

Agricultural Computer Vision Education: Enhancing Digital Literacy for YPK Air Kenanga Students

Edukasi Computer Vision Pertanian untuk Meningkatkan Literasi Digital Siswa YPK Air Kenanga

Vivin Mahat Putri*¹, Bradika Almandin Wisesa², Better Swengky³ M. Hizbul Wathan⁴ Indra Irawan⁵
Satria Agus Darma⁶

^{1,2,3,4,5,6}Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

E-mail: Vivin@polman-babel.ac.id¹, Bradika@polman-babel.ac.id², Better@polman-babel.ac.id³,
MHizbul@polman-babel.ac.id⁴, Indraa@polman-babel.ac.id⁵, satriaagusdarma1@gmail.com⁶

Abstract

This community service program aimed to improve digital literacy among 84 students at YPK Air Kenanga School, Bangka Regency, through contextual education on agricultural Computer Vision. A preliminary needs assessment showed that all participants had basic digital experience through smartphones and social media, but 93% had never received formal exposure to Artificial Intelligence or Computer Vision and 64% did not understand the relationship between AI and agriculture. The program used an Experiential Learning approach through a one-day intensive workshop with four operational phases: basic AI literacy, real-time agricultural object detection using YOLOv8, interactive facial landmark practice using MediaPipe Face Mesh, and group discussion on smart farming ideas. Evaluation used structured observation and oral Q&A. Program success was defined as at least 90% of participants meeting two criteria: meaningful interaction with the system and correct answers to at least two of three concept questions. The results showed that 76 of 84 students, or 90.5%, achieved the success indicator. Students were able to explain basic Computer Vision concepts, identify the function of bounding boxes and confidence scores, and propose local smart farming applications such as pepper maturity detection and crop monitoring. These findings indicate that low-cost, experiential, and locally contextualized AI education can strengthen students' digital readiness and interest in agricultural technology careers.

Keywords: Artificial Intelligence, Computer Vision, Digital Literacy, Farming, YOLO.

Abstrak

Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan literasi digital 84 siswa Sekolah YPK Air Kenanga, Kabupaten Bangka, melalui edukasi kontekstual tentang Computer Vision pertanian. Asesmen kebutuhan awal menunjukkan bahwa seluruh peserta telah memiliki pengalaman digital dasar melalui penggunaan smartphone dan media sosial, tetapi 93% belum pernah memperoleh paparan formal mengenai Artificial Intelligence atau Computer Vision dan 64% belum memahami hubungan AI dengan pertanian. Program dilaksanakan dengan pendekatan Experiential Learning melalui workshop intensif satu hari yang terdiri atas empat fase operasional: literasi dasar AI, demonstrasi deteksi objek pertanian secara real-time menggunakan YOLOv8, praktik interaktif landmark wajah menggunakan MediaPipe Face Mesh, dan diskusi kelompok mengenai ide smart farming. Evaluasi menggunakan observasi terstruktur dan tanya jawab lisan. Keberhasilan program ditetapkan apabila minimal 90% peserta memenuhi dua kriteria, yaitu mampu berinteraksi secara bermakna dengan sistem dan menjawab benar minimal dua dari tiga pertanyaan konsep. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 76 dari 84 siswa atau 90,5% mencapai indikator keberhasilan. Siswa mampu menjelaskan konsep dasar Computer Vision, mengidentifikasi fungsi bounding box dan confidence score, serta mengusulkan aplikasi smart farming lokal seperti deteksi kematangan lada dan pemantauan tanaman. Temuan ini menunjukkan bahwa edukasi AI yang murah, berbasis pengalaman, dan dikaitkan dengan konteks lokal dapat memperkuat kesiapan digital siswa serta minat terhadap karier teknologi pertanian.

Kata kunci: Artificial Intelligence, Computer Vision, Literasi Digital, Pertanian, YOLO.

