

Membangun SDM Pertanian Unggul melalui Desain Pembelajaran Berbasis Kompetensi: Literatur Review

Iwan Patria¹, Usep Rizab²

^{1,2}Politeknik Pembangunan Pertanian Bogor, Badan Penyuluhan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian, Bogor, Indonesia

Email: ¹iwpatria@gmail.com

Abstract

The transformation of the agricultural sector toward modern agriculture requires human resources (HR) with competencies aligned with technological developments and sustainability demands. Competency-based learning design is a strategic approach because it places competency mastery and performance capability as the primary orientation of the learning process. This study aims to analyze the role of competency-based learning design in developing excellent agricultural human resources. A literature review method with a systematic review approach was employed based on the PRISMA 2020 framework. Literature was obtained through Google Scholar, Scopus, and Web of Science using inclusion criteria consisting of articles published between 2021 and 2025, available in Indonesian or English, providing full-text access, and relevant to agricultural education, learning, competencies, and human resource development. Eight articles were selected and analyzed using descriptive-narrative synthesis. The findings indicate that agricultural human resource competencies are no longer limited to technical skills but also encompass digital competencies, data literacy, problem-solving, innovation, leadership, collaboration, systems thinking, and sustainability. Contextual and authentic competency-based learning designs implemented through project-based learning, problem-based learning, field practice, and technology integration can support the development of these competencies. Therefore, competency-based learning design can serve as a strategic approach to developing agricultural human resources who are competent, adaptive, innovative, and competitive in responding to the transformation toward modern and sustainable agriculture.

Keywords: Learning Design, Competencies, Agricultural Human Resources, Modern Agriculture, Agricultural Education.

Abstrak

Transformasi sektor pertanian menuju pertanian modern membutuhkan sumber daya manusia (SDM) yang memiliki kompetensi sesuai dengan perkembangan teknologi dan tuntutan keberlanjutan. Desain pembelajaran berbasis kompetensi menjadi salah satu pendekatan strategis karena menempatkan penguasaan kompetensi dan kemampuan kinerja sebagai orientasi utama proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran desain pembelajaran berbasis kompetensi dalam membangun SDM pertanian unggul. Penelitian menggunakan metode *literature review* dengan pendekatan tinjauan sistematis berdasarkan alur PRISMA 2020. Literatur diperoleh melalui Google Scholar, Scopus, dan Web of Science dengan kriteria artikel terbit tahun 2021–2025, tersedia dalam bahasa Indonesia atau Inggris, memiliki teks lengkap, dan relevan dengan pendidikan, pembelajaran, kompetensi, serta pengembangan SDM pertanian. Hasil seleksi menghasilkan delapan artikel yang dianalisis secara deskriptif-naratif. Hasil kajian menunjukkan bahwa kompetensi SDM pertanian tidak lagi terbatas pada kompetensi teknis, tetapi mencakup kompetensi digital, literasi data, pemecahan masalah, inovasi, kepemimpinan, kolaborasi, *system thinking*, dan keberlanjutan. Desain pembelajaran berbasis kompetensi yang kontekstual dan autentik melalui pembelajaran berbasis proyek, pemecahan masalah, praktik lapangan, serta integrasi teknologi mampu mendukung pengembangan kompetensi tersebut. Dengan demikian, desain pembelajaran berbasis kompetensi dapat menjadi strategi pengembangan SDM pertanian yang kompeten, adaptif, inovatif, dan berdaya saing dalam menghadapi transformasi pertanian modern.

Kata Kunci: Desain Pembelajaran, Kompetensi, SDM Pertanian, Pertanian Modern, Pendidikan Pertanian.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam sistem pertanian, dari pola produksi konvensional menuju pertanian yang semakin berbasis data, otomatisasi, dan konektivitas. Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT), sensor, teknologi *remote sensing*, kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*), *machine learning*, serta sistem analitik data memungkinkan proses pemantauan tanaman, pengambilan keputusan, prediksi hasil, dan pengelolaan sumber daya dilakukan secara lebih presisi dan efisien. Transformasi tersebut tidak hanya mengubah teknologi yang digunakan dalam kegiatan produksi, tetapi juga mengubah karakter pekerjaan dan kompetensi yang dibutuhkan oleh tenaga kerja pertanian. Bampasidou et al. (2024) menegaskan bahwa perkembangan pertanian digital membutuhkan sumber daya manusia yang memiliki kemampuan untuk memahami dan memanfaatkan teknologi digital dalam konteks pertanian. Sejalan dengan perkembangan AI, integrasi teknologi tersebut dalam pendidikan tinggi pertanian juga mulai mengubah proses pembelajaran dan penelitian, sehingga institusi pendidikan dituntut untuk mempersiapkan lulusan yang mampu beradaptasi dengan lingkungan pertanian berbasis teknologi (Lengyel et al., 2025).

Namun, transformasi teknologi tersebut belum sepenuhnya diikuti oleh kesiapan kompetensi sumber daya manusia pertanian. Perubahan menuju pertanian digital menuntut kombinasi kompetensi teknis pertanian dengan kemampuan digital, analisis data, pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, dan kemampuan beradaptasi terhadap teknologi baru. Charatsari et al. (2023) menunjukkan bahwa transisi digital pertanian membutuhkan kompetensi baru pada tenaga profesional dan penyuluh pertanian, sementara tidak seluruh calon tenaga profesional telah memiliki kesiapan kompetensi yang memadai. Kondisi tersebut menunjukkan adanya *bottleneck* pada aspek sumber daya manusia, yaitu kesenjangan antara perkembangan teknologi pertanian dengan kemampuan tenaga kerja untuk mengadopsi, mengoperasikan, dan mengintegrasikan teknologi tersebut ke dalam praktik pertanian. Dengan demikian, tantangan pengembangan pertanian modern tidak hanya terletak pada ketersediaan teknologi, tetapi juga pada bagaimana sistem pendidikan dan pelatihan mampu menghasilkan SDM yang memiliki kompetensi sesuai dengan kebutuhan sektor pertanian yang terus berubah. Pendekatan pembelajaran berbasis kompetensi menjadi relevan karena menempatkan penguasaan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan penerapan dalam konteks pekerjaan sebagai bagian integral dari proses pendidikan (Saadvandi et al., 2024; Nyamweru et al., 2025a).

Dalam konteks tersebut, sektor pertanian memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, pembangunan ekonomi, dan kesejahteraan masyarakat. Namun, perkembangannya menghadapi perubahan kompleks akibat kemajuan teknologi digital, perubahan iklim, tuntutan efisiensi produksi, dan kebutuhan penerapan sistem pertanian berkelanjutan. Kondisi ini mengubah kebutuhan terhadap sumber daya manusia (SDM) pertanian, yang tidak lagi cukup menguasai keterampilan teknis, tetapi juga perlu mampu beradaptasi, memanfaatkan teknologi, mengelola informasi, berinovasi, dan mengambil keputusan berbasis data. Sørensen et al. (2021) menunjukkan bahwa profesional pertanian membutuhkan kombinasi keterampilan teknis, perspektif sistem, pembelajaran sepanjang hayat, integrasi pengetahuan, serta kemampuan membangun jejaring dan komunitas pembelajaran untuk mendukung transisi menuju pertanian berkelanjutan.

