

Peningkatan Budidaya Bunga Telang Melalui Teknologi Rumah Paranet untuk Pengendalian Hama dan Peningkatan Produktivitas

(Intensification of Butterfly Pea Cultivation Through Paranet Screen House Technology for Pest Control and Productivity Improvement)

Kuswarsantyo¹, Muhkamad Wakid^{2*}, Asri Widowati³, Heni Winahyuningsih⁴, Aisyah Rohmatunnisa⁵, Sabrina Aisyah³, Zafaron Wasillah Khajati³, Maulina Jazhilatul Khikmiah³

¹Departemen Pendidikan Seni Tari, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

²Departemen Pendidikan Teknik Otomotif, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

³Departemen Pendidikan IPA, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

⁴Departemen Seni Tari, Institut Seni Indonesia Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

⁵Departemen Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

Corresponding Author. Email: wakid_m@uny.ac.id

Abstrak

Pengembangan Sendangsari sebagai Desa Mandiri Budaya memerlukan pasokan komoditas lokal yang berkelanjutan untuk menopang ekonomi kreatif serta Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) desa. Salah satu komoditas yang dikembangkan adalah bunga telang (*Clitoria ternatea* L.), tetapi budidaya lahan terbuka menghadapi hambatan utama berupa serangan hama defoliator (belalang dan ulat pemakan daun) serta fluktuasi lingkungan tumbuh yang menyebabkan pembungaan tidak stabil. Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan menerapkan teknologi budidaya terlindung sebagai strategi mitigasi risiko hama dan iklim mikro, sekaligus memperkuat kapasitas kelompok mitra dalam pengelolaan sistem produksi. Metode yang digunakan adalah *Participatory Action Research* (PAR) dengan melibatkan Kelompok Wanita Tani (KWT) dan kelompok Global Gotong Royong Tetrapreneur (G2RT) melalui siklus perencanaan–aksi–refleksi antara lain diagnosis masalah budidaya, pembangunan rumah paranet (*paranet screen house*) untuk uji coba pada 200 tanaman, penguatan SOP budidaya (sanitasi kebun, pemangkasan, pemupukan, dan standar panen), serta monitoring berbasis *logbook* panen dan catatan tekanan hama. Hasil menunjukkan bahwa pada kebun terpusat, produksi lahan terbuka mencapai rata-rata ± 2000 g/hari (Februari–Maret 2025), tetapi rentan terhadap serangan hama; pada periode Oktober–Desember 2025, produksi agregat kebun mencapai ± 2500 g/hari, dengan kontribusi ± 1925 g/hari dari 800 tanaman terbuka dan ± 575 g/hari dari 200 tanaman dalam unit terlindung. Produktivitas indikatif per tanaman pada unit terlindung lebih tinggi ($\pm 2,88$ g/tanaman/hari) dibandingkan unit terbuka ($\pm 2,41$ g/tanaman/hari) pada periode yang sama. Mitra juga melaporkan adanya perbaikan dalam konsistensi mutu visual bunga. Temuan ini menunjukkan bahwa paket mitigasi berbasis budidaya terlindung yang dipadukan dengan pendampingan PAR dan SOP dapat membantu menstabilkan produksi dan memperkuat keberlanjutan pasokan bahan baku bagi UMKM desa.

Kata kunci: bunga telang, rumah paranet, budidaya terlindung, eksklusi hama, *participatory action research*

Abstract

The development of Sendangsari as a Culture-Based Self-Reliant Village requires a sustainable supply of local commodities to support the village's creative economy and micro, small, and medium enterprises (MSMEs). One of the promoted commodities is butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.); however, open-field cultivation faces major constraints, particularly attacks by defoliating pests (grasshoppers and leaf-eating caterpillars) and fluctuating growing conditions that lead to unstable flowering. This community service program (PkM) aimed to implement protected cultivation technology as a risk-mitigation strategy for pests and microclimate variability, while strengthening partner groups' capacity to manage the production system. The program employed *Participatory Action Research* (PAR), engaging the Women Farmers Group (KWT) and the Global Gotong Royong