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital mempercepat integrasi Artificial Intelligence (AI) dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan dan pertanian cerdas. Dalam konteks sekolah menengah,

kemampuan siswa tidak cukup hanya pada penggunaan perangkat digital. Siswa juga perlu memahami cara teknologi bekerja, menilai manfaat dan risikonya, serta menggunakan teknologi untuk memecahkan masalah nyata. Literasi digital pada tingkat sekolah mencakup dimensi teknis, kognitif, sosial, etis, dan produktif sehingga peserta didik dapat menggunakan teknologi secara aman, kritis, dan kreatif (Ng, 2012; Janssen et al., 2013; Falloon, 2020; van Laar et al., 2017).

Perkembangan AI menuntut adanya penguatan literasi AI sejak pendidikan dasar dan menengah. Literasi AI mencakup kemampuan memahami prinsip kerja AI, mengenali data dan model, menilai keterbatasan sistem, serta melihat dampak sosialnya (Long & Magerko, 2020; Ng et al., 2021; Touretzky et al., 2019). Tinjauan terbaru menunjukkan bahwa pembelajaran AI di K-12 lebih efektif ketika siswa berinteraksi langsung dengan alat yang dapat diamati, misalnya model klasifikasi, deteksi objek, visualisasi data, atau perangkat robotik sederhana (Su et al., 2022; Su et al., 2023; Crompton et al., 2024; Yim & Su, 2025).

Sekolah YPK Air Kenanga di Kabupaten Bangka menjadi mitra kegiatan karena memiliki keterbukaan terhadap inovasi digital, tetapi belum memiliki program formal yang mengenalkan AI terapan. Berdasarkan survei pra-kegiatan, program diikuti oleh 84 siswa kelas X, XI, dan XII. Seluruh peserta telah menggunakan smartphone dan media sosial. Namun, 93% siswa atau 78 dari 84 siswa belum pernah mempelajari AI atau Computer Vision secara formal. Sebanyak 71% siswa pernah menggunakan komputer untuk tugas sekolah, tetapi terbatas pada pengolahan kata dan presentasi. Sebanyak 64% siswa atau 54 siswa belum mengetahui hubungan AI dengan sektor pertanian. Kondisi ini menunjukkan kesenjangan antara penggunaan teknologi sehari-hari dan pemahaman terhadap teknologi terapan.

Kesenjangan tersebut penting ditangani karena Bangka Belitung memiliki potensi pertanian lokal, seperti lada, kelapa sawit, dan singkong. Teknologi Computer Vision dapat digunakan untuk mendukung deteksi penyakit daun, pengenalan hama, klasifikasi kematangan buah, dan pemantauan pertumbuhan tanaman. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa deep learning, machine learning, dan Computer Vision memiliki peluang besar dalam pertanian presisi karena mampu membaca pola visual secara cepat dan konsisten (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018; Liakos et al., 2018; Patrício & Rieder, 2018; Ferentinos, 2018; Mohanty et al., 2016).

Computer Vision dipilih karena teknologi ini mudah diamati siswa melalui gambar, video, kamera, bounding box, label, dan skor keyakinan. YOLO atau You Only Look Once relevan untuk demonstrasi karena mampu melakukan deteksi objek secara real-time (Redmon et al., 2016; Jocher et al., 2023). MediaPipe Face Mesh juga dipilih karena dapat memvisualisasikan titik-titik landmark wajah secara langsung sehingga siswa dapat melihat proses ekstraksi fitur visual dalam bentuk yang sederhana dan menarik (Lugaresi et al., 2019; Grishchenko et al., 2020).

Tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan literasi digital siswa YPK Air Kenanga melalui pengenalan AI dan Computer Vision pada konteks pertanian. Secara khusus, kegiatan ini bertujuan: (1) memetakan kemampuan awal mitra terkait AI dan teknologi digital, (2) memberikan pengalaman langsung menggunakan YOLOv8 dan MediaPipe, (3) mengukur capaian pemahaman peserta melalui instrumen evaluasi yang jelas, dan (4) merumuskan tindak lanjut berbasis klub AI, proyek kelas, dan pelatihan lanjutan.

