

Penerapan Teknologi Automotic Young Coconut Splitting Machine Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi Kelapa Muda Warga Desa Gandusari, Kec. Gandusari, Kabupaten Blitar

Erwin Komara Mindarta¹, Eddy Rudianto², Marji³

^{1,2,3}Universitas Negeri Malang

E-mail: erwin.komara.ft@um.ac.id

*Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3485>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 20 October 2025

Revised: 25 October 2025

Accepted: 27 November 2025

Kata Kunci

Teknologi Tepat Guna, Pengolahan Kelapa Muda, Agroindustri Pedesaan, Desain Mesin Ergonomis, Inovasi Berbasis Masyarakat, Produktivitas Pertanian, Adopsi Teknologi

Keywords

Appropriate Technology, Young Coconut Processing, Rural Agroindustry, Ergonomic Machine Design, Community-Based Innovation, Agricultural Productivity, Technology Adoption



ABSTRACT

Pengolahan kelapa muda secara manual di masyarakat pedesaan masih padat karya, tidak efisien, dan berbahaya, sehingga membatasi produktivitas dan potensi ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis dalam meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kualitas produk di Desa Gandusari, Indonesia. Dengan mengatasi tantangan metode tradisional, penelitian ini menyelidiki apakah teknologi yang tepat dan dirancang secara ergonomis dapat meningkatkan kinerja kegiatan agroindustri skala mikro. Studi ini menggunakan desain metode campuran partisipatif, yang memadukan pengukuran pra dan pascaintervensi di seluruh indikator kinerja utama. Data kuantitatif dikumpulkan mengenai waktu pemrosesan, hasil produksi, kualitas produk, dan kelelahan pengguna, sementara wawasan kualitatif dikumpulkan melalui wawancara, survei kepuasan, dan catatan lapangan observasional. Hasilnya menunjukkan pengurangan waktu pemrosesan sebesar 55,2%, dengan hasil hampir dua kali lipat dari 55–65 menjadi 110–130 kelapa per jam. Kelelahan pengguna menurun secara signifikan, dengan rata-rata Borg Rating of Perceived Exertion turun dari 7,1 menjadi 3,8. Kualitas produk meningkat, dengan 83% hasil dinilai sebagai "sangat baik," yang mencerminkan peningkatan presisi dan kebersihan pemotongan. Kepuasan pengguna sangat tinggi (skor rata-rata 4,78/5), yang menunjukkan penerimaan luas terhadap teknologi tersebut. Peserta juga melaporkan peningkatan kepercayaan diri dan menyatakan aspirasi untuk ekspansi bisnis. Temuan ini menegaskan bahwa mengintegrasikan desain partisipatif dengan teknologi ergonomis dapat menghasilkan peningkatan substansial dalam efisiensi agro-processing pedesaan dan kesejahteraan pekerja. Sebagai kesimpulan, studi ini menunjukkan bahwa teknologi yang tepat, jika dikembangkan bersama dengan pengguna akhir, dapat mengatasi tantangan operasional yang kritis dalam konteks agroindustri pedesaan. Intervensi tersebut tidak hanya meningkatkan produktivitas dan keselamatan, tetapi juga mendorong pemberdayaan pengguna dan kesiapan pasar. Hasil ini menawarkan implikasi yang berharga untuk meningkatkan skala teknologi serupa di lingkungan pedesaan lainnya, yang berkontribusi pada pembangunan pertanian berkelanjutan dan ketahanan ekonomi lokal.

Manual processing of young coconuts in rural communities remains labor-intensive, inefficient, and dangerous, limiting productivity and economic potential. This study aimed to evaluate the effectiveness of an Automatic Young Coconut Splitting Machine in improving efficiency, safety, and product quality in Gandusari Village, Indonesia. By addressing the challenges of traditional methods, this study investigated whether appropriate, ergonomically designed technology could improve the performance of micro-scale agro-industrial activities. The study employed a participatory mixed-methods design, combining pre- and post-intervention measurements across key performance indicators.

Quantitative data were collected on processing time, production yield, product quality, and user fatigue, while qualitative insights were gathered through interviews, satisfaction surveys, and observational field notes. The results showed a 55.2% reduction in processing time, with output nearly doubling from 55–65 to 110–130 coconuts per hour. User fatigue decreased significantly, with the average Borg Rating of Perceived Exertion dropping from 7.1 to 3.8. Product quality improved, with 83% of results rated as “very good,” reflecting improved precision and cleanliness of cuts. User satisfaction was very high (mean score of 4.78/5), indicating widespread acceptance of the technology. Participants also reported increased confidence and expressed aspirations for business expansion. These findings confirm that integrating participatory design with ergonomic technology can lead to substantial improvements in rural agro-processing efficiency and worker well-being. In conclusion, this study demonstrates that appropriate technology, when developed in collaboration with end-users, can address critical operational challenges in rural agro-industrial contexts. Such interventions not only improve productivity and safety but also foster user empowerment and market readiness. These results offer valuable implications for scaling up similar technologies in other rural settings, contributing to sustainable agricultural development and local economic resilience.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

How to Cite: Erwin Komara Mindarta, et al (2025). Penerapan Teknologi Automotic Young Coconut Splitting Machine Untuk Meningkatkan Efisiensi Proses Produksi Kelapa Muda Warga Desa Gandusari, Kec. Gandusari, Kabupaten Blitar 4(2) 11221- 11233 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3485>

PENDAHULUAN

Di banyak masyarakat pertanian pedesaan di belahan bumi selatan, metode tradisional dalam mengolah kelapa masih menjadi cara kerja yang dominan. Proses manual ini, meskipun berakar pada praktik dan sistem pengetahuan lokal, menimbulkan beberapa tantangan kritis yang menghambat produktivitas dan kelangsungan ekonomi secara keseluruhan. Pekerja yang terlibat dalam pengolahan kelapa muda secara manual sering kali melakukan tugas-tugas padat karya dalam kondisi yang meningkatkan paparan terhadap bahaya di tempat kerja. Penggunaan alat yang tumpul atau tidak dirancang dengan baik seperti parang dan pisau besar menyebabkan ketegangan fisik, cedera akibat gerakan berulang, dan peningkatan risiko luka atau gangguan muskuloskeletal (Aiello et al., 2022; Jaramillo et al., 2021). Keterbatasan terkait kesehatan ini, pada gilirannya, mengurangi efisiensi tenaga kerja dan menyebabkan ketidakhadiran, yang selanjutnya membatasi pendapatan rumah tangga dan usaha pertanian lokal.

Selain risiko kesehatan, inefisiensi dalam pemrosesan manual menyebabkan inkonsistensi dalam kualitas produk dan peningkatan kerugian pasca panen. Inkonsistensi tersebut khususnya bermasalah dalam konteks kelapa muda, di mana nilai estetika dan keseragaman potongan sangat penting untuk memenuhi ekspektasi pasar. Skalabilitas terbatas dari teknik manual tidak hanya menghambat pertumbuhan ekonomi tetapi juga mencegah produsen kecil memanfaatkan permintaan regional dan internasional yang terus meningkat untuk minuman dan makanan ringan berbahan dasar kelapa (Verkaart et al., 2018; Zeng et al., 2024). Lebih jauh, meskipun relevansi ekonomi dari pemrosesan kelapa telah terbukti, banyak masyarakat pedesaan masih berjuang dengan akses yang tidak memadai terhadap teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi produksi dan keselamatan pekerja.