Pengembangan SDM pertanian menjadi semakin penting karena kualitas pendidikan dan kompetensi tenaga kerja berkaitan dengan kemampuan sektor pertanian dalam merespons perubahan. Kajian mengenai pengembangan SDM di perguruan tinggi

pertanian menunjukkan bahwa sistem pendidikan perlu terus menyesuaikan diri dengan kebutuhan pembangunan dan tantangan sektor pertanian. Jain et al. (2022) menunjukkan bahwa pengembangan SDM melalui pendidikan tinggi pertanian merupakan bagian penting dalam mempersiapkan tenaga yang mampu menghadapi kebutuhan pertanian yang terus berkembang. Oleh karena itu, pendidikan pertanian perlu diarahkan tidak hanya pada transfer pengetahuan, tetapi juga pembentukan kompetensi yang dapat diterapkan dalam konteks pekerjaan dan permasalahan pertanian secara nyata.

Perubahan teknologi turut memperluas jenis kompetensi yang dibutuhkan SDM pertanian melalui penggunaan *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan, pertanian presisi, sistem informasi, dan analisis data dalam produksi maupun pengambilan keputusan. Charatsari et al. (2023) menemukan bahwa mahasiswa bidang agronomi masih menunjukkan kompetensi yang relatif rendah dalam menghadapi transformasi digital pertanian, khususnya dalam pemanfaatan dan integrasi teknologi serta kemampuan memfasilitasi transisi digital. Kondisi ini menunjukkan perlunya penyesuaian target kompetensi dan desain pembelajaran di lembaga pendidikan pertanian agar lulusan memiliki kesiapan menghadapi pertanian digital.

Kebutuhan penguatan kompetensi juga terlihat dalam praktik pengembangan tenaga pertanian. Kustanti et al. (2021), melalui penelitian terhadap 203 penyuluh pertanian dari 33 provinsi, menunjukkan pentingnya pemanfaatan media komunikasi dalam meningkatkan kompetensi penyuluh. Temuan tersebut menegaskan bahwa pengembangan SDM pertanian perlu mempertimbangkan perubahan pola komunikasi dan pemanfaatan teknologi sebagai bagian dari pembelajaran dan pengembangan profesional. Selain itu, Nordin et al. (2022) menunjukkan bahwa pendidikan pertanian berperan dalam memperluas perspektif petani terhadap penerapan ekonomi sirkular dan mendorong adopsi teknologi yang mendukung ketahanan pangan, sehingga pendidikan dapat menjadi instrumen untuk mempercepat perubahan perilaku dan penerapan inovasi dalam sistem pertanian.

Dalam hal ini, desain pembelajaran berbasis kompetensi (*competency-based learning*) menjadi pendekatan yang relevan untuk membangun SDM pertanian unggul karena menempatkan kompetensi sebagai orientasi utama dengan menghubungkan tujuan pembelajaran, materi, pengalaman belajar, dan asesmen dengan kebutuhan dunia kerja. Saadvandi et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem pendidikan tinggi pertanian berbasis kompetensi perlu dibangun secara sistematis melalui keterkaitan antara peserta didik, pendidik, kurikulum, lingkungan pembelajaran, dan kebutuhan kompetensi. Pendekatan ini juga memungkinkan pembelajaran menjadi lebih kontekstual karena peserta didik tidak hanya memahami konsep, tetapi mampu menunjukkan kinerja melalui penerapan pengetahuan dan keterampilan. Tarekegne et al. (2022) menemukan bahwa penerapan program pelatihan berbasis kompetensi yang lebih komprehensif dapat meningkatkan perkembangan kompetensi dan kinerja peserta pelatihan, sehingga memperkuat pentingnya integrasi pengalaman belajar dengan tugas dan permasalahan pekerjaan nyata.

Sejalan dengan perkembangan pertanian digital, desain pembelajaran juga perlu mengintegrasikan kompetensi teknologi dan literasi data. Salamon et al. (2024) menunjukkan bahwa komponen literasi data belum merata dalam mata kuliah pendidikan tinggi sektor pertanian, sedangkan Bampasidou et al. (2024) menekankan peran penting perguruan tinggi dalam mempersiapkan tenaga profesional pertanian menghadapi kesenjangan keterampilan akibat transformasi digital. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa desain pembelajaran perlu dikembangkan secara adaptif dengan mengintegrasikan kompetensi teknis pertanian dan kompetensi digital-transformatif.

Dengan demikian, pembangunan SDM pertanian unggul memerlukan perubahan paradigma dari pembelajaran yang berorientasi pada penguasaan materi menuju

penguasaan kompetensi dan kemampuan kinerja, yang mencakup kompetensi teknis, digital, literasi data, pemecahan masalah, inovasi, komunikasi, kolaborasi, kepemimpinan, dan keberlanjutan. Desain pembelajaran berbasis kompetensi menjadi pendekatan strategis karena memungkinkan pendidikan diselaraskan dengan kebutuhan dunia kerja, perkembangan teknologi, dan tuntutan pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran desain pembelajaran berbasis kompetensi dalam membangun SDM pertanian unggul melalui sintesis hasil penelitian terdahulu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan pendekatan tinjauan sistematis untuk mengidentifikasi, menyeleksi, dan mensintesis hasil penelitian mengenai desain pembelajaran berbasis kompetensi dalam pengembangan sumber daya manusia (SDM) pertanian. Proses pencarian dan seleksi literatur mengacu pada pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 untuk meningkatkan transparansi dalam tahapan identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi artikel (Page et al., 2021). Pencarian literatur dilakukan menggunakan Publish or Perish versi 8 dengan sumber Google Scholar, Scopus, dan Web of Science, melalui kombinasi kata kunci: “competency-based education” AND “agricultural education”, “competency-based learning” AND “agriculture”, “agricultural human resources” AND “competence”, “agricultural skills” AND “competency development”, serta “agricultural education” AND “human resource development”. Penggunaan beberapa kombinasi kata kunci dimaksudkan untuk memperoleh literatur yang mencakup hubungan antara desain pembelajaran berbasis kompetensi, pendidikan pertanian, pengembangan keterampilan, dan pembangunan SDM pertanian. Seluruh hasil pencarian kemudian dikompilasi dan diperiksa untuk mengidentifikasi artikel yang sama atau terduplikasi.