Tetrapreneur group (G2RT) through iterative planning–action–reflection cycles: diagnosing cultivation problems, constructing a shade-net screen house (paranet screen house, 65% shading) for a pilot of 200 plants, strengthening cultivation SOPs (field sanitation, pruning, fertilization, and harvest standards), and conducting monitoring based on a harvest logbook and records of pest pressure. Results show that in the centralized garden, open-field production averaged approximately 2,000 g/day (Feb–Mar 2025) but remained vulnerable to pest outbreaks; during Oct–Dec 2025, total garden output reached approximately 2,500 g/day, comprising about 1,925 g/day from 800 open-field plants and about 575 g/day from 200 plants in the protected unit. Indicative per-plant productivity was higher in the protected unit (≈ 2.88 g/plant/day) than in the open field (≈ 2.41 g/plant/day) over the same period. Partners also reported improved consistency in the flowers' visual quality. These findings suggest that a protected-cultivation–based mitigation package, combined with PAR facilitation and operational SOPs, can help stabilize production and strengthen the sustainability of raw material supply for village MSMEs.

Keywords: butterfly pea, shade-net screen house, protected cultivation, pest exclusion, participatory action research

PENDAHULUAN

Bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) berkembang dari tanaman pekarangan menjadi komoditas bioekonomi skala rumah tangga. Telang adalah sumber pigmen biru alami (antosianin/ ternatin), bahan minuman fungsional, dan komponen kemasan aktif/cerdas yang sensitif terhadap pH. Peningkatan permintaan untuk pigmen alami juga disebabkan oleh perhatian tinggi terhadap produk berlabel bersih dan telang menonjol di antara berbagai bahan makanan yang menghasilkan warna biru yang cukup unik (Maia *et al.*, 2025). Namun demikian, kemungkinan ini hanya dapat dioptimalkan ketika dimungkinkan untuk menjaga pasokan bahan baku dalam jumlah, kualitas, dan keamanan.

Dari sudut pandang kimia, telang kaya akan antosianin asilasi yang menghasilkan warna biru-ungu, yang juga menambah kandungan antioksidannya. Stabilitas antosianin diketahui dipengaruhi oleh pH, suhu, cahaya, oksigen, dan matriks pangan; karena itu mutu bunga telang (segar, kering, maupun ekstrak) sangat ditentukan oleh praktik budidaya dan penanganan pascapanen. Sejumlah studi menunjukkan bahwa variasi proses dapat menggeser intensitas warna dan karakter produk, sehingga SOP pascapanen menjadi prasyarat untuk menjaga konsistensi kualitas pada produksi UMKM (Escher *et al.*, 2020; Khoo *et al.*, 2017; Marpaung *et al.*, 2017; Tena *et al.*, 2020). Selain dasar kimia, studi dengan manusia juga semakin berkembang untuk memperkuat peran bunga telang sebagai bahan minuman fungsional, misalnya dengan uji coba crossover acak, yang

melaporkan perubahan respons glikemik dan status antioksidan (Chusak *et al.*, 2018). Studi lain tentang formulasi makanan berbasis bunga telang juga mencatat perlunya bahan baku yang konsisten, sehingga klaim produk dan kinerja dapat lebih dapat dipertanggungjawabkan (Chusak *et al.*, 2018; Lakshan *et al.*, 2019; Maia *et al.*, 2025).

Produktivitas bunga yang bervariasi dalam ekosistem pertanian adalah salah satu tantangan utama dalam produksi pertanian; lebih lanjut, ada potensi risiko kerusakan hama/ penyakit yang terkait dengan penyakit tersebut terutama ketika kondisi agroekosistem mengalami perubahan cepat. Ada bukti internasional yang cukup untuk menunjukkan bahwa perubahan iklim dan dinamika agroekosistem dapat mengubah tekanan hama dan mengancam kehilangan hasil, biaya pengendalian, dan risiko residu dalam hal penyalahgunaan pestisida yang tidak terkendali (Deguine *et al.*, 2021; Deutsch *et al.*, 2018; Skendžić *et al.*, 2021). Pada komoditas yang terkait pangan/ pewarna, aspek keamanan ini menjadi sangat sensitif karena berpengaruh pada penerimaan pasar (Deguine *et al.*, 2021; Deutsch *et al.*, 2018).

