untuk mengintegrasikan model *Teaching Factory* dengan *Green TVET* untuk pengembangan *Green Skills* dapat diidentifikasi:

4.4.1 Pendekatan Kurikuler

Integrasi dapat dilakukan melalui pengembangan kurikulum *Teaching Factory* yang secara eksplisit memasukkan komponen *Green Skills*. Konsep budaya kerja 6R (*Reuse*,

Recycle, Reduce, Repair, Reassemble, dan Resaving Energy) dapat diintegrasikan ke dalam kurikulum *Teaching Factory* (Fitriyanto et al., 2023). Pendekatan pembelajaran berbasis proyek juga telah terbukti efektif dalam mengembangkan *Green Skills* dalam pembelajaran vokasi, seperti melalui model *project citizen* yang dapat diadaptasi dalam konteks *Teaching Factory* (Fitriyanto et al., 2021).

4.4.2 Pendekatan Pedagogis

Integrasi juga dapat dilakukan melalui pendekatan pedagogis yang menggabungkan prinsip-prinsip *Teaching Factory* dengan pembelajaran berbasis keberlanjutan. Pendekatan pembelajaran berbasis kehidupan (*Life-Based Learning*) dalam pendidikan vokasi dapat diimplementasikan melalui praktik industri, kelas industri, dan kegiatan *Teaching Factory* (Yoto et al., 2023). Pendekatan ini bertujuan untuk mendekatkan kegiatan pembelajaran dengan kehidupan kerja nyata di tempat kerja melalui praktik lapangan, yang juga dapat menjadi platform untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan.

Model TEFA-T yang mengintegrasikan modul pembelajaran digital dalam *Teaching Factory* juga dapat diperkaya dengan konten terkait *Green Skills*, memungkinkan peserta didik untuk mengembangkan kompetensi keberlanjutan sambil tetap memperoleh pengalaman praktis dalam lingkungan kerja nyata (Maksum et al., 2025). Selain itu, pendekatan *problem-based learning* dengan fokus pada isu-isu keberlanjutan dapat diintegrasikan ke dalam model *Teaching Factory* untuk mempromosikan pemikiran kritis dan keterampilan pemecahan masalah dalam konteks keberlanjutan lingkungan.

4.4.3 Pendekatan Kelembagaan

Integrasi pada level kelembagaan melibatkan transformasi lembaga pendidikan vokasi menjadi "*Green TVET Institutions*" yang mengimplementasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dalam operasional dan manajemen lembaga, sekaligus menerapkan model *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green Skills*. Pentingnya harmonisasi inisiatif dan strategi sektoral tentang *Green Skills* untuk menghindari jebakan kebijakan siklikal dan memperluas agenda *Green TVET* saat ini telah ditekankan dalam literatur (Owusu & Aryeh, 2024). Implementasi praktik manajemen berkelanjutan, pengembangan kampus hijau, penggunaan energi terbarukan, dan pengelolaan limbah dan daur ulang dapat menjadi bagian integral dari pendekatan kelembagaan untuk mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green TVET*. Pengembangan kapasitas guru/instruktur melalui program pelatihan tentang *Green Skills* dan keberlanjutan juga merupakan komponen penting dari pendekatan kelembagaan.

4.4.4 Pendekatan Kolaboratif

Integrasi juga memerlukan kolaborasi antara lembaga pendidikan, industri, dan pembuat kebijakan. Kolaborasi industri memperkuat relevansi kurikulum dan kualitas pelatihan, meningkatkan kemampuan lulusan untuk bekerja (Tanjung et al., 2025). Dalam konteks pengembangan *Green Skills*, kolaborasi dengan industri yang sedang bertransisi menuju praktik yang lebih berkelanjutan dapat memberikan pengalaman belajar yang otentik bagi peserta didik. Membangun mekanisme koordinasi yang efektif antara lembaga pendidikan, industri, dan pembuat kebijakan dalam mengembangkan dan mengimplementasikan program pengembangan *Green Skills* merupakan komponen kunci dari pendekatan kolaboratif. Selain itu, partisipasi dalam jaringan dan platform kolaborasi internasional terkait *Green TVET* dapat memperkaya pengalaman dan pengetahuan tentang praktik terbaik dalam mengintegrasikan *Teaching Factory* dengan *Green TVET*.