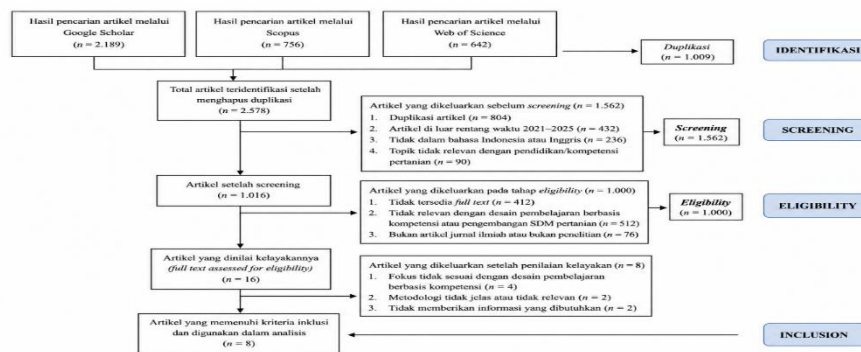
Artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan melalui empat tahapan, yaitu identifikasi, screening, eligibility, dan inclusion. Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel penelitian yang diterbitkan pada periode 2021–2025; (2) tersedia dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris; (3) diterbitkan dalam jurnal ilmiah dengan identitas publikasi yang jelas, seperti DOI atau ISSN; (4) membahas pendidikan, pembelajaran, pelatihan, kompetensi, atau pengembangan SDM dalam konteks pertanian; (5) memiliki teks lengkap yang dapat diakses; dan (6) memiliki keterkaitan langsung dengan desain pembelajaran berbasis kompetensi atau pengembangan kompetensi SDM pertanian. Adapun kriteria eksklusi meliputi: (1) artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2021; (2) editorial, opini, prosiding, buku, atau hanya berupa abstrak; (3) tidak memiliki teks lengkap; (4) tidak berkaitan dengan pendidikan atau pengembangan kompetensi pertanian; dan (5) tidak memberikan informasi yang relevan dengan fokus kajian. Pada tahap *identification*, seluruh artikel dikumpulkan berdasarkan kata kunci; tahap *screening* dilakukan melalui pemeriksaan judul dan abstrak serta penghapusan artikel duplikat; artikel yang lolos selanjutnya diperiksa secara penuh pada tahap *eligibility*; sedangkan artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi ditetapkan pada tahap *inclusion*. Proses tersebut mengikuti prinsip PRISMA 2020 yang menekankan pelaporan transparan mengenai jumlah literatur yang diidentifikasi, disaring, dinilai kelayakannya, dan dimasukkan dalam sintesis (Page et al., 2021).

Berdasarkan proses seleksi tersebut, diperoleh 8 artikel ilmiah yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan digunakan sebagai sumber utama analisis. Data dari setiap artikel diekstraksi berdasarkan nama penulis dan tahun publikasi, judul artikel, nama jurnal, desain penelitian, konteks atau sasaran penelitian, fokus kompetensi, pendekatan

pembelajaran, serta hasil penelitian, kemudian disusun dalam bentuk tabel untuk memudahkan perbandingan dan sintesis. Analisis dilakukan **secara** deskriptif-naratif (*narrative synthesis*) dengan membandingkan temuan antarartikel berdasarkan tema yang muncul, yang difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu (1) kompetensi yang dibutuhkan dalam membangun SDM pertanian unggul, (2) karakteristik dan pendekatan desain pembelajaran berbasis kompetensi, dan (3) kontribusi pembelajaran berbasis kompetensi terhadap pengembangan SDM pertanian. Hasil penelitian dari masing-masing artikel dibandingkan untuk mengidentifikasi persamaan, perbedaan, kecenderungan, dan kesenjangan penelitian, kemudian disintesis untuk merumuskan komponen desain pembelajaran berbasis kompetensi yang dapat mendukung terbentuknya SDM pertanian yang kompeten, adaptif, inovatif, dan berdaya saing.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Literatur

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Tahun publikasi	2021–2025	Sebelum 2021
Bahasa	Bahasa Indonesia dan Inggris	Bahasa selain Indonesia dan Inggris
Jenis publikasi	Artikel penelitian pada jurnal ilmiah	Editorial, opini, buku, prosiding, dan abstrak
Akses artikel	Teks lengkap tersedia	Teks lengkap tidak tersedia
Topik	Pendidikan, pembelajaran, pelatihan, kompetensi, dan pengembangan SDM pertanian	Tidak berkaitan dengan pendidikan atau kompetensi pertanian
Fokus	<i>Competency-based education/learning</i> , pengembangan kompetensi, keterampilan pertanian, dan SDM pertanian	Tidak memiliki keterkaitan dengan desain pembelajaran berbasis kompetensi
Identitas publikasi	Memiliki DOI/ISSN atau identitas jurnal yang jelas	Sumber publikasi tidak jelas
Relevansi	Memiliki temuan yang dapat digunakan untuk menjawab tujuan kajian	Tidak memberikan informasi yang relevan dengan tujuan kajian



Gambar 1. Diagram pencarian literatur (PRISMA 2020)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Identifikasi Literatur

Berdasarkan proses pencarian dan seleksi literatur, diperoleh delapan artikel ilmiah yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan digunakan sebagai sumber utama dalam kajian. Artikel tersebut diterbitkan pada periode 2022–2025 dan membahas berbagai aspek pengembangan kompetensi SDM pertanian, mulai dari sistem pendidikan tinggi berbasis kompetensi, pelatihan tenaga pendamping pertanian, pendidikan vokasi,

kompetensi digital, literasi data, hingga integrasi kecerdasan buatan dalam pendidikan pertanian.

Hasil identifikasi menunjukkan adanya perubahan paradigma dalam pengembangan SDM pertanian. Kompetensi yang dibutuhkan tidak lagi terbatas pada penguasaan teknis produksi pertanian, tetapi berkembang mencakup kompetensi digital, literasi data, pemecahan masalah, inovasi, kepemimpinan, *system thinking*, kolaborasi, keberlanjutan, dan kemampuan beradaptasi terhadap perubahan teknologi. Dengan demikian, SDM pertanian unggul perlu dipahami sebagai individu yang mampu mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, sikap, dan kemampuan adaptif untuk menghadapi persoalan pertanian yang semakin kompleks.

Kedelapan penelitian juga memperlihatkan bahwa pengembangan kompetensi sangat dipengaruhi oleh desain pembelajaran. Tarekegne et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan *competence-based training* yang lebih komprehensif menghasilkan perkembangan kompetensi dan kinerja yang lebih baik. Charatsari et al. (2023) menunjukkan masih adanya kesenjangan kompetensi dalam menghadapi transformasi digital pertanian. Sementara itu, Saadvandi et al. (2024) menekankan bahwa sistem pendidikan pertanian berbasis kompetensi perlu dibangun secara sistematis melalui keterkaitan antara peserta didik, pendidik, kurikulum, lingkungan pembelajaran, dan kebutuhan kompetensi. Temuan lainnya menunjukkan pentingnya literasi data, teknologi digital, AI, serta kompetensi keberlanjutan sebagai bagian dari pembentukan SDM pertanian masa depan.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Literatur