Salah satu opsi mitigasi yang relatif sesuai untuk konteks UMKM desa adalah budidaya terlindung menggunakan struktur berjaring dan/atau naungan. *Screen house* (jaring anti-serangga) dapat menurunkan akses hama, sedangkan *shade net* atau paranet memodifikasi radiasi dan mikroklimat. Literatur pertanian terlindung menunjukkan jaring dapat menekan masuknya hama, tetapi berpotensi mengurangi ventilasi; karena itu desain perlu menyeimbangkan proteksi dan

sirkulasi udara (Chien & Chang, 2019; Villagran *et al.*, 2020; Vuković *et al.*, 2022; Yu *et al.*, 2021). Sejumlah studi juga melaporkan peluang pengurangan input insektisida pada sistem tertentu melalui pendekatan eksklusi fisik (Deguine *et al.*, 2021; Vuković *et al.*, 2022). Untuk *shade net*, tingkat naungan tertentu dapat memengaruhi fotosintesis, transpirasi, dan respons stres panas, namun efeknya dipengaruhi spesies, musim, dan desain struktur, sehingga penerapan di masyarakat perlu melalui uji coba sederhana yang terukur (Ilić *et al.*, 2018; Ilić & Fallik, 2017; Kittas *et al.*, 2012; Mupambi *et al.*, 2018; TEZCAN *et al.*, 2022).

Untuk *shade net*, tingkat naungan tertentu dapat memengaruhi fotosintesis, transpirasi, dan respons stres panas, namun efeknya dipengaruhi spesies, musim, dan desain struktur, sehingga penerapan di masyarakat perlu melalui uji coba sederhana yang terukur (Maia *et al.*, 2025; Szymański *et al.*, 2024). Karena itu, teknologi tepat guna untuk telang idealnya memperkuat dua hal sekaligus: stabilitas produksi (hulu) dan stabilitas mutu (hilir).

Dalam konteks PkM, tantangan teknis tersebut hampir selalu beririsan dengan tantangan sosial, seperti tata kelola kelompok, pembagian kerja, dan kesiapan adopsi inovasi. Literatur inovasi pertanian menunjukkan teknologi lebih mudah diadopsi ketika dirancang bersama pengguna, sesuai sumber daya lokal, dan didukung ekosistem aktor (Klerkx & Begemann, 2020; Kusnandar *et al.*, 2023; Pawera *et al.*, 2024). Intervensi pada kelompok perempuan/kelompok wanita tani juga perlu memperhatikan desain program dan distribusi manfaat agar kontribusinya pada pemberdayaan ekonomi lebih nyata (Ameridyani *et al.*, 2025; Korsgaard *et al.*, 2025; Malhotra *et al.*, 2024). Oleh karena itu, PAR relevan digunakan karena menempatkan mitra sebagai subjek dalam siklus aksi-refleksi berbasis bukti lokal; penerapannya dapat diperkuat dengan pendekatan *Asset-Based Community Development* (ABCD) yang memulai intervensi dari aset yang sudah dimiliki komunitas (Barbon *et al.*, 2021; Chen *et al.*, 2024; Lindhult, 2019; Mponela *et al.*, 2023).