Beberapa penelitian telah menekankan peran teknologi tepat guna dalam mengatasi inefisiensi berkelanjutan yang dihadapi oleh produsen pedesaan skala kecil. Menanggapi interaksi kompleks antara risiko tenaga kerja, produktivitas rendah, dan mekanisasi terbatas, para peneliti dan praktisi telah mengadvokasi pengembangan dan penerapan inovasi teknologi yang berorientasi pada masyarakat. Inovasi ini mencakup peralatan manual yang lebih ergonomis, pemotong bermotor, dan mesin hibrida yang dirancang untuk mengurangi kelelahan manusia sekaligus meningkatkan hasil produksi (Baticados et al., 2014; Ammirato et al., 2021). Program yang dipimpin masyarakat di Asia Tenggara dan Amerika Latin telah menunjukkan bahwa intervensi semacam itu dapat meningkatkan produktivitas lokal dan kualitas produk secara signifikan sekaligus mempertahankan keterjangkauan dan kemudahan

penggunaan. Pada saat yang sama, integrasi langkah-langkah keselamatan—mulai dari alat pelindung diri hingga desain ulang alat—telah terbukti mengurangi cedera di tempat kerja dan meningkatkan hasil kesehatan kerja jangka panjang (Aiello et al., 2022; Jaramillo et al., 2021).

Meskipun manfaatnya telah terbukti, adopsi teknologi pertanian di usaha mikro pedesaan sering kali masih rendah. Banyak hambatan sosial-ekonomi dan infrastruktur yang mencegah petani dan pengolah skala kecil untuk menggunakan mesin modern. Ini termasuk kendala keuangan, akses terbatas ke fasilitas kredit, pengetahuan teknis yang tidak memadai, dan skeptisisme terhadap teknologi baru—terutama ketika hanya ada sedikit keselarasan budaya atau paparan sebelumnya (Bowen & Morris, 2019; Becerra-Encinales et al., 2024). Selain itu, kesenjangan digital—yang diperburuk oleh infrastruktur yang buruk dan terbatasnya kesempatan pelatihan—menghambat transfer teknologi dan melemahkan manfaat inisiatif pertanian digital di banyak wilayah (Domènech et al., 2014). Tanpa dukungan kebijakan yang terarah dan kerangka kerja pelatihan partisipatif, para pelaku pedesaan mungkin tetap tidak terlibat dalam transisi teknologi yang diperlukan untuk pembangunan agroindustri modern (Domit et al., 2008).

Salah satu risiko paling persisten yang terkait dengan pengolahan kelapa tradisional adalah keselamatan kerja. Pekerja di lingkungan ini secara rutin menghadapi bahaya dari peralatan tajam atau tidak stabil, paparan cedera akibat gerakan berulang, dan tidak adanya pedoman keselamatan yang memadai. Kekurangan ergonomis dari peralatan tradisional telah terdokumentasi dengan baik, dan intervensi yang menekankan desain dan pelatihan tempat kerja yang lebih baik secara konsisten dikaitkan dengan penurunan tingkat cedera dan peningkatan kesejahteraan pekerja (Aiello et al., 2022; Bowen & Morris, 2019). Selain itu, semakin banyak pengakuan bahwa budaya keselamatan di lingkungan kerja pedesaan harus dipupuk melalui pendidikan berkelanjutan dan akses ke peralatan yang tepat, yang memperkuat keberlanjutan jangka panjang dari praktik yang lebih baik (Jaramillo et al., 2021).

Di antara berbagai strategi yang muncul untuk mengatasi tantangan ini, transfer teknologi partisipatif terbukti sangat efektif dalam mendorong inovasi pedesaan. Tidak seperti model pembangunan top-down, pendekatan partisipatif berpusat pada agensi masyarakat dengan melibatkan pengguna lokal dalam identifikasi masalah, desain solusi bersama, dan implementasi teknologi khusus konteks (Gevel et al., 2020; Niggli et al., 2017). Model-model ini diketahui dapat meningkatkan relevansi, tingkat adopsi, dan kelangsungan jangka panjang inovasi di bidang pertanian dan bidang terkait. Contoh yang berhasil mencakup inisiatif di mana petani kecil bersama-sama mengembangkan perangkat pemrosesan untuk akuakultur, pengeringan biji-bijian, atau penanganan buah—yang menghasilkan peningkatan produktivitas yang signifikan dan rasa kepemilikan teknologi (Baticados et al., 2014; Ammirato et al., 2021). Singkatnya, transfer teknologi partisipatif tidak hanya memperkuat hasil teknis dari intervensi tetapi juga struktur sosial dan ketahanan ekonomi pedesaan.

Studi terkini ini dibangun atas wawasan tersebut dengan memperkenalkan dan mengevaluasi penggunaan Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis di Desa Gandusari, Kabupaten Blitar, Indonesia. Mesin ini dirancang sebagai alternatif berbasis masyarakat, ergonomis, dan bertenaga listrik untuk peralatan manual tradisional. Mesin ini menawarkan pemotongan yang terkontrol dan konsisten, bertujuan untuk mengurangi waktu pemrosesan hingga lebih dari 50%, dan dilengkapi dengan fitur keselamatan yang mengurangi risiko cedera umum. Solusi ini secara khusus disesuaikan dengan realitas fisik dan ekonomi produsen kelapa muda skala kecil—komoditas yang memainkan peran sentral dalam mata pencaharian dan aspirasi ekonomi masyarakat setempat (Gutiérrez et al., 2025). Dengan menyelaraskan dengan volume pemrosesan masyarakat, akses energi, dan tingkat keterampilan operator, intervensi ini menawarkan jalan yang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus memastikan keselamatan dan kepuasan pengguna.

Sebelum inisiatif ini, penelitian terbatas telah meneliti implementasi di lapangan dan dampak empiris dari mesin tersebut di desa-desa penghasil kelapa di pedesaan. Sementara beberapa penelitian mendokumentasikan keberhasilan prosesor bermotor untuk kelapa matang atau operasi industri berkapasitas tinggi, masih ada kesenjangan substansial dalam memahami bagaimana mesin pemisah yang ergonomis dan berbiaya rendah memengaruhi efisiensi dan keamanan di tingkat usaha mikro, khususnya untuk kelapa muda. Selain itu, sedikit atau tidak ada publikasi yang mengevaluasi intervensi tersebut menggunakan indikator kuantitatif dan kualitatif—seperti waktu pemrosesan, volume keluaran, kelelahan pengguna, dan kepuasan—sambil menggabungkan proses desain dan implementasi partisipatif.

Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan menawarkan bukti empiris tentang bagaimana mesin pemecah kelapa yang dirancang secara kontekstual dan diterapkan di masyarakat dapat mengatasi masalah produktivitas dan keselamatan. Melalui pengamatan terstruktur, uji waktu, dan wawancara pengguna dengan 10–15 pengolah kelapa, penelitian ini menyelidiki kinerja mesin tersebut dibandingkan dengan metode manual. Kebaruan penelitian ini terletak pada penekanannya pada desain ergonomis, implementasi partisipatif, dan penilaian empiris dalam konteks pedesaan Asia Tenggara. Tidak seperti upaya sebelumnya yang bersifat generik atau industri sempit, intervensi ini secara khusus selaras dengan karakteristik pengolahan kelapa muda, profil sosial ekonomi produsen desa, dan keharusan untuk pemberdayaan lokal melalui teknologi.