No.	Penulis dan Tahun	Judul Artikel	Nama Jurnal	Desain/Metode Penelitian	Hasil Utama
1	Tarekegne et al. (2022)	<i>Effectiveness of a competence-based planting support training programme for development agents in Ethiopia</i>	International Journal of Training and Development, 26(3), 381–406	Eksperimental-longitudinal; perbandingan kelompok <i>High-CBT</i> (n=33) dan <i>Low-CBT</i> (n=32), dengan penilaian kompetensi dan kinerja oleh beberapa penilai	Pelatihan dengan penerapan prinsip <i>competence-based training</i> yang lebih komprehensif menghasilkan perkembangan kompetensi dan kinerja yang lebih baik dibandingkan pelatihan dengan penerapan CBE yang lebih rendah. Penggunaan tugas pekerjaan autentik menjadi komponen penting dalam pengembangan kompetensi.
2	Charatsari et al. (2023)	<i>Competencies Needed for Guiding the Digital Transition of Agriculture: Are Future Advisors Well-Equipped?</i>	Sustainability, 15(22), 15815	Survei kuantitatif terhadap mahasiswa bidang agronomi dengan pengembangan dan pengujian delapan kelompok kompetensi	Kompetensi mahasiswa dalam menghadapi transformasi digital pertanian secara keseluruhan masih rendah. Kelemahan terutama ditemukan pada kompetensi pemanfaatan teknologi, integrasi teknologi, dan fasilitasi

					transisi. Hasilnya menunjukkan perlunya pendidikan yang mengintegrasikan kompetensi teknologi sekaligus pendekatan yang berorientasi pada kebutuhan petani.
3	Saadvandi et al. (2024)	<i>Identifying characteristics of a competence-based agricultural higher education system: A literature review</i>	The Journal of Agricultural Education and Extension, 30(2), 297–316	<i>Literature review</i> terhadap 95 artikel dari empat jurnal ilmiah yang relevan	Ditemukan 22 kategori karakteristik kompetensi dalam sistem pendidikan tinggi pertanian berbasis kompetensi. Hasil kajian dapat digunakan sebagai pedoman untuk pengembangan peserta didik dan pendidik, revisi kurikulum, serta pembentukan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan sesuai prinsip CBE.
4	Bampasidou et al. (2024)	<i>Overcoming “Digital Divides”: Leveraging Higher Education to Develop Next Generation Digital Agriculture Professionals</i>	Computers and Electronics in Agriculture, 224, 109181	Kajian konseptual/literature-based analysis mengenai pengembangan tenaga kerja pertanian dalam transformasi digital	Perguruan tinggi memiliki posisi strategis dalam mengatasi kesenjangan pengetahuan dan keterampilan digital melalui <i>upskilling</i> dan <i>reskilling</i> . Kurikulum perlu disesuaikan dengan kebutuhan pasar kerja, perkembangan AI, IoT, <i>computer vision</i> , robotika, serta aspek etika penggunaan teknologi.
5	Šalamon et al. (2024)	<i>Data literacy in higher education of agricultural sector: Mapping competences in the course content</i>	Cogent Education, 11(1), 2393502	Analisis isi terhadap 561 deskripsi mata kuliah, wawancara 32 dosen, dan 8 materi perkuliahan menggunakan 27 kompetensi literasi data dalam enam area	Hanya 35% mata kuliah yang dianalisis menunjukkan komponen literasi data; proporsinya 17% pada tingkat sarjana dan 47% pada tingkat magister. Kompetensi teknis lebih dominan, sedangkan kompetensi bisnis, manajemen, dan kepemimpinan relatif rendah.
6	ymweru et al.(2025a)	<i>Competence-based vocational agriculture education for sustainability</i>	Journal of Vocational Education & Training, 77(4), 1166–1188	Survei terhadap 224 responden yang terdiri atas 115 guru, 96 siswa, dan 13 penasihat kurikulum	Kurikulum pendidikan vokasi pertanian belum sepenuhnya mengembangkan kompetensi pertanian berkelanjutan dan

		<i>in Burundi: Perspectives from different educational stakeholders</i>			hanya sebagian memenuhi prinsip desain pendidikan berbasis kompetensi. Diperlukan penyesuaian isi kurikulum dengan kompetensi yang dibutuhkan dalam pertanian berkelanjutan.
7	Nyamweru et al. (2025b)	<i>Fostering Students' Competencies in Sustainability in Vocational Agriculture Education in Burundi: Effects of a Participatory Integrated Planning (PIP) Module</i>	International Journal of Training and Development, 29, 108–123	<i>One-way repeated measures</i> terhadap 104 siswa dari dua sekolah vokasi pertanian; pengukuran dilakukan tiga kali selama implementasi modul PIP	Modul <i>Participatory Integrated Planning</i> secara signifikan meningkatkan delapan kompetensi, yaitu <i>facilitator of change</i> , kepemimpinan, inovasi dan kreativitas, perencanaan, <i>system thinking</i> , <i>stewardship</i> , determinasi diri, dan interdisipliner. Rata-rata tingkat kompetensi meningkat dari 1,48 menjadi 3,21 dan kemudian 4,01.
8	Lengyel et al. (2025)	<i>Integrating Artificial Intelligence in Agricultural Higher Education: Transforming Learning and Research</i>	Journal of Agricultural Informatics, 15(2)	Kajian konseptual mengenai integrasi AI dalam kurikulum dan pendekatan pedagogis pendidikan tinggi pertanian	Integrasi AI dapat memperkuat kemampuan analisis data, <i>predictive modeling</i> , pengambilan keputusan, keterampilan teknologi, keterlibatan mahasiswa, dan kolaborasi interdisipliner. AI dipandang sebagai bagian penting dalam mempersiapkan kompetensi profesional pertanian masa depan.

Sumber: Hasil sintesis peneliti, 2026

3.2 Integrasi Teknologi Digital, Literasi Data, dan AI

Hasil sintesis terhadap delapan artikel yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan bahwa transformasi teknologi merupakan salah satu faktor utama yang mengubah kebutuhan kompetensi sumber daya manusia (SDM) pertanian. Perkembangan pertanian modern tidak hanya ditandai oleh penggunaan mesin dan peralatan produksi yang semakin canggih, tetapi juga oleh meningkatnya pemanfaatan teknologi digital, data, kecerdasan buatan (*artificial intelligence/AI*), sensor, dan sistem informasi dalam proses produksi dan pengambilan keputusan. Oleh karena itu, kompetensi SDM pertanian perlu dipahami dalam konteks kemampuan mengintegrasikan teknologi dengan pengetahuan dan praktik pertanian, bukan hanya dalam konteks penguasaan materi pembelajaran. Bampasidou et al. (2024) menunjukkan bahwa perkembangan pertanian digital

membutuhkan SDM yang mampu memahami dan memanfaatkan teknologi digital untuk menjawab kebutuhan sektor pertanian yang semakin kompleks. Temuan tersebut diperkuat oleh Charatsari et al. (2023) yang menunjukkan bahwa transisi digital pertanian menghasilkan kebutuhan kompetensi baru bagi tenaga profesional pertanian.