Celah yang menjadi pijakan artikel ini adalah terbatasnya dokumentasi PkM yang menghubungkan rasional ilmiah pigmen telang dengan rekayasa budidaya sederhana serta

bukti lapangan yang dicatat secara realistis oleh kelompok. Selain itu, banyak studi struktur jaring/ naungan berasal dari hortikultura komersial; penerjemahannya ke konteks PkM memerlukan adaptasi biaya rendah, SOP operasional yang mudah, serta mekanisme pendampingan yang jelas agar teknologi tidak berhenti pada “pembangunan fisik” (Chen *et al.*, 2024; Klerkx & Begemann, 2020; Maia *et al.*, 2025; Pawera *et al.*, 2024).

Berdasarkan gap tersebut, tujuan kegiatan PkM dan artikel ini adalah: (1) menerapkan teknologi budidaya terlindung berbasis paranet (*paranet screen house*) sebagai strategi mitigasi risiko hama dan fluktuasi iklim mikro; (2) meningkatkan produktivitas dan menjaga konsistensi pasokan bunga telang sebagai bahan baku; serta (3) memperkuat kapasitas kelompok mitra melalui siklus PAR—mulai dari identifikasi masalah, uji coba, pencatatan hasil, hingga penyusunan SOP budidaya dan pascapanen yang operasional.

Pengembangan telang di antara kolaborator adalah serangkaian peristiwa bertahap dalam konteks ini. Pada awal 2024, telang masih tersebar di rumah-rumah penduduk (± 25 pohon) dan dengan produksi sekitar ± 40 g/hari. Sebuah kebun terpusat mulai dibangun melalui penanaman pada November 2024 (± 1000 pohon), dan tanaman mulai berbunga pada Januari 2025. Produksi pada Februari–April 2025 mencapai rata-rata ± 2000 g/hari, namun pada awal Mei 2025 terjadi serangan mendadak dan masif belalang serta ulat yang menghabiskan daun dan bunga. Pengendalian dilakukan melalui penyemprotan insektisida/ pestisida sebagai tindakan awal (dengan kehati-hatian terkait keamanan produk), diikuti pemantauan serta pencegahan intensif melalui penangkapan manual. Setelah pemulihan pada akhir Mei 2025, produksi Juni–Juli 2025 kembali stabil pada kisaran ± 2000 g/hari, meskipun menuntut beban kerja pengendalian hama yang tinggi. Pada Agustus 2025, mitra bersama tim PkM melakukan pemangkasan dan menguji inovasi rumah paranet (65%) untuk sekitar ± 200 pohon, sementara ± 800 pohon tetap dikelola di lahan terbuka dengan pengendalian hama intensif. Produksi kotor kebun (menggabungkan kedua jenis) selama periode dari Oktober hingga Desember 2025 terjadi rata-rata sekitar ± 2500 g/hari.

SOLUSI/ TEKNOLOGI

Solusi yang diterapkan untuk menekan fluktuasi produktivitas telang akibat serangan hama dan ketidakstabilan mikroklimat adalah budidaya terlindung menggunakan rumah paranet (*paranet screen house*) yang dipadukan dengan pendampingan partisipatif. Intervensi dilakukan pada dua mekanisme utama: (1) eksklusi fisik untuk mengurangi akses hama, dan (2) moderasi lingkungan tumbuh melalui pengaturan radiasi serta perlindungan terhadap angin/hujan yang dapat memicu stres fisiologis. Pendekatan ini sejalan dengan kebutuhan adaptasi pada sistem pertanian kecil yang menghadapi peningkatan ketidakpastian iklim dan tekanan organisme pengganggu (Skendžić *et al.*, 2021).

1) Desain solusi teknologi

Rumah paranet dipilih sebagai opsi “semi-terlindung” yang lebih sederhana dibanding greenhouse tertutup, tetapi lebih protektif daripada lahan terbuka. Penggunaan *shading net* dan *insect-proof screen* dilaporkan dapat memodifikasi mikroklimat secara moderat (radiasi, suhu–kelembapan, dan kecepatan angin) serta berpengaruh pada produktivitas/kualitas, dengan syarat desain menjaga keseimbangan antara perlindungan dan ventilasi (Kabir *et al.*, 2024; Mahmood *et al.*, 2018). Dalam kondisi tropis, risiko ini harus diantisipasi: jika porositas jaring dan konfigurasi ventilasi tidak memadai, panas dan kelembaban akan terakumulasi.