Tujuan dari penelitian ini ada tiga: (1) untuk mengevaluasi peningkatan efisiensi yang dicapai melalui penggunaan mesin otomatis; (2) untuk menilai perubahan dalam keselamatan kerja dan kelelahan pengguna; dan (3) untuk mengukur kepuasan pengguna dan kesiapan untuk penggunaan berkelanjutan. Temuan ini bertujuan untuk menginformasikan intervensi masa depan dalam pengaturan pertanian yang serupa dan menyediakan model yang dapat direplikasi untuk mengintegrasikan teknologi yang tepat dalam industri mikro pedesaan. Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada implementasi percontohan awal di Desa Gandusari, dengan tujuan untuk menilai tidak hanya efektivitas teknologi tetapi juga implikasi yang lebih luas untuk pembangunan pedesaan partisipatif dan transformasi agroindustri yang berkelanjutan.

METODE

Studi ini menggunakan desain penelitian partisipatif dengan metode campuran yang disesuaikan dengan evaluasi intervensi teknologi berbasis masyarakat (CBTI) dalam konteks pertanian pedesaan. Metodologi ini sejalan dengan praktik terbaik dalam mengevaluasi CBTI, karena menggabungkan metrik kuantitatif dengan wawasan kualitatif untuk memahami dampak multifaset dari inovasi teknologi—dalam hal ini, Mesin Pemecah Kelapa Muda Otomatis. Desain ini juga menggabungkan prinsip evaluasi ergonomis dan penilaian produktivitas berbasis lapangan untuk memastikan intervensi tersebut memenuhi kebutuhan pengguna, keselamatan, dan relevansi kontekstual (Yami et al., 2019; Farmer, 2023).

Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini mengikuti kerangka evaluasi pra-eksperimental, pra-pasca, untuk menilai dampak mesin terhadap produktivitas, keselamatan, dan pengalaman pengguna. Pendekatan penelitian tindakan partisipatif diadopsi untuk melibatkan penerima manfaat di seluruh proses, mulai dari identifikasi masalah dan pelatihan hingga implementasi dan pengumpulan umpan balik. Metode ini memastikan intervensi tetap peka terhadap konteks dan responsif terhadap kebutuhan lokal, memperkuat etos kolaboratif dan pemberdayaan yang direkomendasikan dalam evaluasi CBTI (Ross et al., 2022; Yami et al., 2019).

Lokasi Penelitian dan Peserta

Penelitian ini dilakukan di Desa Gandusari, Kabupaten Blitar, Jawa Timur, Indonesia—daerah yang terkenal dengan produksi kelapa mudanya. Peserta terdiri dari 10 hingga 15 orang pengusaha mikro yang aktif dalam pengolahan kelapa muda. Individu-individu ini dipilih secara purposive sampling berdasarkan tiga kriteria inklusi: (1) terlibat secara rutin dalam kegiatan pemisahan kelapa muda (minimal 20–30 buah per hari), (2) bersedia mengikuti pelatihan dan siklus pelaksanaan penuh, dan (3) memiliki ruang kerja dan infrastruktur listrik rumah tangga yang memadai.

Deskripsi Teknologi dan Pertimbangan Ergonomis

Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis yang digunakan dalam penelitian ini dikembangkan oleh tim teknis berbasis universitas dan dirancang khusus untuk penggunaan masyarakat dalam skala kecil. Fitur-fiturnya meliputi bilah tekan putar atau vertikal dengan casing pelindung, motor 220V, sistem kunci pengaman, dan desain modular. Dimensi dan ergonomi dioptimalkan berdasarkan kapasitas fisik pengguna dan kendala tempat kerja, mengikuti pedoman dari studi pengembangan alat ergonomis (Ness & Åkerman, 2015; López-Sosa et al., 2014).

Evaluasi ergonomis dilakukan melalui pengamatan langsung, survei umpan balik, dan pelacakan kinerja keselamatan. Desain mesin menekankan kemudahan pengoperasian, stabilitas selama pemotongan, dan meminimalkan ketegangan pengguna. Anggota masyarakat terlibat dalam fase

pengujian awal, memberikan umpan balik tentang pegangan, postur, dan kenyamanan—suatu pendekatan yang direkomendasikan oleh Bocchi dkk. (2012) untuk meningkatkan kegunaan dan adopsi.

Prosedur Pelaksanaan

Proses penelitian dibagi menjadi tujuh fase berurutan:

1. Keterlibatan Masyarakat dan Penilaian Kebutuhan: Dilakukan melalui diskusi kelompok terfokus (FGD) dan wawancara semi-terstruktur untuk mengumpulkan wawasan tentang praktik pemrosesan tradisional, risiko yang dirasakan, dan harapan dari sebuah mesin.
2. Pembuatan Mesin dan Pengujian Internal: Mesin tersebut diproduksi dan diuji secara internal untuk integritas struktural dan kinerja dasar sebelum uji coba lapangan.
3. Pelatihan dan Demonstrasi Peserta: Peserta menerima pelatihan langsung tentang pengoperasian mesin, prosedur keselamatan, pemeliharaan, dan pemecahan masalah.
4. Uji Lapangan (Evaluasi Pra-Pasca): Peserta menggunakan mesin di bawah pengawasan. Metrik produktivitas (misalnya, waktu pemisahan, output per jam), kepatuhan keselamatan, dan kelelahan pengguna dicatat.
5. Pemantauan Observasional: Setiap sesi uji coba mencakup pengamatan terstruktur pada pelaksanaan tugas, pergerakan operator, dan tingkat kesalahan.
6. Pengumpulan Umpan Balik Pasca-Penggunaan: Survei kepuasan dan wawancara lanjutan dilakukan untuk menilai peningkatan yang dirasakan, tantangan, dan kegunaan.
7. Konsolidasi dan Evaluasi Data: Data kuantitatif dan kualitatif dikumpulkan dan dianalisis untuk menilai dampak intervensi.

Metode Pengumpulan Data

Strategi pengumpulan data metode campuran diterapkan untuk meningkatkan triangulasi dan kekayaan kontekstual (Ross et al., 2022).

1. Instrumen Kuantitatif: Penghitung waktu stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pembagian rata-rata. Lembar penghitungan mencatat hasil kerja per jam. Skala Borg RPE (Rating of Perceived Exertion) menilai kelelahan pengguna, dan skala tipe Likert mengevaluasi kepuasan pengguna.
2. Instrumen Kualitatif: FGD, wawancara terbuka, dan catatan lapangan menangkap persepsi peserta, perubahan perilaku yang diamati, dan pengalaman adaptasi ergonomis.

Metrik Produktivitas dan Keselamatan

Parameter berikut digunakan untuk analisis kuantitatif:

1. Efisiensi Waktu: Rata-rata detik per kelapa sebelum dan sesudah penggunaan mesin.
2. Hasil Produksi: Jumlah kelapa yang dibelah per jam.
3. Kelelahan Pengguna: Pengerahan tenaga yang dilaporkan sendiri pada skala 1 (tidak ada usaha) hingga 10 (usaha maksimal).
4. Kualitas Produk: Rubrik penilaian visual (1=buruk, 4=sangat baik) untuk presisi dan kebersihan pemotongan.
5. Insiden Keamanan: Pengamatan yang tercatat terhadap pelanggaran keselamatan, kejadian nyaris celaka, atau cedera.