Literasi data menjadi kompetensi penting karena teknologi pertanian modern menghasilkan data dalam jumlah besar yang perlu dikumpulkan, dipahami, dianalisis, dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Penggunaan sensor, sistem pemantauan digital, serta berbagai platform pertanian menghasilkan informasi mengenai kondisi tanah, kelembapan, cuaca, pertumbuhan tanaman, penggunaan input, dan produktivitas. Dengan demikian, SDM pertanian tidak cukup hanya mampu mengoperasikan perangkat, tetapi juga harus memahami bagaimana data diperoleh, diinterpretasikan, dan digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Šalamon et al. (2024) menempatkan *data literacy* sebagai salah satu kompetensi penting dalam pendidikan sektor pertanian, terutama karena meningkatnya kebutuhan untuk memahami dan memanfaatkan data dalam lingkungan pertanian yang semakin terdigitalisasi.

Perkembangan kecerdasan buatan semakin memperluas kebutuhan kompetensi tersebut. Teknologi AI dapat digunakan untuk mendukung pengenalan pola, prediksi, klasifikasi, analisis kondisi tanaman, serta pengambilan keputusan berbasis data. Dalam konteks tersebut, penerapan *predictive modeling*, misalnya, membutuhkan SDM yang tidak hanya memahami prinsip agronomi tetapi juga memiliki pemahaman mengenai data, variabel, interpretasi model, dan penggunaan hasil prediksi untuk mendukung keputusan teknis. Integrasi AI dalam pendidikan tinggi pertanian juga menunjukkan bahwa teknologi tersebut mulai memengaruhi proses pembelajaran dan penelitian, sehingga pengembangan kompetensi digital dan analitik menjadi semakin penting bagi calon profesional pertanian (Lengyel et al., 2025).

Demikian pula, penggunaan sensor dan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam pertanian membutuhkan kompetensi yang lebih kompleks dibandingkan sekadar keterampilan mengoperasikan perangkat. SDM perlu memahami hubungan antara sensor, jaringan, data, sistem produksi, dan keputusan yang dihasilkan dari informasi tersebut. Hal ini menunjukkan pentingnya *systems thinking*, yaitu kemampuan memahami keterkaitan antara berbagai komponen dalam suatu sistem pertanian. Ketika data dari sensor digunakan untuk menentukan kebutuhan irigasi, pemupukan, atau pemantauan kondisi tanaman, kompetensi teknologi harus berjalan bersama dengan pemahaman terhadap proses biologis dan agronomis. Dengan demikian, transformasi digital membutuhkan kombinasi antara kompetensi pertanian, literasi data, pemahaman teknologi, dan kemampuan berpikir sistemik (Bampasidou et al., 2024; Charatsari et al., 2023).

3.3 Karakteristik Kompetensi SDM Pertanian Unggul

Hasil sintesis terhadap delapan artikel menunjukkan bahwa kompetensi SDM pertanian bersifat multidimensional dan tidak dapat dikembangkan hanya melalui penyampaian materi, tetapi memerlukan keterpaduan antara kurikulum, pendidik, peserta didik, lingkungan pembelajaran, dan proses pendidikan. Saadvandi et al. (2024) mengidentifikasi 22 kategori karakteristik kompetensi dalam sistem pendidikan tinggi pertanian berbasis kompetensi. Berdasarkan sintesis tersebut, kompetensi SDM pertanian unggul mencakup kompetensi teknis pertanian terkait produksi, pengelolaan sumber daya, dan teknologi pertanian; kompetensi digital dan teknologi meliputi pemanfaatan teknologi digital, AI, IoT, *precision agriculture*, dan sistem informasi; literasi data dan analitik untuk memperoleh, mengolah, menginterpretasikan, dan menggunakan data dalam pengambilan keputusan; kemampuan berpikir tingkat tinggi berupa pemecahan masalah, pengambilan keputusan, *system thinking*, dan adaptasi; kompetensi sosial dan kepemimpinan mencakup komunikasi, kolaborasi, kepemimpinan, fasilitasi perubahan, dan

kerja interdisipliner; serta kompetensi inovasi dan keberlanjutan yang meliputi kreativitas, kewirausahaan, *stewardship*, dan perancangan solusi pertanian berkelanjutan.

Kompleksitas tersebut sejalan dengan Sørensen et al. (2021), yang menegaskan bahwa profesional pertanian dalam transisi menuju pertanian berkelanjutan membutuhkan kombinasi keterampilan teknis, berpikir sistem, integrasi pengetahuan, pembelajaran sepanjang hayat, serta kemampuan membangun jejaring dan komunitas pembelajaran. Dengan demikian, pengembangan SDM pertanian perlu bergeser dari orientasi *technical skills* semata menuju integrasi *hard skills* dan *soft skills*. Charatsari et al. (2023) memperkuat pandangan ini dengan menunjukkan bahwa kesiapan SDM menghadapi transformasi digital tidak cukup ditentukan oleh kemampuan menggunakan teknologi, tetapi juga membutuhkan kemampuan memahami kebutuhan pengguna, memfasilitasi perubahan, memiliki orientasi masa depan, dan mengintegrasikan teknologi dalam konteks pertanian. Hal tersebut menunjukkan bahwa kompetensi SDM pertanian merupakan kombinasi kemampuan teknis, digital, analitik, sosial, adaptif, inovatif, dan berorientasi keberlanjutan.

Pada konteks penyuluhan pertanian, Aregaw et al. (2023) menunjukkan bahwa tingkat pendidikan, hubungan dengan rekan kerja dan petani, supervisi, serta penilaian kinerja berpengaruh terhadap kompetensi penyuluh dan merekomendasikan pelatihan berbasis kompetensi sesuai kebutuhan pekerjaan. Temuan ini menegaskan bahwa kompetensi SDM pertanian tidak hanya dibentuk melalui pendidikan formal, tetapi juga melalui pengalaman kerja, interaksi profesional, supervisi, pelatihan, dan evaluasi kinerja. Oleh karena itu, pembangunan SDM pertanian unggul membutuhkan ekosistem pembelajaran yang mengintegrasikan kompetensi teknis dan nonteknis, pengalaman praktis, pemanfaatan teknologi, kemampuan analitik dan adaptif, serta pembelajaran berkelanjutan agar SDM mampu merespons tuntutan transformasi pertanian.

3.4 Penguatan Kompetensi Keberlanjutan, Kepemimpinan, dan Inovasi

Pertanian modern tidak hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada efisiensi sumber daya, ketahanan pangan, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, kompetensi keberlanjutan perlu menjadi bagian integral dari desain pembelajaran pertanian.

Nyamweru et al. (2025a) menunjukkan bahwa kurikulum pendidikan vokasi pertanian belum sepenuhnya mengembangkan kompetensi pertanian berkelanjutan dan hanya sebagian memenuhi prinsip pendidikan berbasis kompetensi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pencantuman prinsip CBE dalam kurikulum belum otomatis menghasilkan kompetensi apabila tidak diikuti dengan desain pengalaman belajar yang sesuai. Sebaliknya, Nyamweru et al. (2025b) menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran partisipatif melalui modul PIP dapat meningkatkan kompetensi *facilitator of change*, kepemimpinan, inovasi dan kreativitas, perencanaan, *system thinking*, *stewardship*, determinasi diri, dan kemampuan interdisipliner. Hal ini memperlihatkan bahwa kompetensi keberlanjutan lebih efektif dikembangkan melalui pembelajaran yang memberikan pengalaman menghadapi persoalan kompleks daripada melalui pembelajaran yang hanya memberikan pengetahuan konseptual.