4.5 Kerangka Konseptual Integrasi *Teaching factory* dengan *Green TVET*

Berdasarkan sintesis dari berbagai pendekatan yang diidentifikasi, kerangka konseptual untuk mengintegrasikan model *Teaching Factory* dengan *Green TVET* untuk pengembangan *Green Skills* dapat diusulkan. Kerangka konseptual ini mencakup empat dimensi utama, sebagaimana disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Kerangka Konseptual Integrasi *Teaching factory* dengan *Green TVET*

Dimensi	Komponen	Implementasi
Kurikuler	Konten <i>Green skills</i>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Integrasi pengetahuan tentang isu-isu keberlanjutan (McGrath & Ramsarup, 2024) ➤ Pengembangan keterampilan teknis terkait teknologi hijau (Shamzzuzoha et al., 2022) ➤ Kultivasi nilai dan sikap pro-lingkungan (Fuchs, 2024)
	Struktur Kurikulum	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modul khusus tentang <i>Green Skills</i> (Pavlova & Chen, 2022) ➤ Pendekatan transdisipliner (Chinedu et al., 2023) ➤ Integrasi prinsip 6R (<i>Reuse, Recycle, Reduce, Repair, Reassemble, Resaving Energy</i>) (Fitriyanto et al., 2023)
	Penilaian	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rubrik penilaian <i>Green Skills</i> (Nielsen et al., 2023) ➤ Portofolio keberlanjutan (Pavlova & Singh, 2022) ➤ Penilaian autentik berbasis proyek hijau (Fitriyanto et al., 2021)
Pedagogis	Pendekatan Pembelajaran	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pembelajaran berbasis masalah lingkungan nyata (Yoto et al., 2023)

Dimensi	Komponen	Implementasi
Kelembagaan	Metode Pengajaran	➤ Pembelajaran berbasis proyek hijau (Fitriyanto et al., 2021)
		➤ Pembelajaran experiential dalam konteks keberlanjutan (Kang & Pavlova, 2021)
		➤ Simulasi industri hijau (Tanjung et al., 2025)
		➤ Studi kasus praktik industri berkelanjutan (Persson Thunqvist et al., 2023)
	Media Pembelajaran	➤ Pembelajaran kolaboratif dengan industri hijau (Pratama et al., 2025)
		➤ Modul digital tentang <i>Green Skills</i> (Maksum et al., 2025)
		➤ Simulasi virtual proses industri hijau (Li et al., 2023)
	Infrastruktur	➤ Platform e-learning terintegrasi (Pavlova & Chen, 2022)
		➤ Fasilitas <i>Teaching Factory</i> ramah lingkungan (Tanjung et al., 2025)
		➤ Implementasi teknologi hijau (Shamzzuzoha et al., 2022)
SDM	➤ Sistem manajemen lingkungan (Chinedu et al., 2023)	
	➤ Pelatihan guru tentang <i>Green Skills</i> (Kang & Pavlova, 2021)	
	➤ Kolaborasi dengan ahli keberlanjutan (Persson Thunqvist et al., 2023)	
	➤ Pengembangan kompetensi hijau bagi staf (Nielsen et al., 2023)	
Manajemen	➤ Kebijakan lingkungan kelembagaan (Li et al., 2023)	
	➤ Sistem monitoring dan evaluasi <i>Green Teaching Factory</i> (Pavlova & Askerud, 2023)	
	➤ Sertifikasi <i>Green Institution</i> (Chinedu et al., 2023)	
Kolaboratif	Kemitraan Industri	➤ Kerja sama dengan industri hijau (Tanjung et al., 2025)
		➤ Program magang di perusahaan berkelanjutan (Naphorn, 2021)
		➤ Transfer teknologi hijau (Shamzzuzoha et al., 2022)
	Kolaborasi Pemangku Kepentingan	➤ Kerja sama dengan pemerintah (Owusu & Aryeh, 2024)
		➤ Pelibatan komunitas lokal (Manyati & Mutsau, 2021)
		➤ Jaringan dengan lembaga pendidikan lain (McGrath & Russon, 2023)
	Kemitraan Global	➤ Kolaborasi dengan organisasi internasional (Albertz & Pilz, 2025)
		➤ Partisipasi dalam jaringan <i>Green TVET</i> global (Pavlova & Askerud, 2023)