Tabel 1. Profil Awal Mitra Kegiatan (Sekolah YPK Air Kenanga)

Aspek	Indikator	Jumlah/Persentase	Keterangan
Jumlah Peserta	Total siswa aktif yang mengikuti program	84 siswa	Kelas X, XI, XII
Kemampuan Digital Dasar	Penggunaan smartphone dan media sosial	100% (84 siswa)	Semua peserta memiliki smartphone

Aspek	Indikator	Jumlah/Persentase	Keterangan
Pengalaman Komputer	Pernah menggunakan komputer untuk tugas sekolah	71% (60 siswa)	Sebatas pengolah kata & presentasi
Paparan AI/CV	Belum pernah terpapar AI atau Computer Vision formal	93% (78 siswa)	Tidak ada materi AI di kurikulum
Kesadaran Smart Farming	Tidak mengetahui hubungan AI dengan pertanian	64% (54 siswa)	Perlu edukasi kontekstual

2. METODE

Kegiatan pengabdian menggunakan pendekatan Experiential Learning. Pendekatan ini dipilih karena peserta tidak hanya menerima materi, tetapi juga mengamati, mencoba, mendiskusikan, dan menghubungkan pengalaman dengan konteks pertanian lokal. Desain ini merujuk pada siklus pengalaman konkret, refleksi, konseptualisasi, dan eksperimen aktif (Kolb & Kolb, 2005; Morris, 2020).

Dalam kegiatan ini, siklus Experiential Learning diterapkan secara operasional. Pertama, siswa mengamati sistem YOLOv8 mendeteksi objek pertanian melalui webcam sebagai pengalaman konkret. Kedua, siswa mendiskusikan hasil deteksi, label, dan confidence score sebagai refleksi. Ketiga, fasilitator menjelaskan konsep klasifikasi, deteksi objek, dataset, dan keterbatasan model sebagai konseptualisasi. Keempat, siswa mencoba interaksi langsung dengan MediaPipe Face Mesh dan menyusun ide aplikasi smart farming sebagai eksperimen aktif.

Secara sistematis, pelaksanaan kegiatan dibagi ke dalam tiga tahap utama:

2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan survei mitra dan asesmen kebutuhan. Tim mengumpulkan data awal tentang jumlah peserta, kepemilikan perangkat, pengalaman menggunakan komputer, pengetahuan awal tentang AI, dan pemahaman siswa tentang hubungan teknologi dengan pertanian. Instrumen asesmen berupa kuesioner checklist singkat yang diisi sebelum kegiatan.

Tim juga menyiapkan materi sederhana tentang AI, Computer Vision, YOLOv8, MediaPipe, dan smart farming. Materi dirancang dengan bahasa non-teknis agar sesuai dengan kemampuan awal siswa. Dari sisi teknis, tim menyiapkan dua laptop minimal Intel Core i5 dengan RAM 8 GB, webcam HD 1080p, proyektor, dataset visual objek pertanian lokal, framework YOLOv8, dan MediaPipe versi 0.10. Instalasi dilakukan sebelum kegiatan untuk menghindari kendala jaringan pada hari pelaksanaan.

2.2 Tahap Pelaksanaan

Program dilaksanakan melalui workshop intensif satu hari pada 14 November 2025 di Sekolah YPK Air Kenanga. Pelaksanaan dibagi ke dalam empat fase berikut.

Fase 1, edukasi dasar AI selama 45 menit. Fasilitator mengenalkan AI melalui contoh yang dekat dengan siswa, seperti pengenalan wajah pada smartphone, filter media sosial, rekomendasi video, dan kamera otomatis. Siswa diminta menyebutkan contoh AI yang mereka temui dalam kehidupan sehari-hari.

Fase 2, demonstrasi Computer Vision dengan YOLOv8 selama 60 menit. Fasilitator menampilkan deteksi objek pertanian secara real-time. Siswa bergiliran memilih objek, mengarahkan kamera, mengamati bounding box, membaca label, dan memperhatikan confidence score. Objek yang digunakan meliputi daun dengan simulasi bercak penyakit, buah, serta alat pertanian sederhana. Siswa juga diminta memprediksi pengaruh cahaya, jarak, dan sudut kamera terhadap hasil deteksi.