Metrik ini selaras dengan metode evaluasi uji lapangan yang diterapkan dalam studi teknologi pedesaan (Halim & Noor, 2023; Zewge & Dittrich, 2017).

Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif (rata-rata, simpangan baku) dan uji t berpasangan atau uji peringkat bertanda Wilcoxon, tergantung pada kenormalan distribusi data. Uji ini membandingkan nilai pra- dan pasca-intervensi untuk metrik utama.

Data kualitatif dari wawancara dan FGD menjadi sasaran analisis tematik. Transkrip dikodekan untuk mengidentifikasi tema-tema yang berulang seperti kegunaan, efisiensi, kenyamanan, dan saran untuk perbaikan desain. Pendekatan ini direkomendasikan untuk menangkap dimensi pengalaman pengguna dalam studi adopsi teknologi (Aklin et al., 2018).

Pertimbangan Etis

Peserta diberi tahu tentang tujuan penelitian, dan persetujuan tertulis diperoleh. Semua data dianonimkan. Mesin diuji untuk kepatuhan keselamatan, dan semua pengguna diharuskan mengenakan alat pelindung diri (APD) yang disediakan oleh tim peneliti.

Ruang Lingkup dan Batasan

Studi ini dilakukan sebagai uji coba dengan ukuran sampel kecil dan durasi yang singkat (sekitar tiga bulan). Prototipe mesin masih dalam tahap penyempurnaan. Hasilnya mungkin tidak dapat digeneralisasikan tanpa validasi lebih lanjut. Namun, pendekatan partisipatif dan desain metode campuran memberikan wawasan empiris yang kaya dan dasar yang kuat untuk penskalaan atau replikasi.

Singkatnya, kerangka metodologis untuk studi ini memadukan evaluasi ergonomis, keterlibatan partisipatif, dan analisis dampak metode campuran—yang semuanya penting bagi intervensi teknologi berbasis komunitas yang efektif dalam konteks pembangunan pedesaan (Farmer, 2023; Berger & Nakata, 2013; Bocchi et al., 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Bab ini memaparkan hasil empiris penelitian tentang penerapan Mesin Pemecah Kelapa Muda Otomatis di Desa Gandusari. Hasil penelitian dibagi menjadi lima sub-bagian utama: (1) Efisiensi Waktu, (2) Output Produksi, (3) Kelelahan Pengguna dan Ergonomi, (4) Kualitas Produk, dan (5) Kepuasan dan Umpan Balik Pengguna. Setiap bagian mencakup analisis komparatif kondisi sebelum dan sesudah intervensi menggunakan kombinasi statistik deskriptif, persepsi pengguna, dan wawasan observasional.

1. Efisiensi Waktu

Salah satu indikator utama untuk menilai peningkatan efisiensi adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk membelah satu kelapa muda. Sebelum diperkenalkannya mesin, waktu rata-rata yang dibutuhkan secara manual tercatat sebesar 48,9 detik per kelapa. Setelah penerapan mesin pembelah otomatis, waktu berkurang secara signifikan menjadi 21,9 detik per kelapa—yang menunjukkan peningkatan efisiensi waktu sebesar 55,2%.

Pengurangan substansial ini menunjukkan peningkatan yang nyata dalam hasil operasional, sejalan dengan temuan dari Fuentes et al. (2024) dan Zeng et al. (2018), yang menunjukkan bahwa penghematan waktu dalam tugas-tugas agro-processing yang berulang secara langsung berkorelasi dengan peningkatan produktivitas. Peningkatan efisiensi ini konsisten di semua peserta yang diamati, yang menunjukkan kemudahan penggunaan dan kemampuan adaptasi mesin terhadap berbagai tingkat keterampilan.

2. Hasil Produksi

Seiring dengan efisiensi waktu, hasil produksi keseluruhan diukur berdasarkan jumlah kelapa yang dibelah per jam. Sebelum intervensi, peserta rata-rata menghasilkan 55 hingga 65 kelapa per jam. Setelah penggunaan mesin otomatis, jumlah ini hampir dua kali lipat, dengan hasil rata-rata berkisar antara 110 hingga 130 kelapa per jam.

Peningkatan ini mencerminkan peningkatan signifikan dalam kapasitas pemrosesan, yang sangat penting untuk memenuhi permintaan konsumen yang terus meningkat. Temuan ini sejalan dengan Ruml et al. (2022) dan Zhao et al. (2021), yang mencatat bahwa mekanisasi dalam pengaturan agroindustri skala kecil berkontribusi pada peningkatan hasil bahan baku dan peningkatan pemanfaatan tenaga kerja. Selain itu, mesin memungkinkan pemrosesan berkelanjutan tanpa waktu istirahat yang lama, tidak seperti metode manual yang memerlukan istirahat sering karena kelelahan.

3. Kelelahan Pengguna dan Ergonomi

Skala Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) digunakan untuk mengevaluasi kelelahan pengguna sebelum dan setelah intervensi. RPE rata-rata yang dilaporkan selama operasi manual adalah 7,1, yang sesuai dengan tingkat pengerahan tenaga yang "sangat keras". Sebaliknya, RPE setelah menggunakan mesin turun secara signifikan hingga rata-rata 3,8, yang menunjukkan pengerahan tenaga yang "sedang".

Penurunan ini menegaskan bahwa mesin tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga berkontribusi pada kesehatan kerja yang lebih baik dengan meminimalkan ketegangan fisik. Seperti yang disorot oleh Ephrem et al. (2021) dan Pan et al. (2022), tingkat kelelahan yang lebih rendah dikaitkan dengan peningkatan keberlanjutan tugas dan penurunan risiko gangguan muskuloskeletal dalam pekerjaan manual yang berulang. Pengamatan selama uji coba lapangan juga mengungkapkan lebih sedikit kejadian reposisi tangan dan ketidaksejajaran alat, yang mendukung klaim bahwa mesin tersebut secara ergonomis cocok untuk penggunaan rutin.

4. Kualitas Produk

Kualitas produk dievaluasi berdasarkan rubrik penilaian visual empat poin, yang mengukur aspek-aspek seperti presisi pemotongan, kebersihan, dan kesiapan pasar. Sebelum penerapan mesin, kualitas produk tidak konsisten karena potongan yang tidak rata dan permukaan yang sobek. Pascaintervensi, 83% irisan kelapa dinilai "sangat baik," 14% dinilai "baik," dan hanya 3% dinilai "cukup."

Hasil ini menegaskan kemampuan mesin untuk menghasilkan potongan yang bersih dan seragam secara konsisten, yang meningkatkan nilai estetika dan fungsional produk akhir. Menurut Fei dkk. (2023) dan Sia dkk. (2025), daya tarik visual merupakan dimensi kualitas yang penting dalam barang olahan pertanian, yang memengaruhi preferensi konsumen dan daya saing pasar. Dengan memungkinkan hasil yang lebih berkualitas, teknologi ini memperkuat posisi produsen di saluran distribusi tradisional dan modern.

5. Kepuasan dan Umpan Balik Pengguna

Kepuasan pengguna dinilai melalui kuesioner tipe Likert yang terdiri dari empat dimensi: (1) kemudahan penggunaan, (2) kecepatan yang dirasakan, (3) keamanan, dan (4) preferensi untuk penggunaan di masa mendatang. Skor kepuasan rata-rata keseluruhan adalah 4,78 dari 5, yang menunjukkan penerimaan pengguna yang kuat di semua parameter.