Dimensi	Komponen	Implementasi
		➤ Pertukaran praktik baik lintas negara (Ramsarup et al., 2024)

Kerangka konseptual ini dapat menjadi panduan bagi lembaga pendidikan vokasi dalam mengimplementasikan model *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green TVET* untuk pengembangan *Green Skills*. Setiap dimensi dan komponen dapat diadaptasi sesuai dengan konteks dan kebutuhan spesifik lembaga. Dimensi kurikuler fokus pada pengintegrasian konten, struktur, dan penilaian yang relevan dengan *Green Skills* ke dalam kurikulum *Teaching Factory*. Pendekatan pembelajaran berbasis proyek dan masalah dapat digunakan untuk mengembangkan *Green Skills* sambil tetap mempertahankan karakteristik pembelajaran berbasis produksi dari model *Teaching Factory* (Fitriyanto et al., 2021; Fitriyanto et al., 2023).

Dimensi pedagogis berfokus pada pendekatan pembelajaran, metode pengajaran, dan media pembelajaran yang mendukung integrasi *Teaching Factory* dengan *Green TVET*. Pendekatan pembelajaran experiential dan berbasis masalah telah terbukti efektif dalam mengembangkan *Green Skills* dalam konteks pendidikan vokasi (Yoto et al., 2023; Maksun et al., 2025). Dimensi kelembagaan mencakup infrastruktur, sumber daya manusia, dan manajemen yang mendukung implementasi *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green TVET*. Pengembangan kapasitas guru/instruktur dan implementasi praktik manajemen berkelanjutan merupakan komponen penting dari dimensi ini (Persson Thunqvist et al., 2023; Shamzzuzoha et al., 2022). Dimensi kolaboratif melibatkan kemitraan dengan industri, kolaborasi dengan pemangku kepentingan, dan kemitraan global yang mendukung implementasi *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green TVET*. Kolaborasi dengan industri yang sedang bertransisi menuju praktik yang lebih berkelanjutan dapat memberikan pengalaman belajar yang otentik bagi peserta didik dan mendukung pengembangan *Green skills* (Tanjung et al., 2025; Owusu & Aryeh, 2024).

4.6 Tantangan dan Strategi Implementasi

Implementasi model *Teaching Factory* yang terintegrasi dengan *Green TVET* untuk pengembangan *Green Skills* menghadapi beberapa tantangan. Berdasarkan analisis literatur, tantangan utama dan strategi untuk mengatasinya dirangkum dalam Tabel 10.

Tabel 10. Tantangan dan Strategi Implementasi *Teaching factory* Terintegrasi dengan *Green TVET*

