

Pengembangan Smart Farming Berbasis Agritourism sebagai Edukasi Teknologi Pertanian di Kabupaten Buleleng

Development of Agritourism-Based Smart Farming as Agricultural Technology Education in Buleleng Regency

Gede Humaswara Prathama ¹

Ni Wayan Widhiasthini ²

Kadek Januarsa Adi Sudharma ^{3*}

Ni Luh Yulyana Dewi ²

Ni Made Prasiwi Bestari ⁴

Wayan Aditya Suranata ¹

¹Department of Engineering and Informatics, National University of Education, Denpasar, Bali, Indonesia

²Department of Social and Humor Studies, National University of Education, Denpasar, Bali, Indonesia

³Department of Law, National Education University, Denpasar, Bali, Indonesia

⁴Department of Tourism, National Education University, Denpasar, Bali, Indonesia

email: januarsa.adi@undiknas.ac.id

Kata Kunci

Pertanian Presisi
Agro Wisata
Teknologi Pertanian

Keywords:

Smart farming
Agritourism
Agricultural Technology

Received: December 2025

Accepted: February 2026

Published: July 2026

Abstrak

Perkembangan teknologi pertanian menjadi kebutuhan penting dalam menjawab tantangan keberlanjutan pangan, rendahnya minat generasi muda, serta skeptisisme petani terhadap inovasi teknologi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Kabupaten Buleleng dengan mengembangkan *smart farming* berbasis *agritourism* sebagai sarana edukasi teknologi pertanian melalui Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya Wiwanda Agrow. Kegiatan dilakukan menggunakan pendekatan partisipatif yang meliputi identifikasi kebutuhan mitra, instalasi dan integrasi sistem *smart farming* berbasis *Internet of Things*, uji fungsi dan kalibrasi, pengembangan fasilitas dan materi edukasi, pelatihan serta pendampingan petani, dan pelaksanaan wisata edukasi bagi masyarakat dan pelajar. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa sistem *smart farming* yang diterapkan mampu berfungsi secara optimal dalam mendukung pemantauan dan pengelolaan budidaya, meningkatkan pemahaman serta kepercayaan petani terhadap teknologi, dan menjadi media pembelajaran yang efektif bagi generasi muda. Integrasi *agritourism* memungkinkan teknologi pertanian dimanfaatkan tidak hanya untuk produksi, tetapi juga sebagai wahana edukasi dan diseminasi inovasi secara berkelanjutan. Secara keseluruhan, kegiatan ini membuktikan bahwa model *smart farming* berbasis *agritourism* dapat menjadi pendekatan efektif untuk mendorong adopsi teknologi pertanian, memperkuat regenerasi petani, serta mendukung ketahanan pangan di masa depan, sekaligus menciptakan kemitraan yang berkelanjutan antara perguruan tinggi dan masyarakat.

Abstract

The development of agricultural technology is an important need to address the challenges of food sustainability, the low interest among the younger generation, and farmers' skepticism towards technological innovation. This community service activity was carried out in Buleleng Regency by developing agritourism-based smart farming as a means of agricultural technology education through the Wiwanda Agrow Independent Agriculture and Rural Training Center. The activity was carried out using a participatory approach, which included identifying partner needs, installing and integrating Internet of Things-based smart farming systems, functional testing and calibration, development of educational facilities and materials, training and assistance for farmers, and the implementation of educational tours for the community and students. The results of the activity show that the implemented smart farming system functions optimally in supporting monitoring and cultivation management, increases farmers' understanding and trust in technology, and serves as an effective learning medium for the younger generation. The integration of agritourism allows agricultural technology to be used not only for production but also as a vehicle for education and dissemination of innovation in a sustainable manner. Overall, this activity proves that the agritourism-based smart farming model can be an effective approach to encourage the adoption of agricultural technology, strengthen farmer regeneration, and support food security in the future, while creating sustainable partnerships between universities and communities, permitted to use abbreviations except for units of a quantity and use them to a minimum.