Temuan Nordin et al. (2022) juga menunjukkan bahwa pendidikan pertanian dapat memperluas perspektif terhadap penerapan ekonomi sirkular dan mendorong adopsi teknologi yang mendukung ketahanan pangan. Dengan demikian, pendidikan pertanian memiliki fungsi strategis bukan hanya sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi sebagai instrumen untuk mendorong perubahan perilaku dan adopsi inovasi.

Dalam konteks tersebut, SDM pertanian unggul perlu memiliki kemampuan untuk menjadi agen perubahan. Permasalahan pertanian umumnya melibatkan banyak aktor dan memiliki dimensi ekonomi, sosial, teknologi, serta lingkungan. Oleh sebab itu, kemampuan komunikasi, kolaborasi, kepemimpinan, negosiasi, kreativitas, dan *system thinking* menjadi sama pentingnya dengan keterampilan teknis. Sørensen et al. (2021)

juga menempatkan perspektif sistem, integrasi pengetahuan, pembelajaran sepanjang hayat, dan jejaring sebagai kompetensi penting dalam transisi menuju pertanian berkelanjutan.

3.5 Desain Pembelajaran Berbasis Kompetensi sebagai Strategi Pengembangan SDM

Temuan kajian menunjukkan bahwa efektivitas pembelajaran berbasis kompetensi ditentukan oleh kemampuan desain pembelajaran dalam menghubungkan kompetensi yang ditargetkan, pengalaman belajar, dan tuntutan pekerjaan nyata. Tarekne et al. (2022) membuktikan bahwa penerapan *competence-based training* yang lebih komprehensif menghasilkan perkembangan kompetensi dan kinerja yang lebih baik melalui tugas autentik berupa pendampingan petani dalam penanaman jagung. Hal ini menegaskan bahwa pembelajaran harus berorientasi pada kemampuan “mampu melakukan” bukan sekadar “mengetahui”, melalui pengalaman menghadapi masalah nyata, praktik, pengambilan keputusan, kolaborasi, dan penyelesaian masalah. Pendekatan tersebut dapat diwujudkan melalui *project-based learning*, *problem-based learning*, *experiential learning*, praktik lapangan, simulasi, studi kasus, *work-based learning*, dan magang.

Penelitian Birdman et al. (2022) mendukung penggunaan *project-based learning*, terutama melalui kolaborasi, otonomi peserta didik, dan keterhubungan dengan situasi nyata dalam pengembangan kompetensi. Hal ini diperkuat Alm et al. (2022), yang menunjukkan bahwa *work-integrated learning* dan pengalaman dunia nyata meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap keberlanjutan. Oleh karena itu, pendidikan pertanian perlu memberikan ruang interaksi langsung dengan petani, penyuluh, dunia usaha, pemerintah, dan komunitas pertanian agar peserta didik mampu menerapkan pengetahuan dalam situasi nyata yang kompleks.

Nyamweru et al. (2025b) semakin memperkuat temuan tersebut melalui penerapan modul *Participatory Integrated Planning* yang meningkatkan delapan kompetensi, meliputi *facilitator of change*, kepemimpinan, inovasi dan kreativitas, perencanaan, *system thinking*, *stewardship*, determinasi diri, dan interdisipliner. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran partisipatif dan kontekstual mampu mengembangkan kompetensi kompleks yang dibutuhkan dalam pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, desain pembelajaran berbasis kompetensi dalam pendidikan pertanian idealnya memiliki tiga karakteristik utama, yaitu kontekstual, autentik, dan berorientasi pada kinerja, sehingga peserta didik mampu mengintegrasikan pengetahuan, keterampilan, dan sikap dalam menghadapi persoalan pertanian.

3.6 Asesmen dan Pengembangan Kompetensi secara Berkelanjutan

Salah satu konsekuensi penerapan pembelajaran berbasis kompetensi adalah perubahan cara menilai keberhasilan pembelajaran. Apabila orientasi pembelajaran adalah kemampuan melakukan pekerjaan tertentu, maka asesmen harus mampu mengukur kinerja nyata peserta didik. Oleh karena itu, asesmen tidak cukup hanya menggunakan tes tertulis, tetapi perlu dilengkapi dengan praktik, proyek, demonstrasi, simulasi, portofolio, studi kasus, dan penilaian kinerja.

Temuan Tarekne et al. (2022) menunjukkan pentingnya tugas pekerjaan autentik dalam mengembangkan kompetensi peserta pelatihan. Hal ini memperkuat bahwa asesmen harus sedekat mungkin dengan konteks pekerjaan yang akan dihadapi peserta didik. Pendekatan tersebut juga memungkinkan pendidik mengidentifikasi kesenjangan antara kompetensi yang telah dikuasai dan kompetensi yang masih perlu dikembangkan.

Pengembangan kompetensi juga tidak berhenti setelah peserta didik menyelesaikan pendidikan atau pelatihan. Aregaw et al. (2023) menunjukkan bahwa pendidikan, supervisi, hubungan profesional, dan penilaian kinerja berhubungan dengan tingkat kompetensi tenaga penyuluh. Sementara itu, Muhtadi dan Lisdiyanta (2023) menekankan pentingnya pendampingan berkelanjutan setelah pelatihan TIK agar pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dapat diterapkan dalam praktik.

Dengan demikian, desain pembelajaran berbasis kompetensi perlu dipahami sebagai siklus pengembangan kompetensi, bukan sebagai proses satu kali. Siklus tersebut meliputi identifikasi kebutuhan kompetensi, penetapan capaian pembelajaran, penyusunan pengalaman belajar, praktik dan penerapan, asesmen kinerja, pemberian umpan balik, serta *upskilling* dan *reskilling* secara berkelanjutan.

3.7 Sintesis Hasil Kajian

Berdasarkan keseluruhan temuan, desain pembelajaran berbasis kompetensi dapat menjadi strategi pengembangan SDM pertanian unggul apabila dibangun berdasarkan kebutuhan kompetensi yang nyata dan dikaitkan dengan perubahan sektor pertanian. Hasil kajian menunjukkan bahwa terdapat keterkaitan antara kebutuhan kompetensi, desain kurikulum, pengalaman belajar, teknologi, asesmen, dan pengembangan berkelanjutan.