Tantangan	Deskripsi	Strategi Implementasi
Keterbatasan Kapasitas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurangnya pengetahuan dan keterampilan guru/instruktur tentang <i>Green Skills</i> (Kang & Pavlova, 2021) ➤ Terbatasnya infrastruktur dan fasilitas yang mendukung (Li et al., 2023) ➤ Kurangnya sumber daya pembelajaran tentang <i>Green Skills</i> (Nielsen et al., 2023) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Program pelatihan guru tentang <i>Green Skills</i> dan keberlanjutan (Persson Thunqvist et al., 2023) ➤ Investasi infrastruktur dan fasilitas ramah lingkungan (Shamzzuzoha et al., 2022) ➤ Pengembangan sumber belajar tentang <i>Green Skills</i> (Pavlova & Chen, 2022) ➤ Dukungan finansial dari pemerintah dan industri (Owusu & Aryeh, 2024)
Kesenjangan Kurikulum	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurikulum pendidikan vokasi belum sepenuhnya mengintegrasikan prinsip keberlanjutan (Chinedu et al., 2023) ➤ Kurangnya standar kompetensi untuk <i>Green Skills</i> (Albertz & Pilz, 2025) ➤ Kesulitan dalam menilai pengembangan <i>Green Skills</i> (Pavlova & Singh, 2022) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reformasi kurikulum yang mengintegrasikan prinsip keberlanjutan (Fitriyanto et al., 2023) ➤ Pengembangan standar kompetensi <i>Green Skills</i> bersama industri (Persson Thunqvist et al., 2023) ➤ Pengembangan instrumen penilaian untuk <i>Green skills</i> (Nielsen et al., 2023) ➤ Benchmarking dengan praktik terbaik internasional (Albertz & Pilz, 2025)
Koordinasi Lintas Sektor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurangnya koordinasi antara lembaga pendidikan, industri, dan pembuat kebijakan (Pavlova & Askerud, 2023) ➤ Fragmentasi inisiatif <i>Green Skills</i> (Owusu & Aryeh, 2024) ➤ Kesenjangan antara kebijakan dan implementasi (Lotz-Sisitka et al., 2024) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pembentukan platform koordinasi multi-pemangku kepentingan (McGrath & Ramsarup, 2024) ➤ Harmonisasi inisiatif dan strategi <i>Green Skills</i> (Ramsarup et al., 2024) ➤ Integrasi kebijakan <i>Green TVET</i> ke dalam strategi nasional (McGrath & Russon, 2023) ➤ Pengembangan jalur karir yang jelas untuk pekerjaan hijau (Napathorn, 2021)
Kesenjangan Kesadaran	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kurangnya kesadaran tentang pentingnya <i>Green Skills</i> (Fuchs, 2024) ➤ Resistensi terhadap perubahan (Persson Thunqvist et al., 2023) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kampanye kesadaran tentang pentingnya <i>Green Skills</i> (Kwauk & Casey, 2022) ➤ Showcase keberhasilan implementasi <i>Green Teaching Factory</i> (Tanjung et al., 2025)

Tantangan	Deskripsi	Strategi Implementasi
Keberlanjutan Program	➤ Persepsi negatif tentang pekerjaan hijau (Manyati & Mutsau, 2021)	➤ Pelibatan alumni sebagai duta <i>Green</i> (Fitriyanto et al., 2021) ➤ Komunikasi manfaat ekonomi dan sosial dari <i>Green Skills</i> (Fuchs, 2024)
	➤ Ketergantungan pada pendanaan eksternal (Owusu & Aryeh, 2024)	➤ Pengembangan model bisnis berkelanjutan (Pratama et al., 2025)
	➤ Keberlanjutan program setelah fase awal (Persson Thunqvist et al., 2023)	➤ Diversifikasi sumber pendanaan (Maksum et al., 2025)
Kesiapan Industri	➤ Fluktuasi komitmen pemangku kepentingan (Pavlova & Askerud, 2023)	➤ Integrasi program ke dalam sistem yang ada (Tanjung et al., 2025) ➤ Evaluasi dan perbaikan berkelanjutan (Nielsen et al., 2023)
	➤ Variasi kesiapan industri dalam transisi hijau (Persson Thunqvist et al., 2023)	➤ Penelitian prospektif tentang kebutuhan <i>Green Skills</i> (Fuchs, 2024)
	➤ Ketidakpastian kebutuhan <i>Green Skills</i> di masa depan (Stroud et al., 2025)	➤ Program dukungan untuk transisi industri (Pavlova & Askerud, 2023)
	➤ Kesenjangan antara penawaran dan permintaan <i>Green Skills</i> (Albertz & Pilz, 2025)	➤ Kolaborasi dalam pengembangan kurikulum (Li et al., 2023) ➤ Sistem informasi pasar kerja untuk <i>Green Skills</i> (Ramsarup et al., 2024)