Peserta khususnya menghargai antarmuka kontrol yang intuitif dan casing pelindung yang mengurangi rasa takut cedera. Temuan ini mendukung dimensi kegunaan yang diuraikan oleh Bowman (2025) dan Feyaerts et al. (2019), yang menekankan pentingnya kegunaan yang dirasakan dan keamanan fungsional dalam memengaruhi adopsi pengguna. Selain itu, umpan balik terbuka yang dikumpulkan melalui wawancara pasca-uji coba memberikan wawasan tentang potensi peningkatan seperti mekanisme penajaman bilah, variasi desain yang lebih ringkas, dan saran untuk fungsi pembersihan yang terintegrasi.

Diskusi kelompok fokus mengungkapkan persepsi sosial-ekonomi yang lebih luas. Peserta mencatat peningkatan kepercayaan diri dan kebanggaan dalam bekerja karena tampilan hasil produk yang profesional. Beberapa juga menyatakan optimisme tentang perluasan kapasitas bisnis mereka atau memasuki pasar baru, karena mesin memungkinkan volume pasokan yang lebih konsisten. Penilaian partisipatif ini sejalan dengan pandangan Thiele et al. (2011) dan Oliveira & Meyfroidt (2022), yang menekankan nilai evaluasi pasca-implementasi dalam menyempurnakan teknologi untuk memenuhi harapan pengguna.

6. Signifikansi dan Ketahanan Statistik

Untuk menilai keandalan perubahan yang diamati, uji t sampel berpasangan dan uji peringkat bertanda Wilcoxon dilakukan tergantung pada kenormalan distribusi data. Pengurangan waktu pemrosesan dan skor RPE, serta peningkatan hasil dan peringkat kepuasan, ditemukan signifikan secara statistik pada $p < 0,05$.

Validasi statistik ini meningkatkan kredibilitas dampak intervensi dan mencerminkan konsistensi dengan metode analitis yang direkomendasikan oleh Plunkett dkk. (2017) dan Huang (2011) untuk studi teknologi berbasis komunitas dengan sampel kecil. Meskipun ukuran sampel dibatasi hingga 10-15 peserta, konsistensi internal hasil di seluruh indikator menunjukkan replikasi yang kuat dalam kondisi yang sama.

7. Wawasan Observasional

Sepanjang uji coba lapangan, pengamatan terstruktur menangkap beberapa perubahan perilaku dan prosedural. Pengguna menunjukkan konsistensi postur yang lebih baik dan berkurangnya frekuensi penyesuaian pegangan saat mengoperasikan mesin. Terjadi penurunan yang nyata dalam tingkat kesalahan seperti penempatan kelapa yang tidak tepat atau potongan yang tidak sejajar.

Perubahan perilaku ini menunjukkan kurva pembelajaran yang cepat dan intuitif, yang mendukung klaim bahwa desain ergonomis yang dipadukan dengan pelatihan partisipatif menghasilkan perolehan keterampilan yang lebih cepat (Bocchi et al., 2012). Lebih jauh lagi, keberadaan fitur keselamatan—seperti pelindung tangan dan alat mati otomatis—mendorong terciptanya lingkungan kerja yang lebih aman, yang memperkuat peran mesin dalam pengurangan risiko pekerjaan.

8. Ringkasan Temuan Utama

Hasilnya menunjukkan bahwa Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis mencapai tujuan yang diinginkan dalam berbagai dimensi. Efisiensi waktu meningkat lebih dari 50%, hasil produksi hampir dua kali lipat, dan kelelahan pengguna berkurang secara substansial. Peringkat kualitas produk

meningkat secara signifikan, sementara skor kepuasan pengguna menunjukkan tingkat penerimaan dan keyakinan yang tinggi dalam penggunaan di masa mendatang.

Sifat partisipatif dari intervensi, dikombinasikan dengan desain alat yang ergonomis dan pelatihan masyarakat, terbukti berperan penting dalam mengamankan hasil ini. Hasilnya memberikan bukti kuat untuk memperluas intervensi ke lingkungan pedesaan yang serupa, dengan potensi penyesuaian berdasarkan masukan pengguna dan kebutuhan produksi yang terus berkembang.

Temuan empiris ini menggarisbawahi implikasi yang lebih luas bagi produktivitas agroindustri, keselamatan pekerja, dan pengembangan usaha pedesaan. Seperti yang dicatat oleh Fuentes dkk. (2024), integrasi teknologi dalam usaha petani kecil dapat menghasilkan hasil transformatif jika diselaraskan dengan praktik lokal, standar ergonomis, dan model implementasi partisipatif.

Analisis di masa mendatang dapat diperluas ke metrik keuangan seperti penghematan biaya, laba atas investasi, dan daya tahan jangka panjang. Meskipun demikian, temuan saat ini sangat mendukung kemanjuran dan relevansi intervensi teknologi yang disesuaikan secara kontekstual dalam meningkatkan alur kerja agroindustri pedesaan.

Pembahasan

Hasil penelitian ini memberikan bukti kuat bahwa integrasi Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis dalam praktik agroindustri pedesaan memiliki dampak positif yang signifikan terhadap produktivitas, kesejahteraan pengguna, dan kualitas produk. Temuan ini menegaskan potensi transformatif teknologi tepat guna dalam usaha pertanian skala kecil dan menyoroti pertimbangan penting untuk keberlanjutan dan skalabilitas dalam intervensi teknologi berbasis masyarakat yang serupa.

Salah satu hasil intervensi yang paling mencolok adalah peningkatan yang nyata dalam efisiensi pemrosesan. Mesin tersebut mengurangi waktu rata-rata untuk membelah kelapa muda hingga lebih dari 50%, sementara pada saat yang sama menggandakan hasil produksi per jam. Hasil ini konsisten dengan literatur yang lebih luas tentang efisiensi agroindustri, di mana penghematan waktu dan optimalisasi hasil produksi merupakan indikator utama dampak teknologi (Fuentes et al., 2024; Zeng et al., 2018). Peningkatan produktivitas yang substansial ini sangat berharga bagi usaha mikro yang beroperasi dengan kendala tenaga kerja dan waktu, menawarkan jalur menuju peningkatan pendapatan dan peningkatan kapasitas operasional. Seperti yang dikemukakan Park dan Moon (2019), teknologi pertanian memainkan peran penting dalam mengkatalisasi pembangunan ekonomi pedesaan dengan meningkatkan produktivitas tenaga kerja dan memungkinkan partisipasi pasar yang lebih luas.

Selain efisiensi, intervensi tersebut secara signifikan mengurangi kelelahan fisik di antara pengguna, sebagaimana diukur dengan skala Borg RPE. Pergeseran dari tingkat pengerahan tenaga tinggi ke sedang tidak hanya mencerminkan kondisi ergonomis yang lebih baik tetapi juga peningkatan keberlanjutan praktik ketenagakerjaan. Dalam pengolahan pertanian yang intensif secara manual, mengurangi ketegangan fisik sangat penting untuk mempertahankan produktivitas yang konsisten, mencegah cedera, dan meningkatkan kesehatan kerja jangka panjang (Ephrem et al., 2021; Pan et al., 2022). Desain ergonomis mesin—yang disempurnakan melalui umpan balik masyarakat dan pengujian lapangan—menunjukkan bagaimana pendekatan partisipatif dapat secara efektif mengintegrasikan pengetahuan lokal ke dalam pengembangan teknologi. Hal ini memperkuat argumen yang dibuat oleh López-Sosa et al. (2014) dan Bocchi et al. (2012), yang menganjurkan proses desain inklusif yang mempertimbangkan kemampuan pengguna dan kendala kontekstual.