Fase 3, praktik interaktif MediaPipe Face Mesh selama 45 menit. Siswa mencoba sistem yang memetakan 468 titik landmark wajah secara real-time. Mereka menggerakkan kepala, tersenyum, atau mengedipkan mata, lalu mengamati perubahan titik pada layar. Aktivitas ini digunakan untuk menjelaskan konsep ekstraksi fitur wajah, data visual, dan biometrik secara sederhana.

Fase 4, diskusi smart farming dan apresiasi selama 60 menit. Siswa dibagi ke dalam kelompok kecil berisi 5 sampai 6 orang. Setiap kelompok menyusun satu ide aplikasi Computer Vision untuk pertanian lokal, seperti deteksi kematangan lada, pemantauan tanaman kelapa sawit dengan drone, pengenalan hama singkong, atau absensi petani berbasis pengenalan wajah. Setiap kelompok mempresentasikan ide secara singkat.

2.3 Tahap Evaluasi dan Pengukuran Keberhasilan

Evaluasi dilakukan dengan dua instrumen komplementer, yaitu observasi terstruktur dan tanya jawab terstruktur. Kedua instrumen digunakan agar capaian 90% tidak hanya didasarkan pada kehadiran atau antusiasme, tetapi pada interaksi bermakna dan pemahaman konsep.

Instrumen pertama adalah observasi terstruktur. Fasilitator menggunakan rubrik tiga kategori selama praktik. Kategori A atau aktif diberikan kepada siswa yang mampu berinteraksi secara mandiri dengan sistem dan menjelaskan output. Kategori B atau responsif diberikan kepada siswa yang dapat berinteraksi setelah dipandu dan mampu menjawab pertanyaan konfirmasi. Kategori C atau pasif diberikan kepada siswa yang belum menunjukkan interaksi bermakna meskipun telah dipandu. Siswa dinyatakan berhasil pada instrumen observasi apabila masuk kategori A atau B.

Instrumen kedua adalah tanya jawab terstruktur. Setiap siswa menjawab tiga pertanyaan lisan: (1) apa perbedaan klasifikasi gambar dan deteksi objek, (2) bagaimana YOLO mengenali objek pertanian, dan (3) sebutkan satu contoh aplikasi Face Mesh atau Computer Vision di bidang pertanian. Jawaban diberi skor 0 atau 1 oleh dua fasilitator. Siswa dinyatakan memahami konsep apabila menjawab benar minimal dua dari tiga pertanyaan.

Indikator keberhasilan program ditetapkan apabila minimal 90% peserta memenuhi kedua instrumen. Formula yang digunakan adalah: tingkat keberhasilan = jumlah siswa yang memenuhi indikator dibagi total peserta, dikalikan 100%. Dengan total 84 peserta, ambang minimal keberhasilan adalah 76 siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan pengabdian terlaksana sesuai rencana pada 14 November 2025. Seluruh 84 siswa hadir dan mengikuti rangkaian kegiatan sampai selesai. Pada sesi awal, siswa menunjukkan ketertarikan karena contoh AI dikaitkan dengan aplikasi yang sering mereka gunakan. Ketika fasilitator menjelaskan bahwa kamera dapat menjadi sumber data untuk mesin, siswa mulai memahami bahwa AI tidak hanya berkaitan dengan chatbot, tetapi juga dengan citra, video, dan sensor visual.

Pada sesi YOLOv8, siswa melihat langsung cara sistem memberi kotak penanda atau bounding box pada objek yang terdeteksi. Salah satu aktivitas konkret terjadi ketika siswa

mengarahkan kamera ke gambar daun dengan bercak kuning. Sistem memberi label diseased_leaf dengan confidence score 87%. Fasilitator menggunakan momen ini untuk menjelaskan bahwa model tidak melihat objek seperti manusia, tetapi membaca pola visual dari data latih. Siswa kemudian membandingkan hasil deteksi pada jarak dekat, jarak jauh, cahaya terang, dan sudut kamera miring.