Keterbatasan kapasitas, terutama dalam hal pengetahuan dan keterampilan guru/instruktur tentang *Green Skills*, merupakan tantangan utama dalam implementasi model terintegrasi ini. Program pelatihan guru tentang *Green Skills* dan keberlanjutan serta investasi dalam infrastruktur dan fasilitas ramah lingkungan dapat membantu mengatasi tantangan ini (Persson Thunqvist et al., 2023; Shamzzuzoha et al., 2022). Kesenjangan kurikulum juga menjadi tantangan signifikan, dengan kurikulum pendidikan vokasi yang belum sepenuhnya mengintegrasikan prinsip-prinsip keberlanjutan dan kurangnya standar kompetensi untuk *Green Skills*. Reformasi kurikulum yang mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dan pengembangan standar kompetensi *Green Skills* bersama industri dapat membantu mengatasi tantangan ini (Fitriyanto et al., 2023; Albertz & Pilz, 2025). Kurangnya koordinasi antara lembaga pendidikan, industri, dan pembuat kebijakan serta fragmentasi inisiatif *Green Skills* juga menjadi tantangan dalam implementasi model terintegrasi. Pembentukan platform koordinasi multi-pemangku kepentingan dan harmonisasi inisiatif

dan strategi *Green Skills* dapat membantu mengatasi tantangan ini (Owusu & Aryeh, 2024; Lotz-Sisitka et al., 2024).

Kesenjangan kesadaran tentang pentingnya *Green Skills*, resistensi terhadap perubahan, dan persepsi negatif tentang pekerjaan hijau juga menjadi tantangan dalam implementasi. Kampanye kesadaran dan komunikasi manfaat ekonomi dan sosial dari *Green Skills* dapat membantu meningkatkan kesadaran dan mengurangi resistensi (Kwauk & Casey, 2022; Fuchs, 2024). Keberlanjutan program setelah fase awal dan ketergantungan pada pendanaan eksternal juga menjadi tantangan. Pengembangan model bisnis berkelanjutan dan diversifikasi sumber pendanaan dapat membantu mengatasi tantangan ini (Pratama et al., 2025; Tanjung et al., 2025). Kesiapan industri dalam transisi hijau dan ketidakpastian kebutuhan *Green Skills* di masa depan juga menjadi tantangan. Penelitian prospektif tentang kebutuhan *Green Skills* dan program dukungan untuk transisi industri dapat membantu mengatasi tantangan ini (Stroud et al., 2025; Manyati & Mutsau, 2021). Strategi-strategi yang diusulkan dalam Tabel 10 dapat diadaptasi dan diimplementasikan sesuai dengan konteks spesifik lembaga pendidikan vokasi dan ekosistem industri di sekitarnya. Implementasi yang efektif membutuhkan pendekatan sistemik yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan dan mempertimbangkan kekhususan konteks lokal.

4.7 Temuan Terbaru dari Riset Ini

Penelitian ini menghasilkan lima temuan terbaru yang memberikan kontribusi signifikan pada pengembangan pengetahuan pendidikan vokasi berkelanjutan. Pertama, pengembangan kerangka konseptual integrasi multidimensional yang pertama dalam literatur, yang secara sistematis menunjukkan bagaimana *Teaching Factory* dapat diintegrasikan dengan *Green Technical and Vocational Education and Training* melalui empat dimensi yang saling berinteraksi: kurikuler, pedagogis, kelembagaan, dan kolaboratif. Kedua, pemetaan research gap komprehensif yang mengungkapkan bahwa dari 31 artikel periode 2021-2025, tidak ada yang secara eksplisit mengeksplorasi integrasi kedua konsep tersebut, menunjukkan adanya blind spot dalam penelitian pendidikan vokasi. Ketiga, identifikasi momentum penelitian pasca-pandemi dengan akselerasi publikasi dramatis pada 2024-2025, mencerminkan pergeseran paradigmatik dalam prioritas penelitian yang dipicu oleh COVID-19 sebagai kesadaran akademis tentang *Green Skills*. Keempat, pengembangan kerangka implementasi berbasis tantangan-strategi yang memetakan enam kategori tantangan spesifik beserta strategi mitigasi corresponding, memberikan roadmap praktis yang belum tersedia dalam literatur sebelumnya. Kelima, konseptualisasi *Green skills* dalam konteks *Teaching Factory* yang tidak hanya mencakup keterampilan teknis spesifik, tetapi

juga keterampilan kognitif dan non-kognitif untuk kontribusi transisi *Green Economy* melalui pengalaman pembelajaran berbasis produksi nyata.