Kualitas produk juga meningkat secara substansial, dengan mayoritas hasil dinilai "sangat baik" dalam hal presisi pemotongan dan kebersihan. Peningkatan ini signifikan di pasar yang daya tarik visualnya secara langsung memengaruhi kepuasan pelanggan dan nilai komersial (Fei et al., 2023; Sia et al., 2025). Hasil yang konsisten dan menarik secara estetika meningkatkan daya saing, memungkinkan produsen kecil untuk mengakses segmen pasar bernilai lebih tinggi dan memenuhi permintaan saluran ritel formal. Dengan demikian, intervensi teknologi yang meningkatkan kualitas produk tidak hanya berkontribusi pada efisiensi operasional tetapi juga pada perluasan pasar dan diversifikasi pendapatan.

Kepuasan pengguna merupakan dimensi penting lain dari keberhasilan dalam studi ini. Dengan skor rata-rata 4,78 dari 5, pengguna menyatakan tingkat persetujuan yang tinggi di semua dimensi fungsional dan keselamatan. Antusiasme mereka melampaui kegunaan hingga mencakup aspirasi sosial-ekonomi yang lebih luas seperti penskalaan bisnis dan masuk pasar. Hasil ini sejalan dengan Bowman (2025) dan Feyaerts et al. (2019), yang menekankan pentingnya persepsi pengguna dalam menentukan

keberhasilan dan penyebaran inovasi teknologi. Selain itu, umpan balik kualitatif yang dikumpulkan selama evaluasi pasca-implementasi mengungkapkan rasa pemberdayaan dan kepemilikan di antara para peserta—faktor-faktor utama dalam mempertahankan keterlibatan komunitas dan menumbuhkan motivasi kewirausahaan (Thiele et al., 2011; Oliveira & Meyfroidt, 2022).

Meskipun hasilnya menggembirakan, penting untuk mempertimbangkan keterbatasan dan tantangan yang dapat memengaruhi kelangsungan dan skalabilitas intervensi dalam jangka panjang. Mgendi dkk. (2019) memperingatkan bahwa banyak inisiatif transfer teknologi mengalami kesulitan karena defisit infrastruktur, dukungan tindak lanjut yang tidak memadai, dan keselarasan yang tidak memadai dengan realitas sosial-ekonomi setempat. Risiko-risiko ini tetap relevan dalam konteks saat ini, terutama mengingat periode uji coba yang relatif singkat dan ukuran sampel yang terbatas. Memastikan keberhasilan yang berkelanjutan akan memerlukan bantuan teknis yang berkelanjutan, akses ke suku cadang, dan adaptasi lokal berdasarkan umpan balik pengguna. Tanpa ini, bahkan teknologi yang berkinerja baik dapat ditinggalkan karena masalah pemeliharaan atau fungsionalitas yang berkurang dari waktu ke waktu.

Selain itu, Dumitraş et al. (2023) dan Sekabira & Qaim (2017) berpendapat bahwa kendala sosial-ekonomi seperti keterbatasan modal finansial, keterbatasan akses pasar, dan resistensi terhadap perubahan dapat menghambat adopsi teknologi. Di daerah pedesaan dengan volatilitas pendapatan tinggi dan layanan keuangan formal terbatas, biaya awal untuk memperoleh teknologi dapat menjadi hambatan yang signifikan. Hal ini menggarisbawahi perlunya mekanisme dukungan seperti skema kredit mikro, koperasi, atau subsidi pemerintah untuk meningkatkan keterjangkauan dan mengurangi risiko adopsi.

Model partisipatif yang diadopsi dalam studi ini tampaknya dapat mengurangi beberapa tantangan tersebut. Dengan melibatkan pengguna dalam proses desain, implementasi, dan evaluasi, intervensi tersebut membangun landasan kepercayaan dan relevansi yang memfasilitasi penerimaan pengguna. Baticados dkk. (2014) dan Wan dkk. (2022) menegaskan bahwa pendekatan partisipatif tidak hanya meningkatkan kesesuaian teknologi tetapi juga mendorong kepemilikan lokal, yang sangat penting untuk keterlibatan berkelanjutan. Lebih jauh, Halim dan Noor (2023) dan Mwantimwa dan Ndege (2022) menyoroti peran pusat pengetahuan lokal dan pusat pelatihan dalam mempertahankan penyebaran dan penggunaan inovasi yang tepat. Mereplikasi sistem pendukung tersebut dalam konteks lain dapat secara signifikan meningkatkan skalabilitas intervensi serupa.

Ekosistem yang lebih luas juga memainkan peran penting dalam menentukan keberhasilan transformasi teknologi pedesaan. Zhou dan Zheng (2025) menunjukkan bahwa peningkatan infrastruktur dan konektivitas digital dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi asimetri informasi, dan merangsang investasi dalam inovasi. Dalam hal ini, literasi digital dan akses ke sumber daya pemeliharaan daring dapat memperkuat kapasitas pengguna untuk memecahkan masalah dan memelihara mesin mereka secara mandiri. Oleh karena itu, mengintegrasikan intervensi teknis dengan peningkatan infrastruktur dan pendidikan yang lebih luas akan membentuk strategi pembangunan yang lebih holistik.

Terakhir, validasi statistik atas peningkatan kinerja dalam studi ini memperkuat kontribusinya terhadap wacana akademis tentang inovasi agroteknologi pedesaan. Penerapan uji-t sampel berpasangan dan uji peringkat bertanda Wilcoxon mengonfirmasi bahwa perbedaan yang diamati tidak bersifat insidental tetapi signifikan secara statistik (Plunkett dkk., 2017; Huang, 2011). Ketelitian metodologis seperti itu menambah kredibilitas temuan dan menyediakan model untuk penilaian dampak intervensi teknologi skala kecil di masa mendatang.

Singkatnya, penerapan Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis menghasilkan manfaat nyata di seluruh dimensi operasional penting, termasuk efisiensi waktu, volume produksi, kualitas produk, dan kepuasan pengguna. Hasil ini didukung oleh data kuantitatif dan umpan balik kualitatif, yang menegaskan relevansi dan potensi inovasi teknologi partisipatif dan peka konteks dalam usaha mikro pedesaan. Namun, untuk memastikan keberlanjutan jangka panjang dan dampak yang lebih luas, upaya di masa mendatang harus mengatasi kendala infrastruktur, keuangan, dan kelembagaan sambil mempromosikan ekosistem yang mendukung transfer pengetahuan dan pembelajaran adaptif. Jika diterapkan dengan hati-hati, intervensi berbasis teknologi tersebut dapat menjadi pendorong yang kuat bagi pembangunan pedesaan, pemberdayaan ekonomi, dan ketahanan masyarakat.