Pada sesi MediaPipe Face Mesh, siswa menyaksikan wajah mereka dipetakan menjadi titik-titik landmark secara real-time. Beberapa siswa mencoba tersenyum, menutup satu mata, atau memiringkan kepala. Mereka melihat titik wajah bergerak sesuai perubahan ekspresi. Aktivitas ini membuat konsep ekstraksi fitur lebih mudah dipahami karena output teknologi dapat langsung diamati. Gambar 1 menunjukkan pemaparan materi dan demonstrasi Computer Vision kepada peserta.



Gambar 1. Kegiatan pemaparan materi dan demonstrasi Computer Vision kepada peserta

Sesi tanya jawab berlangsung aktif. Siswa tidak hanya menanyakan cara kerja YOLO, tetapi juga menanyakan apakah teknologi serupa dapat dipakai untuk mendeteksi hama lada dan kualitas buah. Beberapa siswa mengaitkan demonstrasi dengan aktivitas pertanian keluarga atau lingkungan sekitar. Gambar 2 memperlihatkan interaksi siswa selama sesi diskusi dan tanya jawab.



Gambar 2. (a) (b) Sesi tanya jawab dan interaksi aktif siswa selama workshop

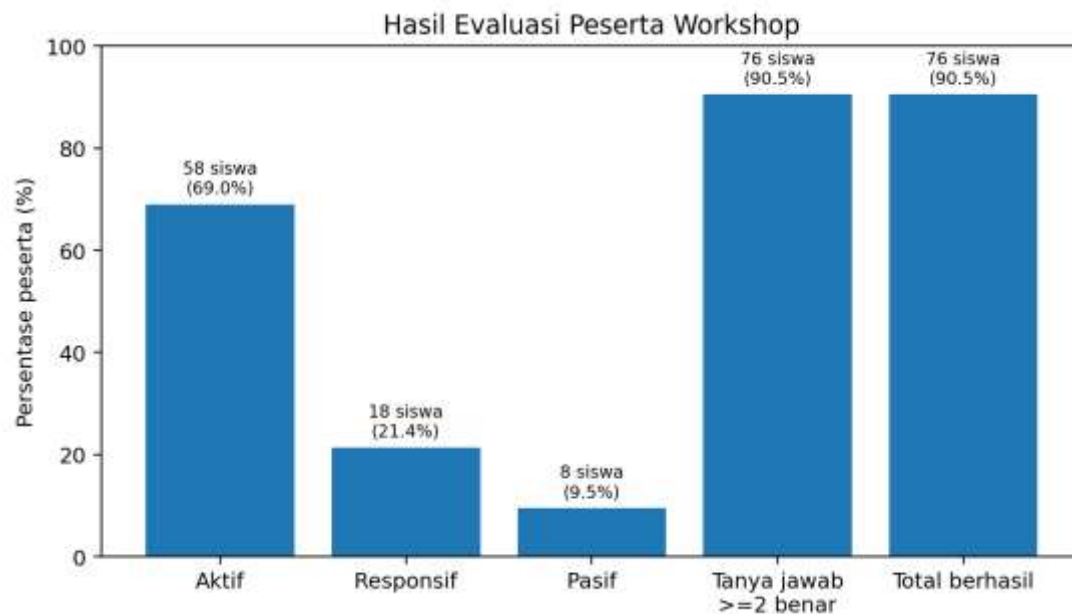
3.2 Hasil Evaluasi Peserta

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa program mencapai indikator keberhasilan. Sebanyak 76 dari 84 siswa atau 90,5% memenuhi dua kriteria keberhasilan. Mereka mampu berinteraksi secara bermakna dengan sistem dan menjawab benar minimal dua dari tiga pertanyaan konsep. Tabel 2 menyajikan rekapitulasi hasil evaluasi peserta.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Evaluasi Peserta