© 2026 Gede Humaswara Prathama, Ni Wayan Widhiasthini, Kadek Januarsa Adi Sudharma, Ni Luh Yulyana Dewi, Ni Made Prasiwi Bestari, Wayan Aditya Suranata. Published by [Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya](#). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v11i7.11891>

PENDAHULUAN

Transformasi sektor pertanian menuju sistem yang lebih efisien, adaptif, dan berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak di tengah tantangan perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, serta menurunnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian. Kabupaten Buleleng sebagai salah satu sentra pertanian di Bali memiliki potensi besar dalam pengembangan pertanian hortikultura berbasis rumah kaca dan hidroponik, khususnya di wilayah dataran tinggi seperti Desa Pancasari. Namun demikian, sebagian besar petani masih menghadapi keterbatasan dalam adopsi teknologi digital pertanian akibat faktor biaya, kompleksitas sistem, serta ketergantungan pada penyedia teknologi pihak ketiga yang sering kali tidak berkelanjutan. *Smart farming* atau pertanian cerdas merupakan pendekatan pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital, *Internet of Things* (IoT), dan sistem otomasi untuk meningkatkan efisiensi produksi, kualitas hasil, serta pengambilan keputusan berbasis data (Wolfert *et al.*, 2017). Penerapan *Smart farming* terbukti mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi penggunaan air, energi, dan input pertanian lainnya (Zhang *et al.*, 2020). Namun, dalam konteks petani skala kecil, implementasi *Smart farming* sering kali menghadapi kendala berupa kurangnya kesesuaian teknologi dengan kebutuhan lokal serta minimnya literasi teknologi petani (Eastwood *et al.*, 2017). Di sisi lain, pengembangan *Agritourism* atau agro wisata edukatif semakin dipandang sebagai strategi inovatif untuk meningkatkan nilai tambah sektor pertanian sekaligus menjadi media edukasi dan diseminasi teknologi. *Agritourism* tidak hanya berfungsi sebagai sumber pendapatan alternatif, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang efektif dalam mentransfer pengetahuan pertanian modern kepada masyarakat dan generasi muda (Barbieri *et al.*, 2009). Integrasi *Smart farming* dengan konsep *Agritourism* dinilai mampu mengubah citra pertanian tradisional menjadi sektor yang modern, menarik, dan berbasis teknologi (Philip *et al.*, 2010). Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat melalui Program Dana Padanan (Kedaireka) ini dilaksanakan dengan fokus pada pengembangan *Smart farming* berbasis *Agritourism* sebagai sarana edukasi teknologi pertanian di Kabupaten Buleleng. Kegiatan ini memanfaatkan platform UDAWA Smart System, yaitu sistem *Smart farming* berbasis *open-source* yang dirancang secara petani-sentris, modular, dan mudah direplikasi. Pendekatan *open-source* dalam teknologi pertanian dinilai mampu meningkatkan kemandirian teknologi petani serta menghindari ketergantungan pada vendor tertentu (Rose *et al.*, 2021). Adapun tujuan utama kegiatan pengabdian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *Smart farming* berbasis UDAWA Smart System pada fasilitas *Agritourism* mitra P4S Wiwanda Agrow di Kabupaten Buleleng. Selain itu untuk meningkatkan literasi dan kapasitas petani serta masyarakat dalam pemanfaatan teknologi pertanian modern melalui model wisata edukasi serta menyediakan sarana pelatihan dan pembelajaran berbasis pengalaman untuk mendorong adopsi teknologi *Smart farming* secara berkelanjutan. Berbeda dengan kegiatan pengabdian sebelumnya yang umumnya berfokus pada pelatihan penggunaan alat atau pendampingan teknologi secara parsial, kegiatan ini menempatkan teknologi *Smart farming* sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran terpadu yang menggabungkan aspek teknologi, pertanian, dan pariwisata edukatif. Pengabdian terdahulu umumnya bersifat satu arah (transfer teknologi), sedangkan kegiatan ini mengedepankan pendekatan *co-creation* antara akademisi, petani, dan masyarakat melalui FGD, uji lapangan, serta evaluasi berkelanjutan. Selain itu, kegiatan ini melanjutkan dan memperluas hasil riset serta implementasi awal UDAWA Smart System yang sebelumnya telah diuji di lingkungan laboratorium dan komunitas pertanian terbatas. Kebaruan dari kegiatan pengabdian ini terletak pada integrasi *Smart farming open-source* dengan *Agritourism* edukatif, yang belum banyak diterapkan dalam program pengabdian masyarakat di sektor pertanian. Penggunaan platform UDAWA Smart System yang bersifat modular, *plug-and-play*, dan petani-sentris, sehingga dapat direplikasi oleh petani skala kecil tanpa ketergantungan vendor, pengembangan model *smart agro edu-tourism* sebagai media diseminasi teknologi dan peningkatan literasi pertanian digital. Selain itu kebaruan juga mencakup pendekatan edukasi berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang menggabungkan demonstrasi langsung, pelatihan, dan wisata edukasi teknologi pertanian. Dengan pendekatan tersebut, kegiatan pengabdian ini diharapkan tidak hanya menghasilkan luaran fisik berupa fasilitas dan sistem teknologi, tetapi juga dampak jangka panjang berupa peningkatan kapasitas petani, perubahan persepsi masyarakat terhadap pertanian, serta terbentuknya ekosistem pertanian modern berbasis teknologi di Kabupaten Buleleng.