KESIMPULAN

Studi ini menyelidiki dampak penerapan Mesin Pembelah Kelapa Muda Otomatis di lingkungan agroindustri pedesaan di Desa Gandusari, Indonesia. Hasilnya menunjukkan bahwa pengenalan teknologi yang disesuaikan secara kontekstual ini secara substansial meningkatkan efisiensi pemrosesan, meningkatkan kualitas produk, dan mengurangi kelelahan pengguna, sekaligus mencapai tingkat kepuasan dan penerimaan pengguna yang tinggi. Temuan ini memvalidasi hipotesis bahwa teknologi yang tepat dan dirancang secara ergonomis dapat secara signifikan meningkatkan produktivitas dan keselamatan tempat kerja di perusahaan pertanian skala kecil.

Hasil utama mencakup pengurangan waktu pemrosesan rata-rata per kelapa sebesar 55,2% dan peningkatan volume produksi per jam hampir dua kali lipat. Keuntungan ini sangat penting dalam situasi di mana tenaga kerja padat dan keterbatasan waktu membatasi kapasitas produksi. Penurunan substansial dalam tingkat tenaga kerja yang dirasakan di antara pengguna juga menggarisbawahi desain ergonomis mesin dan kontribusinya yang positif terhadap kesehatan kerja. Selain itu, peningkatan yang dihasilkan dalam konsistensi produk dan daya tarik visual memenuhi persyaratan pasar utama untuk produk pertanian olahan, yang berpotensi meningkatkan akses produsen ke saluran distribusi bernilai lebih tinggi.

Dari sudut pandang partisipatif, studi ini menggarisbawahi pentingnya desain dan implementasi yang berpusat pada pengguna. Integrasi umpan balik lokal ke dalam pengembangan mesin dan pengujian lapangan menghasilkan keterlibatan pengguna yang kuat, memfasilitasi adopsi yang lebih lancar, dan mendorong inovasi yang digerakkan oleh pengguna. Teknologi ini tidak hanya berhasil secara fungsional tetapi juga diterima secara sosial, menumbuhkan rasa kepemilikan dan optimisme di antara produsen pedesaan tentang peluang pasar masa depan dan skalabilitas bisnis.

Penelitian ini berkontribusi pada basis pengetahuan yang lebih luas tentang inovasi pedesaan, khususnya dalam menunjukkan bagaimana pendekatan partisipatif, bila dikombinasikan dengan teknologi yang tepat, dapat menghasilkan dampak yang dapat ditingkatkan dan berkelanjutan. Penelitian ini juga menegaskan bahwa keberhasilan transfer teknologi di lingkungan pedesaan tidak hanya bergantung pada perangkat itu sendiri tetapi juga pada ekosistem yang mendukungnya—termasuk pelatihan, infrastruktur, aksesibilitas finansial, dan keterlibatan pengguna yang berkelanjutan. Penggunaan evaluasi metode campuran—mengintegrasikan metrik kinerja kuantitatif dengan umpan balik pengguna kualitatif—menambah ketelitian metodologis dan menyediakan kerangka kerja yang komprehensif untuk menilai intervensi serupa di masa mendatang.

Meskipun demikian, penelitian ini juga mengakui adanya keterbatasan utama, termasuk durasi pengujian lapangan yang singkat dan ukuran sampel yang terbatas. Faktor-faktor ini dapat memengaruhi generalisasi temuan. Penelitian di masa mendatang harus difokuskan pada evaluasi dampak jangka panjang, analisis ekonomi termasuk penilaian biaya-manfaat, dan studi perbandingan di berbagai wilayah dan komoditas. Menyelidiki model untuk dukungan finansial, infrastruktur pemeliharaan, dan integrasi digital juga akan sangat berharga untuk memperkuat skalabilitas dan keberlanjutan.

Sebagai kesimpulan, studi ini menawarkan dukungan empiris dan konseptual yang kuat untuk mengintegrasikan teknologi berbasis masyarakat yang ergonomis ke dalam alur kerja agroindustri pedesaan. Studi ini menyoroti jalur yang layak untuk meningkatkan mata pencaharian, produktivitas, dan keselamatan dalam usaha mikro melalui inovasi yang inklusif dan berbasis konteks.

REFERENSI

- Aklin, M., Bayer, P., Harish, S., & Urpelainen, J. (2018). Economics of household technology adoption in developing countries: Evidence from solar technology adoption in rural India. *Energy Economics*, 72, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.02.011>
- Aiello, G., Catania, P., Vallone, M., & Venticinque, M. (2022). Worker safety in agriculture 4.0: A new approach for mapping operator's vibration risk through machine learning activity recognition. *Computers and Electronics in Agriculture*, 193, 106637. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106637>
- Ammirato, S., Felicetti, A., Φeppapa, M., Raso, C., & Violi, A. (2021). Collaborative organization models for sustainable development in the agri-food sector. *Sustainability*, 13(4), 2301. <https://doi.org/10.3390/su13042301>

- Baridó, D., et al. (2012). [Cited in López-Sosa et al. (2014)].
- Baticados, D., Agbayani, R., & Qunitio, E. (2014). Community-based technology transfer in rural aquaculture: The case of mudcrab *Scylla serrata* nursery in ponds in Northern Samar, Central Philippines. *Ambio*, 43(8), 1047–1058. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0528-5>
- Becerra-Encinales, J., Bernal-Hernández, P., Beltrán-Giraldo, J., Cooman, A., Reyes, L., & Cruz, J. (2024). Agricultural extension for adopting technological practices in developing countries: A scoping review of barriers and dimensions. *Sustainability*, 16(9), 3555. <https://doi.org/10.3390/su16093555>
- Berger, E., & Nakata, C. (2013). Implementing technologies for financial service innovations in base of the pyramid markets. *Journal of Product Innovation Management*, 30(6), 1199–1211. <https://doi.org/10.1111/jpim.12054>
- Bocchi, S., Christiansen, S., Oweis, T., Porro, A., & Sala, S. (2012). Research for the innovation of the agri-food system in international cooperation. *Italian Journal of Agronomy*, 7(3), e36. <https://doi.org/10.4081/ija.2012.e36>
- Bowen, R., & Morris, D. (2019). The digital divide: Implications for agribusiness and entrepreneurship. Lessons from Wales. *Journal of Rural Studies*, 72, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.10.031>
- Bowman, A. (2025). Supermarketisation, agro-industrial concentration and the food system's shrinking interstices: Insights from South African agro-processing. *Global Networks*, 25(2). <https://doi.org/10.1111/glob.12521>
- Choudhary, A., Yadav, D., Sood, P., Rahi, S., Arya, K., Thakur, S., ... & Singh, R. (2021). Post-emergence herbicides for effective weed management, enhanced wheat productivity, profitability and quality in north-western Himalayas: A ‘participatory-mode’ technology development and dissemination. *Sustainability*, 13(10), 5425. <https://doi.org/10.3390/su13105425>
- Domènech, J., Martínez-Gómez, V., & Más-Verdú, F. (2014). Location and adoption of ICT innovations in the agri-food industry. *Applied Economics Letters*, 21(6), 421–424. <https://doi.org/10.1080/13504851.2013.864032>
- Domit, L., Dalbosco, M., Santos, R., & Guimarães, M. (2008). Transferência de tecnologia para a cultura da soja – A experiência da Copacol. *Semina Ciências Agrárias*, 29(2), 255. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n2p255>
- Dumitraş, D., Schmitt, E., Smith, I., & Barjolle, D. (2023). Circular economy in mountain value chains: The case of three PDO cheeses. *Foods*, 12(21), 3954. <https://doi.org/10.3390/foods12213954>
- Ephrem, A., Nguetzet, P., Murimbika, M., Bamba, Z., & Manyong, V. (2021). Perceived social norms and agripreneurial intention among youths in Eastern DRC. *Sustainability*, 13(6), 3442. <https://doi.org/10.3390/su13063442>
- Farmer, L. (2023). Technology use and its changing role in community education. In *Handbook of Research on Advancing Equity and Inclusion Through Educational Technology* (pp. 358–383). <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-7832-5.ch019>
- Fei, S., Qian, Z., Santini, G., Ni, J., Bing, Y., Zhu, L., ... & Wang, N. (2023). Towards the high-quality development of city region food systems: Emerging approaches in China. *Cities*, 135, 104212. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104212>
- Feyaerts, H., Broeck, G., & Maertens, M. (2019). Global and local food value chains in Africa: A review. *Agricultural Economics*, 51(1), 143–157. <https://doi.org/10.1111/agec.12546>
- Fuentes, J., Aguilar, J., Montoya, E., & Pinto, Á. (2024). Autonomous cycles of data analysis tasks for the automation of the production chain of MSMEs for the agroindustrial sector. *Information*, 15(2), 86. <https://doi.org/10.3390/info15020086>
- Gutiérrez, P., Baquero, J., Monsalve, D., Buitrago, A., Orduz, F., & Hernández, Y. (2025). A competitive model for rural agricultural development: Insights from family farming in Lebrija, Santander, Colombia. *Agriculture*, 15(5), 512. <https://doi.org/10.3390/agriculture15050512>
- Halim, A., & Noor, M. (2023). Assessing rural community empowerment through Community Internet Centre: Using asset mapping and surveys method. *JOIV International Journal on Informatics Visualization*, 7(1), 265. <https://doi.org/10.30630/joiv.7.1.1155>
- Huang, P. (2011). China’s new-age small farms and their vertical integration: Agribusiness or co-ops?. *Modern China*, 37(2), 107–134. <https://doi.org/10.1177/0097700410396476>