Komponen desain yang digunakan meliputi: (a) rangka semi-permanen untuk memudahkan perawatan dan perbaikan, (b) penutup paranet sebagai pengendali intensitas cahaya sekaligus perlindungan terhadap hujan/angin tertentu, (c) bukaan/ventilasi pada sisi dan/ atau bagian atas agar pertukaran udara tetap terjadi, serta (d) akses masuk yang tertib (pintu dan prosedur buka–tutup) untuk meminimalkan masuknya hama melalui aktivitas manusia. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jaring anti-serangga di area ventilasi dapat mengakibatkan tingkat infiltrasi yang lebih rendah dan profil suhu–kelembaban yang berubah, menyoroti dampak kritis dari pemilihan jenis jaring/porositas dan desain ventilasi pada proses tersebut (Villagran *et al.*, 2020). Jadi, rumah naungan diperlakukan sebagai sistem lingkungan tumbuh yang memerlukan perawatan, bukan hanya sebagai struktur pelindung.

Strategi eksklusi fisik ini sejalan dengan

prinsip *Integrated Pest Management* (IPM) yang menekankan pencegahan dan pengurangan ketergantungan pada pestisida (Deguine *et al.*, 2021). Tinjauan tentang hortikultura terlindung menunjukkan bahwa jaring serangga efektif sebagai alternatif yang lebih baik dan ramah lingkungan, namun mitigasi efek buruk mikroklimat (misalnya, peningkatan suhu yang disebabkan oleh hambatan aliran udara pada jaring halus) melibatkan pemilihan bahan dan pengelolaan praktik (Formisano *et al.*, 2020).

Percobaan dilakukan di kebun terpusat dengan populasi hampir ± 1000 tanaman. Pada tahap inovasi (Agustus 2025), sebuah rumah naungan dibangun untuk ± 200 tanaman sebagai unit uji coba untuk periode tersebut, sementara ± 800 tanaman terus dikelola di lapangan terbuka dengan pengendalian hama intensif. Desain tersebut dirancang sebagai uji coba terarah untuk menentukan kelayakan teknis/ operasional sebelum replikasi. Data produksi akhir tahun 2025 dilaporkan sebagai agregat kebun (menyimpulkan dengan kedua kelompok), yang berarti bahwa paket mitigasi pasca-gangguan, bukan dampak tunggal dari rumah naungan, akan menjadi fokus interpretasi dampak.

2) SOP budidaya

Agar rumah paranet tidak berhenti pada pembangunan fisik, intervensi dilengkapi SOP budidaya yang sederhana dan dapat dijalankan mitra. SOP difokuskan pada praktik yang langsung terkait produktivitas dan mutu bahan baku: (a) sanitasi kebun (pembuangan bagian terserang dan kebersihan area tanam), (b) pemangkasan terarah untuk merangsang percabangan produktif serta mengurangi tajuk terlalu rapat, (c) pemupukan berimbang sesuai ketersediaan input mitra, dan (d) standar panen (waktu dan cara petik) untuk menjaga konsistensi mutu. Pengaturan mikroklimat melalui paranet akan lebih efektif bila diikuti manajemen tajuk dan sanitasi, karena kondisi yang lebih teduh dan berpotensi lebih lembap dapat meningkatkan risiko penyakit bila tajuk dibiarkan terlalu rimbun (Formisano *et al.*, 2020; Mahmood *et al.*, 2018).

Manajemen hama berpegang pada logika IPM untuk mitra: inspeksi rutin, pembersihan bagian yang diserang, dan pengendalian manual (menangkap belalang/ulat) sebagai pencegahan berkelanjutan. Bahan kimia digunakan dengan bijaksana sebagai respons pertama terhadap wabah, dengan

mempertimbangkan sensitivitas masalah keamanan produk terhadap komoditas yang berpotensi digunakan sebagai makanan/pewarna. (Deguine *et al.*, 2021; Deutsch *et al.*, 2018).