METODE

Kegiatan pengabdian dilaksanakan di fasilitas *Greenhouse* milik mitra P4S Wiwanda Agrow dengan luas $\pm 100 \text{ m}^2$, berstruktur rangka baja *galvanis* dan penutup plastik UV 200 mikron. Sistem budidaya menggunakan instalasi hidroponik fertigasi tetes berbahan pipa PVC kelas AW diameter 1–2 inci dengan *dripper* berdebit 2–4 liter/jam. Perangkat *smart farming* yang digunakan adalah UDAWA *Smart System* berbasis mikrokontroler ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi, yang terintegrasi dengan sensor suhu dan kelembaban udara tipe DHT22 (akurasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$; $\pm 2\%$ RH), sensor kelembaban media tanam kapasitif (0–100%), sensor pH larutan nutrisi (rentang 0–14), dan sensor EC (0–20 mS/cm). Aktuator utama berupa pompa air listrik AC 220 V berdaya 125–250 watt dan *solenoid valve* DC 12 V. Perangkat pendukung meliputi panel kontrol, catu daya DC 5 V dan 12 V, router Wi-Fi, serta perangkat antarmuka pengguna berupa smartphone untuk *Monitoring* melalui antarmuka *web*. Bahan habis pakai meliputi nutrisi hidroponik AB *mix grade* komersial, media tanam *rockwool* densitas tinggi, dan bibit hortikultura dengan tingkat kemurnian $\geq 95\%$. Pelaksanaan kegiatan dilakukan menggunakan pendekatan partisipatif yang terbagi menjadi enam tahapan sistematis sesuai alur pengembangan teknologi tepat guna. Tahap pertama adalah Pengembangan *Green House*, di mana tim melakukan revitalisasi dan penataan fisik bangunan rumah kaca milik mitra agar siap menampung instalasi teknologi modern. Tahap kedua adalah Perancangan Sistem *Monitoring*, yaitu proses desain arsitektur perangkat keras dan pemrograman logika otomasi UDAWA *Smart System* yang dilakukan di laboratorium sebelum dibawa ke lokasi. Tahap ketiga adalah Implementasi Sistem, meliputi pemasangan sensor dan aktuator secara non-intrusif pada instalasi hidroponik serta uji fungsi konektivitas data secara *real-time* di lokasi mitra. Setelah sistem terpasang, kegiatan dilanjutkan ke tahap keempat yaitu *Focus Group Discussion* (FGD) bersama Petani dan Penyuluh. Forum ini bertujuan untuk mensosialisasikan cara kerja alat serta menjaring masukan teknis dari para praktisi lapangan. Tahap kelima adalah koordinasi dengan Dinas Pertanian, yang dilakukan melalui audiensi untuk menyelaraskan inovasi teknologi dengan program ketahanan pangan pemerintah daerah. Tahap keenam adalah Kunjungan SMK, yang dilaksanakan dalam bentuk kegiatan eduwisata teknologi bersama siswa SMK Teknologi Nasional Denpasar. Tahap terakhir ini berfungsi sebagai validasi model *Agritourism* sekaligus sarana edukasi generasi muda mengenai pertanian presisi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian ini menghasilkan luaran strategis berupa model *smart farming* berbasis *Agritourism* edukatif yang diimplementasikan secara nyata di P4S Wiwanda Agrow. Berbeda dengan pendekatan konvensional, pelaksanaan kegiatan ini dilakukan melalui tahapan terstruktur mulai dari pengembangan infrastruktur fisik, perancangan sistem, hingga validasi sosial dan edukasi. Implementasi Teknis: Dari Pengembangan *Greenhouse* hingga Sistem *Monitoring* Pada tahap awal, dilakukan pengembangan fasilitas *Greenhouse* dan perancangan UDAWA *Smart System*. Implementasi teknologi ini tidak hanya berfungsi sebagai alat produksi, tetapi juga mengatasi kendala adopsi teknologi di tingkat petani. Penggunaan *platform* UDAWA *Smart System* yang bersifat *open-source* dan petani-sentris memberikan dampak signifikan terhadap tingkat penerimaan teknologi. Dibandingkan dengan sistem komersial tertutup, penggunaan *platform open-source* dalam kegiatan ini meningkatkan keberlanjutan dan replikasi program. Hal ini sejalan dengan (Rose *et al.*, 2021) yang menekankan pentingnya transparansi dan fleksibilitas sistem dalam inovasi pertanian berbasis komunitas. Petani tidak bergantung pada vendor tertentu, sehingga kemandirian teknologi dapat tercapai. Sistem yang dikembangkan terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemantauan, yang mendukung temuan (Zhang *et al.*, 2020) bahwa penerapan *smart farming* mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi penggunaan input pertanian. Seperti pembuatan *Greenhouse* dan pembuatan modul *platform* UDAWA *Smart System* yang terdapat pada gambar.1 di bawah ini :