Instrumen Evaluasi	Kriteria Keberhasilan	Jumlah Siswa Berhasil	Persentase (%)
Observasi Terstruktur (Kategori A - Aktif)	Mandiri berinteraksi & interpretasi output	58 siswa	69,0%
Observasi Terstruktur (Kategori B - Responsif)	Interaksi terpandu, menjawab pertanyaan konfirmasi	18 siswa	21,4%
Observasi Terstruktur (Kategori C - Pasif)	Tidak menunjukkan interaksi bermakna	8 siswa	9,5%
Tanya Jawab Terstruktur ($\geq 2/3$ benar)	Menjawab benar min. 2 dari 3 pertanyaan	76 siswa	90,5%
TOTAL BERHASIL (memenuhi kedua instrumen)	-	76 siswa	90,5%

Perhitungan capaian dilakukan dengan membagi jumlah siswa yang memenuhi indikator dengan total peserta. Dengan demikian, 76 dibagi 84 dikalikan 100% menghasilkan 90,5%. Capaian ini melampaui ambang keberhasilan 90%. Sebanyak 8 siswa belum mencapai indikator karena masih ragu menggunakan perangkat atau belum percaya diri menjawab pertanyaan lisan. Kondisi tersebut menjadi dasar rekomendasi pendampingan lanjutan melalui klub AI dan proyek kelas.



Gambar 3. Visualisasi hasil evaluasi peserta berdasarkan kategori observasi dan capaian tanya jawab

3.3 Analisis Luaran dan Potensi Pengembangan

Keunggulan utama luaran kegiatan ini adalah sifatnya yang *high-impact* dan *low-cost*. Penggunaan perangkat laptop dan kamera standar memungkinkan teknologi ini diadopsi dengan biaya rendah tanpa memerlukan infrastruktur industri yang berat, sehingga sangat sesuai dengan kondisi sekolah menengah di daerah. Secara edukatif, setiap komponen demonstrasi mengandung unsur logika mesin yang membangun nalar kritis dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Karampelas, 2020; Michaeli et al., 2023).

Terdapat tantangan teknis dalam hal persiapan instalasi framework perangkat lunak (YOLOv8 dan MediaPipe) yang memerlukan spesifikasi sistem tertentu dan koneksi internet yang stabil untuk unduhan awal. Kondisi jaringan internet di sekolah yang belum optimal menjadi kendala minor yang dapat diatasi dengan melakukan pra-instalasi penuh sebelum hari pelaksanaan, sebagaimana yang dilakukan tim dalam kegiatan ini.

Dampak jangka pendek dari kegiatan ini adalah meningkatnya kompetensi digital siswa dalam mengenali potensi AI, yang terlihat dari kemampuan mereka menghasilkan ide aplikasi smart farming yang relevan dengan konteks lokal. Secara jangka panjang, kegiatan ini diharapkan menjadi pemantik bagi sekolah untuk mengintegrasikan materi teknologi cerdas ke dalam kurikulum atau proyek kelas. Gambar 3 memperlihatkan foto bersama seluruh peserta dan tim pelaksana sebagai penutup kegiatan.



Gambar 3. Foto bersama peserta dan tim pelaksana sebagai penutup kegiatan

3.4 Rencana Tindak Lanjut

Luaran langsung kegiatan adalah peningkatan pemahaman siswa tentang Computer Vision, dokumentasi kegiatan, modul pengenalan AI dasar, dataset visual sederhana, serta rekomendasi integrasi materi AI dalam kegiatan sekolah. Pada akhir sesi, siswa mampu mengusulkan beberapa ide aplikasi, antara lain deteksi kematangan lada, klasifikasi kualitas kelapa sawit, pengenalan hama singkong, dan pemantauan tanaman menggunakan kamera drone.

Rencana tindak lanjut disusun dalam tiga skala waktu. Pertama, sekolah dapat membentuk klub AI sebagai wadah eksplorasi mingguan. Kedua, guru dapat mengintegrasikan proyek smart farming ke dalam mata pelajaran Informatika atau Biologi. Ketiga, tim pengabdian dapat menyelenggarakan pelatihan lanjutan tentang Python, anotasi dataset, dan fine-tuning model sederhana.