3) Pelaksanaan PkM

Kegiatan menggunakan *Participatory Action Research* (PAR) karena target PkM adalah adopsi dan keberlanjutan, bukan sekadar penyediaan fasilitas. PAR menempatkan mitra sebagai pengambil keputusan dalam proses perencanaan-tindakan-refleksi yang pada gilirannya meningkatkan kepemilikan dan prospek keberlanjutan setelah implementasi (Chevalier & Buckles, 2019; Vaughn & Jacquez, 2020). Model ini juga didasarkan pada literatur tentang inovasi pertanian yang juga menyoroti bahwa di lapangan, penting untuk melibatkan petani dari tahap desain hingga uji coba untuk meningkatkan kesesuaian teknologi dan peluang adopsi (Pawera *et al.*, 2024).

Tahapan implementasi meliputi: (A) diagnosis partisipatif (identifikasi hama dominan, pola kerusakan, dan praktik budidaya yang sedang berlangsung) sebagai dasar untuk spesifikasi rumah paranet dan SOP; (B) implementasi kolaboratif (membangun rumah paranet dengan mitra untuk berbagi keterampilan teknis); (C) pengembangan kapasitas (pelatihan tentang SOP budidaya dan prinsip IPM); dan (D) pemantauan/refleksi berbasis data melalui buku catatan panen harian (g/hari) dan catatan insiden hama/kerusakan sebagai proxy untuk tekanan hama. Pemantauan diperlukan karena dampak apa pun yang dihasilkan dari struktur jaring pada suhu-kelembaban dikendalikan oleh kondisi lokal (angin, radiasi, jenis jaring, dan bukaan) sehingga evaluasi harus ditentukan melalui penggunaan data lokal (Mahmood *et al.*, 2018; Villagran *et al.*, 2020).

Melalui paket teknologi ini, SOP, dan siklus PAR, intervensi yang dilakukan adalah (1) meningkatkan stabilitas produksi setelah gangguan melalui perlindungan dan perbaikan fisik praktik budidaya, dan (2) kemampuan mitra untuk memiliki, memelihara, dan

mereplikasi teknologi skala kecil secara mandiri (Chevalier & Buckles, 2019; Pawera *et al.*, 2024).

HASIL DAN DISKUSI

1. Hasil Implementasi

Program PkM mengimplementasikan rumah paranet (*paranet screen house*) menggunakan paranet hitam UV-stabilized dengan tingkat naungan 65% pada areal budidaya bunga telang yang dikelola KWT (Gambar 1). Konstruksi dirancang ringan dan adaptif terhadap kontur lahan, serta dibangun dengan skema partisipatif: mitra dilibatkan sejak persiapan lokasi, pengukuran dan tata letak, pemasangan rangka-paranet, hingga penyusunan aturan operasi dan perawatan harian. Pelibatan ini penting karena pada inovasi pertanian skala kecil, teknologi jarang berhasil bila berhenti pada “pemasangan fisik”; keberhasilan lebih ditentukan oleh pemahaman fungsi, rutinitas operasi, serta rasa memiliki (*ownership*) terhadap sistem baru (Klerkx & Begemann, 2020; Vaughn & Jacquez, 2020).

Dari sisi fungsi, rumah paranet bekerja melalui dua jalur yang saling menguatkan. Pertama, sebagai *barrier* fisik yang mengurangi akses hama herbivora ke tajuk tanaman. Prinsip eksklusi hama dengan jaring pelindung dikenal efektif untuk menekan kerusakan tanaman sekaligus menurunkan ketergantungan pada pestisida, terutama pada budidaya intensif yang rentan terhadap ledakan populasi hama (Mahmood *et al.*, 2018; Vuković *et al.*, 2022). Kedua, rumah paranet berperan dalam modifikasi iklim mikro (radiasi/ cahaya, angin, serta dinamika suhu-kelembapan) sehingga lingkungan tumbuh cenderung lebih stabil dibanding lahan terbuka. Literatur menunjukkan bahwa *netting/shading* dapat menurunkan radiasi yang diterima kanopi dan mengurangi stres panas; namun, desain perlu menjaga ventilasi agar tidak memicu kelembapan berlebih yang dapat meningkatkan risiko masalah kesehatan tanaman (Mahmood *et al.*, 2018; Villagran *et al.*, 2020).