(a) (b)
Gambar 1. Luaran fisik kegiatan berupa (a) fasilitas smart *Greenhouse* yang telah direvitalisasi, dan
 (b) instalasi perangkat UDAWA *Smart System* berbasis IoT.

Validasi Sosial: FGD Petani dan Dukungan Pemerintah Setelah sistem terimplementasi, tahap selanjutnya adalah validasi sosial melalui *Focus Group Discussion* (FGD) bersama petani dan penyuluh, serta koordinasi dengan Dinas Pertanian. Skeptisisme petani terhadap teknologi pertanian digital merupakan tantangan utama, seringkali disebabkan oleh kompleksitas sistem dan minimnya dukungan pascaimplementasi (Aubert *et al.*, 2019). Oleh karena itu, melalui FGD di Wiwanda Agrow, teknologi diperkenalkan dalam bentuk *demonstration-based learning*.



(a) (b)
Gambar 2. Implementasi pendekatan partisipatif melalui (a) diskusi terpumpun (FGD) bersama kelompok tani,
 dan (b) koordinasi keberlanjutan program dengan Dinas Pertanian Kabupaten Buleleng.

Pendekatan demonstrasi nyata ini memungkinkan petani mengamati langsung kinerja sistem seperti yang nampak pada gambar 2 di atas. Hal ini sejalan dengan teori Rogers (2003) yang menegaskan bahwa *observability* (keteramatan) dan *trialability* (kemampuan uji coba) merupakan determinan utama dalam proses adopsi inovasi. Ketika petani dapat melihat hubungan langsung antara data sensor dan kondisi tanaman, persepsi risiko berkurang. Studi-studi terbaru juga menunjukkan bahwa model *co-creation* seperti ini secara signifikan meningkatkan keberlanjutan adopsi dibandingkan transfer teknologi satu arah (Ingram *et al.*, 2015; Leeuwis *et al.*, 2011). Selain itu, dukungan dari Dinas Pertanian yang dilibatkan dalam koordinasi program memperkuat aspek kelembagaan, memperkuat temuan (Wolfert *et al.*, 2017) bahwa keberhasilan *smart farming* sangat bergantung pada integrasi teknologi dengan konteks sosial dan kelembagaan. Dampak Edukasi: Kunjungan SMK dan Regenerasi Petani Pada tahap akhir, kegiatan difokuskan pada regenerasi petani melalui kunjungan eduwisata siswa SMK Teknologi Nasional Denpasar. Rendahnya minat generasi muda terhadap sektor pertanian telah diidentifikasi sebagai ancaman serius terhadap keberlanjutan pangan global (White, 2012). Melalui kegiatan ini, siswa SMK terlibat langsung dalam praktik penggunaan dashboard *Monitoring* dan otomasi sesuai dengan yang tampak pada gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan wisata edukasi teknologi pertanian (*Agritourism*) yang melibatkan siswa SMK Teknologi Nasional Denpasar sebagai bentuk regenerasi petani muda.