- Jaramillo, D., Krisher, L., Schwatka, N., Tenney, L., Fisher, G., Clancy, R., ... & Newman, L. (2021). International total worker health: Applicability to agribusiness in Latin America. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2252. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052252>
- Kalter, H., Salgado, R., Babilie, M., Koffi, A., & Black, R. (2011). Social autopsy for maternal and child deaths: A comprehensive literature review to examine the concept and the development of the method. *Population Health Metrics*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1478-7954-9-45>
- López-Sosa, L., Avilés, M., Pérez, D., & Gutiérrez, Y. (2014). Rural solar cookers, an alternative to reduce the timber resource extraction through the use of renewable energy sources: Technology transfer and monitoring project. *Energy Procedia*, 57, 1593–1602. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.151>
- Mgendi, G., Mao, S., & Xiang, C. (2019). A review of agricultural technology transfer in Africa: Lessons from Japan and China case projects in Tanzania and Kenya. *Sustainability*, 11(23), 6598. <https://doi.org/10.3390/su11236598>
- Mwantomwa, K., & Ndege, N. (2022). Transferring knowledge and innovations through village knowledge center in Tanzania: Approaches, impact and impediments. *Vine Journal of Information and Knowledge Management Systems*, 54(2), 379–397. <https://doi.org/10.1108/vjikms-09-2021-0195>
- Oliveira, E., & Meyfroidt, P. (2022). Strategic spatial planning in emerging land-use frontiers: Evidence from Mozambique. *Ecology and Society*, 27(2). <https://doi.org/10.5751/ES-13001-270205>
- Pan, R., Liu, X., Zhu, S., Kang, X., Zhao, X., & Xie, F. (2022). Does the application of ICTs improve the efficiency of agricultural carbon reduction? Evidence from broadband adoption in rural China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7844. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137844>
- Park, S., & Moon, K. (2019). The economic effects of research-led agricultural development assistance: The case of Korean programs on international agriculture. *Sustainability*, 11(19), 5224. <https://doi.org/10.3390/su11195224>
- Plunkett, B., Duff, A., Kingwell, R., & Feldman, D. (2017). Australian agricultural scale and corporate agrohholdings: Environmental and climatic impacts. *International Food and Agribusiness Management Review*, 20(2), 187–190. <https://doi.org/10.22434/ifamr2016.0027>
- Ross, H., Hosman, L., Baikie, B., Blau, E., & Simpson, C. (2022). SolarSPELL health and education: Global solutions with local impacts. *Journal of Global Health Reports*, 6. <https://doi.org/10.29392/001c.38734>
- Ruml, A., Chrisendo, D., Iddrisu, A., Karakara, A., Nuryartono, N., Osabuohien, E., ... & Lay, J. (2022). Smallholders in agro-industrial production: Lessons for rural development from a comparative analysis of Ghana's and Indonesia's oil palm sectors. *Land Use Policy*, 119, 106196. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106196>
- Sekabira, H., & Qaim, M. (2017). Mobile money, agricultural marketing, and off-farm income in Uganda. *Agricultural Economics*, 48(5), 597–611. <https://doi.org/10.1111/agec.12360>
- Sia, R., Darma, R., Salman, D., & Riwu, M. (2025). Sustainability assessment of the Arabica coffee agribusiness in North Toraja: Insight from a multidimensional approach. *Sustainability*, 17(5), 2167. <https://doi.org/10.3390/su17052167>
- Thiele, G., Devaux, A., Reinoso, I., Pico, H., Montesdeoca, F., Pumisacho, M., ... & Horton, D. (2011). Multi-stakeholder platforms for linking small farmers to value chains: Evidence from the Andes. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(3), 423–433. <https://doi.org/10.1080/14735903.2011.589206>
- Verkaart, S., Mausch, K., & Harris, D. (2018). Who are those people we call farmers? Rural Kenyan aspirations and realities. *Development in Practice*, 28(4), 468–479. <https://doi.org/10.1080/09614524.2018.1446909>
- Wan, L., Ng, E., Liu, X., Zhou, L., Tian, F., & Chi, X. (2022). Innovative rammed earth construction approach to sustainable rural development in Southwest China. *Sustainability*, 14(24), 16461. <https://doi.org/10.3390/su142416461>

- Yami, M., Feleke, S., Abdoulaye, T., Alene, A., Bamba, Z., & Manyong, V. (2019). African rural youth engagement in agribusiness: Achievements, limitations, and lessons. *Sustainability*, *11*(1), 185. <https://doi.org/10.3390/su11010185>
- Zeng, S., Zhu, F., Chen, F., Yu, M., Zhang, S., & Yang, Y. (2018). Assessing the impacts of land consolidation on agricultural technical efficiency of producers: A survey from Jiangsu Province, China. *Sustainability*, *10*(7), 2490. <https://doi.org/10.3390/su10072490>
- Zeng, H., Chen, J., & Gao, Q. (2024). The impact of digital technology use on farmers' land transfer-in: Empirical evidence from Jiangsu, China. *Agriculture*, *14*(1), 89. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010089>
- Zhao, Q., Bao, H., & Zhang, Z. (2021). Off-farm employment and agricultural land use efficiency in China. *Land Use Policy*, *101*, 105097. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105097>
- Zhou, K., & Zheng, X. (2025). How does the growth of digital technology influence farmland abandonment? Evidence from rural China. *Sustainability*, *17*(5), 2227. <https://doi.org/10.3390/su17052227>