Tabel 3. Ringkasan Rencana Tindak Lanjut

Program	Waktu Pelaksanaan	Bentuk Kegiatan	Target Luaran
Klub AI Sekolah	1 sampai 3 bulan	Pertemuan mingguan, eksplorasi dataset, latihan deteksi objek sederhana, diskusi isu AI	Terbentuk klub AI dengan guru pendamping dan modul awal
Proyek kelas smart farming	3 sampai 6 bulan	Proyek kelompok pada mata pelajaran Informatika atau Biologi dengan objek pertanian lokal	Minimal dua prototipe ide atau demo deteksi objek lokal
Pelatihan lanjutan	6 sampai 12 bulan	Pelatihan Python dasar, anotasi data, fine-tuning YOLOv8, dan evaluasi model	Minimal satu prototipe Computer Vision sederhana untuk pameran sekolah

4. KESIMPULAN

Program pengabdian di Sekolah YPK Air Kenanga berhasil meningkatkan literasi digital siswa melalui edukasi Computer Vision pertanian. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 76 dari 84 siswa atau 90,5% mencapai indikator keberhasilan. Mereka mampu berinteraksi dengan sistem YOLOv8 dan MediaPipe secara bermakna serta menjawab pertanyaan konsep dasar Computer Vision.

Pendekatan Experiential Learning membuat materi AI lebih mudah dipahami karena siswa mengalami langsung proses deteksi objek dan pemetaan fitur wajah. Kegiatan ini juga berhasil mengaitkan teknologi dengan konteks lokal Bangka Belitung melalui ide smart farming seperti deteksi kematangan lada, pemantauan tanaman, dan pengenalan hama.

Keterbatasan kegiatan terletak pada durasi workshop yang hanya satu hari sehingga belum memungkinkan pembelajaran pemrograman dan pelatihan model secara mendalam. Tindak lanjut yang direkomendasikan adalah pembentukan klub AI, proyek kelas berbasis smart farming, dan pelatihan lanjutan Python untuk Computer Vision. Model kegiatan ini dapat direplikasi di sekolah lain yang memiliki kebutuhan peningkatan literasi teknologi terapan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada manajemen Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung atas dukungan kelembagaan. Tim juga menyampaikan apresiasi kepada Kepala Sekolah, guru, dan seluruh siswa Sekolah YPK Air Kenanga, Kabupaten Bangka, atas keterbukaan, antusiasme, dan partisipasi aktif selama pelaksanaan program.

DAFTAR PUSTAKA

- Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 2, 431-440. <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7>
- Alamudi, A. K. (2025). Sumber daya manusia Generasi Z di era artificial intelligence: Menggabungkan kreativitas, teknologi dan kewirausahaan. *Jurnal Pengabdian Manajemen*, 5(1), 44-52. <https://doi.org/10.30587/jpm.v5i01.10253>
- Barbedo, J. G. A. (2018). Factors influencing the use of deep learning for plant disease recognition. *Biosystems Engineering*, 172, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.05.013>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934>
- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Jarvela, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100069. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100069>
- Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview. *Procedia Computer Science*, 136, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.08.233>
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510>
- Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
- Crompton, H., Jones, M. V., & Burke, D. (2024). Affordances and challenges of artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 56(3), 248-268. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2121344>

- Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency framework. *Educational Technology Research and Development*, 68, 2449-2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>
- Ferentinos, K. P. (2018). Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.009>
- Grishchenko, I., Bazarevsky, V., & Kartynnik, Y. (2020). Attention Mesh: High-fidelity face mesh prediction in real time. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.10962>
- Janssen, J., Stoyanov, S., Ferrari, A., Punie, Y., Pannekeet, K., & Sloep, P. (2013). Experts' views on digital competence: Commonalities and differences. *Computers and Education*, 68, 473-481. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.06.008>
- Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). YOLO by Ultralytics (Version 8.0.0) [Computer software]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7867787>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldu, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Karampelas, A. (2020). Developing and delivering a high school artificial intelligence course in blended and online learning environments. *EDEN Conference Proceedings*, 1, 255-261. <https://doi.org/10.38069/edenconf-2020-ac0024>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2005). Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. *Academy of Management Learning and Education*, 4(2), 193-212. <https://doi.org/10.5465/amle.2005.17268566>
- Kumala, D., Wijandari, A., Suratminingsih, S., & Haryadi, R. N. (2023). Improving digital literacy for secondary school students at SMK Muhammadiyah 2 Cileungsi. *Pasundan Community Service Development*, 1(1), 1-4. <https://doi.org/10.56457/pascomsidev.v1i1.53>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436-444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-16. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>
- Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C.-L., Yong, M. G., Lee, J., Chang, W.-T., Hua, W., Georg, M., & Grundmann, M. (2019). MediaPipe: A framework for building perception pipelines. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.08172>
- Manurung, D. G., Pinasthika, M. R., Vasya, M. A. O., Putri, R. A. D. S., Tampubolon, A. P., Prayata, R. F., Nisa, S. K., & Yudistira, N. (2024). Deteksi dan klasifikasi hama potato beetle pada tanaman kentang menggunakan YOLOv8. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 11(4), 723-734. <https://doi.org/10.25126/jtiik.1148092>
- Michaeli, T., Romeike, R., & Seegerer, S. (2023). What students can learn about artificial intelligence: Recommendations for K-12 computing education. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 685, 196-208. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_19
- Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathe, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1419. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01419>

- Morris, T. H. (2020). Experiential learning: A systematic review and revision of Kolb's model. *Interactive Learning Environments*, 28(8), 1064-1077. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1570279>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041>
- Ng, W. (2012). Can we teach digital natives digital literacy? *Computers and Education*, 59(3), 1065-1078. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.016>
- Patricio, D. I., & Rieder, R. (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.001>
- Pungus, S. R., Sondakh, D. E., Liem, A. T., Adam, S. I., Mambu, J. Y. Y., & Tombeng, M. T. (2025). Meningkatkan literasi AI dan kesadaran etika digital melalui edukasi interaktif bagi pelajar sekolah menengah atas. *Servitium Smart Journal*, 4(1), 190-196. <https://doi.org/10.31154/servitium.v4i1.38>
- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 779-788. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>
- Rose, D. C., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening responsible innovation in an era of smart farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 87. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- Russakovsky, O., Deng, J., Su, H., Krause, J., Satheesh, S., Ma, S., Huang, Z., Karpathy, A., Khosla, A., Bernstein, M., Berg, A. C., & Fei-Fei, L. (2015). ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115, 211-252. <https://doi.org/10.1007/s11263-015-0816-y>
- Sa, I., Ge, Z., Dayoub, F., Upcroft, B., Perez, T., & McCool, C. (2016). DeepFruits: A fruit detection system using deep neural networks. *Sensors*, 16(8), 1222. <https://doi.org/10.3390/s16081222>
- Sagirani, T., Effendi, P. M., Erstiawan, M. S., Eko Wulandari, S. H., & Rahmawati, E. (2025). AI untuk siswa: Pendekatan experiential learning dalam pengenalan artificial intelligence di tingkat SMA. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ABDIRA)*, 5(3), 1014-1025. <https://doi.org/10.31004/abdira.v5i3.846>
- Su, J., Guo, K., Chen, X., & Chu, S. K. W. (2023). Teaching artificial intelligence in K-12 classrooms: A scoping review. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2212706>
- Su, J., Zhong, Y., & Ng, D. T. K. (2022). A meta-review of literature on educational approaches for teaching AI at the K-12 levels in the Asia-Pacific region. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100065. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100065>
- Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 33(1), 9795-9799. <https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795>
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering*, 164, 31-48. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>
- Ubbens, J. R., & Stavness, I. (2017). Deep Plant Phenomics: A deep learning platform for complex plant phenotyping tasks. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1190. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01190>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577-588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>

- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big Data in Smart Farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Wu, D., & Zhang, J. (2025). Generative artificial intelligence in secondary education: Applications and effects on students' innovation skills and digital literacy. *PLOS ONE*, 20(5), e0323349. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0323349>
- Yim, I. H. Y., & Su, J. (2025). Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education: A scoping review. *Journal of Computers in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40692-023-00304-9>