4.8 Keterbatasan dan Kelemahan Riset Ini

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui untuk interpretasi hasil dan agenda penelitian masa depan. Keterbatasan metodologis meliputi ketergantungan pada satu database Scopus yang dapat menyebabkan bias publikasi, pembatasan pada publikasi berbahasa Inggris yang mengabaikan perspektif regional, dan eksklusi gray literature yang mungkin memberikan insight praktis berharga. Keterbatasan temporal dan kontekstual terlihat dari rentang waktu 2021-2025 yang relatif pendek sehingga tidak dapat menangkap tren jangka panjang atau perkembangan historis, serta mayoritas literatur berasal dari negara maju yang mungkin tidak aplikatif untuk konteks pengembangan berbeda. Penelitian ini juga bersifat *Conceptual-Theoretical* tanpa validasi empiris melalui implementasi kerangka yang diusulkan, tidak melakukan analisis mendalam perspektif stakeholder seperti praktisi dan pembuat kebijakan, serta tidak melakukan comparative analysis antar berbagai model implementasi di berbagai negara. Selain itu, penelitian ini tidak mengembangkan *Assessment Tools* atau *Metrics* untuk mengukur keberhasilan implementasi integrasi *Teaching Factory* dengan *Green Technical and Vocational Education and Training*. Keterbatasan-keterbatasan ini memberikan arah jelas untuk agenda penelitian masa depan yang perlu melakukan *Mixed-methods Studies*, studi kasus komparatif, studi longitudinal, dan pengembangan instrumen penilaian yang valid.

5. KESIMPULAN

Transformasi pendidikan vokasi menuju tenaga kerja berkelanjutan memerlukan redefinisi peran *Teaching Factory* dan *Green TVET* sebagai ekosistem terpadu. Penelitian ini menunjukkan bahwa dikotomi antara pembelajaran berbasis produksi dan prinsip keberlanjutan adalah dilema semu yang menghambat sinergi keduanya. Dengan menganalisis 31 artikel pascapandemi, riset ini menegaskan bahwa integrasi *Teaching Factory* dan *Green TVET* bukan sekadar pilihan, melainkan kebutuhan strategis untuk menjaga relevansi pendidikan vokasi di masa depan. Kerangka konseptual yang dihasilkan membuktikan bahwa keterampilan berkelanjutan dapat dikembangkan melalui pendekatan kurikuler, pedagogis, kelembagaan, dan kolaboratif. Temuan ini membuka jalan bagi transformasi pendidikan vokasi yang memadukan aspek ekonomi dan ekologi secara harmonis untuk menyiapkan tenaga kerja yang siap menghadapi tantangan *Green Economy*.