Table 3. Sintesis Hasil Kajian

Komponen	Hasil Sintesis Literatur	Implikasi bagi Pengembangan SDM Pertanian	Dampak terhadap Inovasi Sains & Teknologi Pertanian
Kebutuhan kompetensi	Kompetensi SDM pertanian semakin multidimensional, mencakup kompetensi teknis, digital, analitis, komunikasi, adaptasi, dan pemecahan masalah (Sørensen et al., 2021; Saadvandi et al., 2024).	Mengembangkan kompetensi teknis dan nonteknis secara terpadu agar SDM mampu menghadapi perubahan teknologi dan kebutuhan sektor pertanian.	Meningkatkan kemampuan SDM dalam mengadopsi, mengintegrasikan, dan mengembangkan teknologi pertanian sesuai kebutuhan teknis di lapangan.
Kurikulum	Kurikulum pendidikan pertanian belum selalu selaras dengan perkembangan kebutuhan sektor, terutama terkait digitalisasi, data, AI, dan kompetensi keberlanjutan (Jain et al., 2022; Bampasidou et al., 2024).	Kurikulum perlu diperbarui berdasarkan kebutuhan dunia kerja, perkembangan teknologi, dan perubahan karakter pekerjaan pertanian.	Mempercepat transfer pengetahuan dan teknologi dari pendidikan ke praktik pertanian serta meningkatkan kesiapan tenaga kerja dalam mengadopsi inovasi baru.
Pembelajaran	Pengalaman autentik dan kontekstual lebih mendukung pengembangan kompetensi dibandingkan pembelajaran yang hanya berorientasi pada penguasaan pengetahuan (Nyamweru et al., 2025a; Nyamweru et al., 2025b; Tarekegne et al., 2022).	Memperkuat <i>project-based learning</i> , <i>problem-based learning</i> , praktik, dan <i>work-based learning</i> yang berorientasi pada penyelesaian masalah pertanian nyata.	Mendorong kemampuan SDM untuk menerapkan teknologi dalam situasi nyata, seperti pemecahan masalah produksi, pengelolaan sumber daya, dan pengembangan solusi pertanian berbasis teknologi.
Teknologi digital dan AI	AI, IoT, dan teknologi digital mengubah kebutuhan kompetensi SDM pertanian serta menuntut kemampuan digital dan analitis yang lebih tinggi (Bampasidou et al., 2024; Charatsari et al., 2023; Lengyel et al., 2025).	Integrasi teknologi perlu menjadi bagian dari proses pembelajaran dan pengembangan kompetensi SDM pertanian.	Mendukung penerapan <i>predictive modeling</i> , sistem pemantauan berbasis IoT, otomatisasi analisis, deteksi pola, serta pengambilan keputusan pertanian berbasis data.
Literasi data	Literasi data menjadi kompetensi penting karena digitalisasi pertanian menghasilkan data yang	Memperkuat kemampuan mengumpulkan, membaca, menganalisis, menginterpretasikan, dan	Memungkinkan pemanfaatan data sensor, data cuaca, data tanah, data tanaman, dan data produksi untuk mendukung

	semakin besar dan kompleks (Šalamon et al., 2024; Charatsari et al., 2023).	menggunakan data dalam pengambilan keputusan.	pertanian presisi dan pengambilan keputusan berbasis bukti.
Soft skills	Kepemimpinan, komunikasi, kolaborasi, fasilitasi perubahan, dan kemampuan adaptasi semakin penting dalam proses transformasi pertanian (Sørensen et al., 2021; Charatsari et al., 2023).	<i>Soft skills</i> perlu menjadi capaian kompetensi yang eksplisit dan dikembangkan bersama kompetensi teknis.	Memperkuat kolaborasi antara petani, penyuluh, akademisi, pemerintah, pelaku usaha, dan pengembang teknologi dalam proses inovasi pertanian.
Keberlanjutan	Kompetensi keberlanjutan dan kemampuan berpikir sistem (<i>systems thinking</i>) menjadi semakin penting dalam menghadapi kompleksitas sektor pertanian (Nyamweru et al., 2025a; Nyamweru et al., 2025b; Brundiers et al., 2021).	Mengintegrasikan keberlanjutan, <i>systems thinking</i> , pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan dalam pembelajaran.	Mendukung pengembangan inovasi yang mempertimbangkan efisiensi sumber daya, lingkungan, produktivitas, dan keberlanjutan sistem pertanian secara simultan.
Asesmen	<i>Competency-based education</i> membutuhkan pengukuran kemampuan nyata, bukan hanya penguasaan pengetahuan teoritis (Saadvandi et al., 2024; Tarekegne et al., 2022).	Menggunakan asesmen kinerja, proyek, praktik, simulasi, dan portofolio untuk mengukur kemampuan aplikatif SDM.	Memastikan SDM yang dihasilkan memiliki kemampuan nyata dalam mengoperasikan, mengevaluasi, dan menerapkan teknologi pertanian dalam kondisi lapangan.
Pengembangan berkelanjutan	Kompetensi SDM harus terus berkembang mengikuti perubahan teknologi dan kebutuhan sektor pertanian (Bampasidou et al., 2024; Kustiari & Budiman, 2023; Muhtadi & Lisdiyanta, 2023).	Melaksanakan evaluasi kompetensi, <i>upskilling</i> , dan <i>reskilling</i> secara berkala sesuai perkembangan teknologi dan kebutuhan lapangan.	Mempercepat adaptasi terhadap teknologi baru dan mencegah kesenjangan kompetensi ketika terjadi perubahan teknologi dalam ekosistem pertanian.

Sumber: Sintesis peneliti berdasarkan delapan artikel utama dan literatur pendukung

Secara keseluruhan, hasil kajian memperlihatkan bahwa pembangunan SDM pertanian unggul tidak dapat dilakukan melalui pendekatan pembelajaran yang hanya berorientasi pada penguasaan materi. Pendidikan pertanian perlu menghubungkan kebutuhan dunia kerja → kompetensi → pengalaman belajar → teknologi → asesmen kinerja → umpan balik → pengembangan kompetensi berkelanjutan. Pendekatan sistemik tersebut sejalan dengan Saadvandi et al. (2024), yang menempatkan peserta didik, pendidik, kurikulum, dan lingkungan pembelajaran sebagai bagian yang saling berkaitan dalam sistem pendidikan pertanian berbasis kompetensi. Dengan demikian, desain pembelajaran berbasis kompetensi bukan sekadar metode pembelajaran, tetapi dapat dipandang sebagai strategi pengembangan SDM pertanian.

4. KESIMPULAN

Hasil *literature review* menunjukkan bahwa pembangunan SDM pertanian unggul pada era pertanian modern memerlukan kompetensi multidimensional yang mencakup keterampilan teknis, kompetensi digital, literasi data, AI, *systems thinking*, pemecahan masalah, komunikasi, kolaborasi, adaptasi, dan keberlanjutan. Transformasi pertanian tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi, tetapi juga pada kesiapan SDM untuk memahami, mengadopsi, mengintegrasikan, dan mengembangkan teknologi sesuai kebutuhan sistem pertanian.

Secara teoritis, desain pembelajaran berbasis kompetensi berperan sebagai penghubung antara perkembangan sains dan teknologi pertanian dengan kesiapan SDM sebagai pengguna dan pengembang inovasi. Kompetensi perlu dikembangkan melalui

integrasi pengetahuan, keterampilan, teknologi, dan pengambilan keputusan dalam konteks nyata melalui pembelajaran autentik, berbasis proyek dan masalah, praktik lapangan, pemanfaatan data, serta teknologi.