Model pembelajaran ini menerapkan konsep *experiential learning* yang terbukti efektif dalam pendidikan berbasis pengabdian masyarakat (Kolb, 2015) (Setiawan, 2026). Melalui interaksi langsung dengan teknologi, persepsi siswa terhadap pertanian berubah menjadi sektor yang modern dan strategis (Spielmaker *et al.*, 2013). Penelitian lain juga mengonfirmasi bahwa pembelajaran berbasis pengalaman mampu meningkatkan minat karier dan literasi teknologi peserta didik di bidang pertanian (Parr *et al.*, 2011; Tal *et al.*, 2009). Dengan demikian, integrasi kunjungan SMK dalam *Agritourism* ini tidak hanya berfungsi sebagai rekreasi, tetapi juga strategi konkret untuk regenerasi petani. Secara keseluruhan, capaian luaran kegiatan yang berkontribusi langsung terhadap Indikator Kinerja Utama (IKU) perguruan tinggi disajikan pada Tabel I.

Tabel I. Luaran Kegiatan Pengabdian dan Keterkaitannya dengan IKU Kedaireka.

No	Luaran	Kontribusi IKU
1	Smart Greenhouse edukatif berbasis IoT	IKU 5: Hasil kerja dosen digunakan masyarakat
2	Platform UDAWA Smart System	IKU 5 dan IKU 6: Kerja sama dengan mitra
3	Pelatihan dan pendampingan petani	IKU 6: Kemitraan berkelanjutan
4	Keterlibatan mahasiswa MBKM	IKU 2: Pengalaman belajar di luar kampus
5	Wisata edukasi pertanian modern	IKU 5 dan dampak sosial

Hasil kegiatan ini menunjukkan pergeseran paradigma dari *technology transfer* menuju *technology co-creation*. Dengan melibatkan petani dalam FGD, pemerintah daerah (Dinas Pertanian), dan sekolah (SMK) dalam satu ekosistem, dampak pengabdian tidak berhenti pada mitra utama tetapi meluas ke komunitas. Pendekatan ini membuktikan bahwa model *smart farming* berbasis *Agritourism* dapat menjadi solusi efektif untuk mendorong adopsi teknologi sekaligus menjawab tantangan regenerasi petani di masa depan.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa pengembangan *smart farming* berbasis *Agritourism* melalui pemanfaatan UDAWA Smart System di P4S Wiwanda Agrow mampu meningkatkan penerimaan teknologi oleh petani, memperkuat fungsi edukasi pertanian modern, serta membangun jembatan antara inovasi teknologi, masyarakat, dan generasi muda. Integrasi sistem *smart farming* dengan wahana wisata edukatif terbukti tidak hanya mendukung efisiensi dan pengambilan keputusan budidaya, tetapi juga berperan strategis dalam mengurangi skeptisisme petani terhadap teknologi dan menumbuhkan minat anak muda terhadap sektor pertanian sebagai pilihan masa depan yang modern dan berkelanjutan. Keberadaan Wiwanda Agrow sebagai mediator yang dipercaya masyarakat menjadi faktor kunci keberhasilan kegiatan ini dalam menciptakan dampak sosial dan edukatif yang luas. Untuk kegiatan pengabdian selanjutnya, disarankan dilakukan penguatan aspek replikasi dan skalabilitas model *smart agro edu-tourism* ke P4S atau desa wisata pertanian lainnya, pengembangan fitur analitik data yang lebih sederhana bagi petani, serta peningkatan