REFERENSI

- Chinedu, C. C., Saleem, A., & Wan Muda, W. H. N. (2023). Teaching and learning approaches: Curriculum framework for sustainability literacy for technical and vocational teacher training programmes in Malaysia. *Sustainability*, 15(3), 1-24.
- Fitriyanto, M. N., Diplan, & Pribadi, A. (2021). Green skills in vocational learning through the project citizen model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1833(1), 012048.
- Fitriyanto, M. N., Triyono, M. B., & Saijo. (2023). Development Green skills through 6R work culture concept. *AIP Conference Proceedings*. 2590, 040010.
- Fuchs, M. (2024). Green skills for sustainability transitions. *Geography Compass*, 18(10), 1-12.
- Kang, R., & Pavlova, M. (2021). Development of TVET teachers' career identity through teacher education and training programs for the purposes of including ESD in classroom practices. *TVET@Asia*, 14, 1-11.
- Kwauk, C. T., & Casey, O. M. (2022). A Green skills framework for climate action, gender empowerment, and climate justice. *Development Policy Review*, 40(2), 1-19.
- Li, H., Khattak, S., Lu, X., & Khan, A. (2023). Greening the way forward: A qualitative assessment of Green technology integration and prospects in a Chinese technical and vocational institute. *Sustainability*, 15(6), 1-16.
- Lotz-Sisitka, H., McGrath, S., & Ramsarup, P. (2024). Oil, transport, water and food: A political-economy-ecology lens on VET in a climate changing world. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(2), 281-306.
- Maksum, H., Purwanto, W., Siman, Triono, S., & Hasan, H. (2025). Enhancing student achievement through a digital learning module: The TEFA-T model in a teaching factory of automotive vocational education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(6), 115-127.
- Manyati, T. K., & Mutsau, M. (2021). Leveraging Green skills in response to the COVID-19 crisis: A case study of small and medium enterprises in Harare, Zimbabwe. *Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies*, 13(4), 673-697.
- McGrath, S., & Ramsarup, P. (2024). Towards vocational education and training and skills development for sustainable futures. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(2), 247-258.
- McGrath, S., & Russon, J.-A. (2023). TVET SI: Towards sustainable vocational education and training: Thinking beyond the formal. *Southern African Journal of Environmental Education*, 39, 1-18.
- Napathorn, C. (2021). The development of Green skills across firms in the institutional context of Thailand. *Asia-Pacific Journal of Business Administration*, 14(4), 539-572.
- Nielsen, S. M., Frohlich, K., & Lunkeit, A. (2023). GRETA – Greening of vocational education and training: Processes, practices and policies. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(2), 148-169.

- Owusu, A.Y., & Aryeh, A.A.A. (2024). The development of Green skills for the informal sector of Ghana: Towards sustainable futures. *Journal of Vocational Education and Training*, 76(2), 406-429.
- Pavlova, M., & Askerud, P. (2023). A Euro-Asian look at challenges to innovation and the Greening of industries: Implications for TVET and strategic policy formulation. *Journal of Vocational Education & Training*, 76(2), 1-25.
- Pavlova, M., & Chen, C. S. (2022). Facilitating the development of students' generic Green skills in TVET: An ESD pedagogical model. *TVET@Asia*, 12, 1-19.
- Persson Thunqvist, D., Gustavsson, M., & Halvarsson Lundqvist, A. (2023). The role of VET in a Green transition of industry: A literature review. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 10(3), 361-382.
- Pavlova, M., & Singh, M. (2022). Recognizing Green skills through non-formal learning: A comparative study in Asia. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 9(3), 331-353.
- Pratama, G. N. I. P., Triyono, M. B., Setiadi, B. R., Wibawa, E. A., Milansari, I. L., Dinata, C., & Prihandini, T. F. (2025). A systematic literature review on implementation of teaching factory model in vocational education. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 22(62), 708-718.
- Putra, R. C., Kusumah, I. H., Komaro, M., Rahayu, Y., & Asfiyanur, E. P. (2018). Design learning of teaching factory in mechanical engineering. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1), 012104.
- Putra, R.C., Barliana, M.S., Komaro, M., & Hamdani, A. (2022). Work-Integrated Learning in Vocational Education. *Proceedings of the 4th International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education (ICIEVE 2021)*. 651, 153-158.
- Ramsarup, P., McGrath, S., & Lotz-Sisitka, H. (2024). A landscape view of emerging sustainability responses within VET. *Journal of Vocational Education & Training*, 67(2), 259-280.
- Shamzzuzoha, A., Cisneros Chavira, P., Kekale, T., Kuusniemi, H., & Jovanovski, B. (2022). Identified necessary skills to establish a center of excellence in vocational education for Green innovation. *Cleaner Environmental Systems*, 7, 1-10.
- Stroud, D., Antonazzo, L., & Weinel, M. (2025). "Green skills" and the emergent property of "Greening". *Policy Studies*, 46(3), 343-362.
- Tanjung, D., Syahwani, A. K. I., Ayuningtyas, G., Sholihah, W., & Rivtryana, D. A. (2025). Evaluating the impact of the teaching factory model on Vocational High School student competencies in the SMK Centre of excellence program. *BIO Web of Conferences*. 171, 04015.
- Yoto, Mawangi, P. A. N., & Pramudhita, A. N. (2023). Improving vocational education quality through life-based learning. *AIP Conference Proceedings*. 2531, 050001.