Secara praktis, kesiapan infrastruktur teknologi tidak akan menghasilkan transformasi optimal tanpa sinkronisasi dengan desain pembelajaran dan transfer teknologi kepada penggunanya. Karena itu, investasi AI, IoT, sensor, sistem informasi, dan teknologi pertanian presisi perlu disertai *upskilling* dan *reskilling* berkelanjutan melalui kolaborasi institusi pendidikan, penyuluhan, pemerintah, dunia usaha, dan pengguna teknologi. Dengan demikian, sinkronisasi inovasi sains dan teknologi dengan desain pembelajaran berbasis kompetensi menjadi fondasi untuk membangun SDM pertanian yang adaptif dan inovatif serta mendorong produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan sistem pertanian.

5. REFERENCES

- Aregaw, Y. G., Endris, E. A., & Bojago, E. (2023). Factors Affecting The Competence Level Of Agricultural Extension Agents: A Comprehensive Analysis Of Core Competencies In Northwestern Ethiopia. *Education Research International*, 2023, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2023/7928467>
- Alm, K., Beery, T. H., Eiblmeier, D., & Fahmy, T. (2022). Students' Learning Sustainability – Implicit, Explicit Or Non-Existent: A Case Study Approach On Students' Key Competencies Addressing The Sdgs In HEI Program. *International Journal Of Sustainability In Higher Education*, 23(8), 60–84. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2020-0484>
- Bampasidou, M., Goldgaber, D., Gentimis, T., & Mandalika, A. (2024). Overcoming “Digital Divides”: Leveraging Higher Education To Develop Next Generation Digital Agriculture Professionals. *Computers And Electronics In Agriculture*, 224, 109181. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109181>
- Brundiers, K., Wiek, A., & Redman, C. L. (2022). Developing Key Competencies In Sustainability Through Project-Based Learning In Graduate Sustainability Programs. *International Journal Of Sustainability In Higher Education*, 23(5), 1139–1157. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2020-0506>
- Charatsari, C., Michailidis, A., Lioutas, E. D., Bournaris, T., Loizou, E., Paltaki, A., & Lazaridou, D. (2023). Competencies Needed For Guiding The Digital Transition Of Agriculture: Are Future Advisors Well-Equipped? *Sustainability*, 15(22), 15815. <https://doi.org/10.3390/su152215815>
- Jain, V., Pandey, P. S., Choubey, A. K., Malhotra, K., & Murthy, G. R. K. (2022). Pattern Of Human Resource Development In Indian Agricultural Universities. *The Indian Journal Of Agricultural Sciences*, 92(9), 1101–1106. <https://doi.org/10.56093/ijas.V92i9.115271>
- Kustanti, E., Rusmana, A., & Hadisiwi, P. (2021). Peningkatan Kompetensi Penyuluh Pertanian Di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Dengan Pemanfaatan Media Komunikasi. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 19(2), 177–187. <https://doi.org/10.21082/Akp.V19n2.2021.177-187>
- Kustiari, T., & Budiman, Y. A. (2023). Peningkatan Kinerja Digital Penyuluh Pertanian Dinas Pertanian Dan Pangan Kabupaten Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Penyuluhan*, 19(2), 257–274. <https://doi.org/10.25015/19202346275>
- Lengyel, P., Felvégi, E., & Füzesi, I. (2025). Integrating Artificial Intelligence In Agricultural Higher Education: Transforming Learning And Research. *Journal Of Agricultural Informatics*, 15(2). <https://doi.org/10.17700/Jai.2024.15.2.738>
- Muhtadi, M., & Lisdiyanta, T. (2023). Evaluasi Pelatihan Teknologi Informasi Dan Komunikasi Bagi Petani Di Sumatera Utara, Sumatera Barat Dan Sumatera Selatan. *Jurnal SOLMA*, 12(2), 640–652. <https://doi.org/10.22236/Solma.V12i2.11152>
- Nordin, S. M., Zolkepli, I. A., Ahmad Rizal, A. R., Tariq, R., Mannan, S., & Ramayah, T. (2022). Paving The Way To Paddy Food Security: A Multigroup Analysis Of Agricultural Education On Circular

Economy Adoption. Journal Of Cleaner Production, 375, 134089.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134089>

- Nyamweru, J. C., Ndayitwayeko, W. M., Kessler, A., & Biemans, H. J. A. (2025a). Competence-Based Vocational Agriculture Education For Sustainability In Burundi: Perspectives From Different Educational Stakeholders. *Journal Of Vocational Education & Training*, 77(4), 1166–1188. <https://doi.org/10.1080/13636820.2024.2428770>
- Nyamweru, J. C., Ndayitwayeko, W. M., Kessler, A., & Biemans, H. J. A. (2025b). Fostering Students' Competencies In Sustainability In Vocational Agriculture Education In Burundi: Effects Of A Participatory Integrated Planning (PIP) Module. *International Journal Of Training And Development*, 29, 108–123. <https://doi.org/10.1111/Ijtd.12347>
- Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., Mcdonald, S., Mcguinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline For Reporting Systematic Reviews. *BMJ*, 372, N71. <https://doi.org/10.1136/Bmj.N71>
- Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, H., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., Mcdonald, S., Mcguinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Mckenzie, J. E. (2021). PRISMA 2020 Explanation And Elaboration: Updated Guidance And Exemplars For Reporting Systematic Reviews. *BMJ*, 372, N160. <https://doi.org/10.1136/Bmj.N160>
- Pemerintah Republik Indonesia. (2013). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2013 Tentang Perlindungan Dan Pemberdayaan Petani.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2025). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2025 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2025–2029.
- Saadvandi, M., Abbasi, E., Biemans, H. J. A., Zarafshani, K., & Farhadian, H. (2024). Identifying Characteristics Of A Competence-Based Agricultural Higher Education System: A Literature Review. *The Journal Of Agricultural Education And Extension*, 30(2), 297–316. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2023.2192706>
- Sørensen, L. B., Germundsson, L. B., Hansen, S. R., Rojas, C., & Kristensen, N. H. (2021). What Skills Do Agricultural Professionals Need In The Transition Towards A Sustainable Agriculture? A Qualitative Literature Review. *Sustainability*, 13(24), 13556. <https://doi.org/10.3390/Su132413556>
- Šalamon, D., Blašković, L., Džidić, A., Vargac, F., Seljan, S., & Bosnić, I. (2024). Data Literacy In Higher Education Of Agricultural Sector: Mapping Competences In The Course Content. *Cogent Education*, 11(1), 2393502. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2393502>
- Tarekegne, C., Wesselink, R., Biemans, H. J. A., & Mulder, M. (2022). Effectiveness Of A Competence-Based Planting Support Training Programme For Development Agents In Ethiopia. *International Journal Of Training And Development*, 26(3), 381–406. <https://doi.org/10.1111/Ijtd.12265>