keterlibatan sekolah dan komunitas pemuda agar kontribusi terhadap regenerasi petani dan ketahanan pangan dapat berlangsung secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia melalui Program Dana Padanan (*Matching Fund*) Kedaireka atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul Pengembangan *Smart farming* Berbasis *Agritourism* sebagai Edukasi Teknologi Pertanian di Kabupaten Buleleng dapat terlaksana dengan baik sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi dan *platform* Kedaireka yang telah memfasilitasi kolaborasi antara perguruan tinggi dan mitra masyarakat. Penghargaan yang tulus disampaikan kepada Pusat Pelatihan Pertanian dan Pedesaan Swadaya (P4S) Wiwanda Agrow, Kabupaten Buleleng, sebagai mitra utama kegiatan pengabdian, atas dukungan fasilitas, keterbukaan, serta partisipasi aktif dalam seluruh rangkaian kegiatan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga evaluasi program. Terima kasih juga disampaikan kepada para petani, pengelola *Agritourism*, serta unsur masyarakat sekitar yang telah berkontribusi secara aktif dan menjadi bagian penting dalam keberhasilan implementasi teknologi *smart farming* berbasis edukasi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para narasumber dan praktisi yang telah berbagi pengetahuan dan pengalaman dalam kegiatan pelatihan dan pendampingan, serta kepada mahasiswa dan sivitas akademika yang terlibat dalam kegiatan ini atas dedikasi dan kontribusinya dalam mendukung pelaksanaan pengabdian. Semoga hasil kegiatan ini dapat memberikan manfaat berkelanjutan bagi masyarakat, memperkuat kemitraan antara perguruan tinggi dan mitra, serta berkontribusi pada pengembangan pertanian modern dan ketahanan pangan di masa depan.

REFERENSI

- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, **54**(1), 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
- Barbieri, C., & Mahoney, E. (2009). Why is diversification an attractive farm adjustment strategy? Insights from Texas farmers and ranchers. *Journal of Rural Studies*, **25**(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2008.06.001>
- Eastwood, C., Klerkx, L., & Nettle, R. (2017). Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion. *Journal of Rural Studies*, **49**, 1–12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743016716305903>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome: FAO. <https://openknowledge.fao.org/items/ede32306-aeec-4891-9fe6-7e4f2fd93143>
- Ingram, J., Maye, D., Kirwan, J., Curry, N., & Kubinakova, K. (2015). Interactions between niche and regime: An analysis of learning and innovation networks for sustainable agriculture across Europe. *Journal of Agricultural Education and Extension*, **21**(1), 55–71. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2014.991114>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). New Jersey, NJ: Pearson Education. https://www.researchgate.net/publication/315793484_Experiential_Learning_Experience_as_the_source_of_Learning_and_Development_Second_Edition

- Leeuwis, C., & Aarts, N. (2011). Rethinking communication in innovation processes: Creating space for change in complex systems. *Journal of Agricultural Education and Extension*, **17**(1), 21–36. <https://doi.org/10.1080/1389224X.2011.536344>
- Lipper, L., Thornton, P., Campbell, B. M., Baedeker, T., Braimoh, A., Bwalya, M., ... Torquebiau, E. F. (2014). Climate-smart agriculture for food security. *Nature Climate Change*, **4**(12), 1068–1072. <https://doi.org/10.1038/nclimate2437>
- Parr, D. M., & Trexler, C. J. (2011). Students' experiential learning and use of student farms in sustainable agriculture education. *Journal of Natural Resources & Life Sciences Education*, **40**(1), 172–180. <https://doi.org/10.4195/jnrlse.2009.0047u>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York, NY: Free Press.
- Rose, D. C., Sutherland, W. J., Parker, C., Lobley, M., Winter, M., Morris, C., ... Dicks, L. V. (2021). Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems*, **149**, 165–174. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>
- Setiawan, W., Putra, H. P., & Wibowo, A. A. (2026). Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Sampah untuk Mendukung Desa Mandiri Budaya Berkelanjutan di Panggungharjo: Development of Waste Processing Technology to Support a Sustainable Independent Cultural Village in Panggungharjo. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, **11**(Suppl-1). <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v11iSuppl-1.10790>
- Spielmaker, D. M., & Leising, J. G. (2013). Students perceptions of agriculture and natural resources careers. *Journal of Agricultural Education*, **54**(2), 1–15. <https://doi.org/10.4195/nse2016.07.0019>
- Tal, T., & Morag, O. (2009). Reflective practice as a means for preparing pre-service teachers for outdoor education. *Teaching and Teacher Education*, **25**(2), 245–255. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9131-1>
- White, B. (2012). Agriculture and the generation problem: Rural youth, employment and the future of farming. *IDS Bulletin*, **43**(6), 9–19. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2012.00375.x>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, **153**, 69–80. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16303754>