Gambar 1. Membangun Struktur Rumah Paranet

Tabel 1. Ringkasan Produktivitas Panen Bunga Telang

Tipe Lahan	Periode pencatatan	Σ pohon	Rata-rata (g/hari)	Produktifitas Indikatif (g/pohon/hari)	Keterangan
Terbuka	Jan-Des 2024	25	≈ 40	$\approx 1,60$	Tanpa rumah paranet; hama ulat & belalang
Terbuka	Feb-Mar 2025	1000	≈ 2000	$\approx 2,00$	Tanpa rumah paranet; hama ulat & belalang
Terbuka	Okt-Des 2025	800	≈ 1925	$\approx 2,41$	Tanpa rumah paranet; hama ulat & belalang
Rumah paranet	Okt-Des 2025	200	≈ 575	$\approx 2,88$	Rumah paranet #65%; budidaya terlindung

Penguatan unsur metode (pencatatan dan unit analisis). Evaluasi implementasi dilakukan secara deskriptif berbasis log panen mitra, dengan produktivitas dicatat sebagai rata-rata hasil panen harian (g/hari) pada beberapa fase budidaya. Pencatatan mencakup pemisahan unit budidaya pada periode yang sama (Oktober–Desember 2025), yaitu 800 tanaman di lahan terbuka dan 200 tanaman dalam rumah paranet. Ringkasan data disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1, terdapat tiga temuan utama. Pertama, fase pra-kebun terpusat (Jan–Des 2024) menunjukkan produksi sekitar ± 40 g/hari pada populasi kecil (± 25 tanaman). Nilai ini lebih tepat dipahami sebagai konteks awal sebelum *scale-up*, sehingga tidak digunakan sebagai pembanding langsung untuk menilai efek teknologi. Kedua, setelah penanaman skala kebun terpusat (± 1000 tanaman), produksi pada lahan terbuka pada Februari–Maret 2025 mencapai rata-rata ± 2000 g/hari. Ketiga, pada Oktober–Desember 2025, ketika sistem dibagi menjadi dua kelompok pada periode yang sama, produksi lahan terbuka tercatat ± 1925 g/hari (800 tanaman), sedangkan unit rumah paranet menghasilkan ± 575 g/hari (200 tanaman). Jika digabungkan, produksi agregat kebun pada periode tersebut menjadi ± 2500 g/hari.

Dengan demikian, peningkatan produksi agregat kebun dari ± 2000 g/hari (Februari–

Maret 2025) menjadi ± 2500 g/hari (Oktober–Desember 2025) setara kenaikan sekitar 25% pada konteks budidaya pascagangguan dan setelah diterapkan paket mitigasi (rumah paranet pada sebagian populasi, disertai pengendalian hama intensif pada lahan terbuka). Pembacaan ini lebih *defensible* dibanding klaim *before–after* yang mencampur fase berbeda skala tanam dan konteks gangguan.

Selain dilihat sebagai total (g/hari), data periode Oktober–Desember 2025 memungkinkan pembacaan kinerja per tanaman (indikatif) karena populasi masing-masing kelompok diketahui. Produktivitas indikatif per tanaman pada periode yang sama adalah sekitar 2,41 g/tanaman/hari pada lahan terbuka ($\pm 1925/800$) dan 2,88 g/tanaman/hari pada rumah paranet ($\pm 575/200$). Selisih ini ($\sim +19\%$) mengindikasikan bahwa unit terlindung berpotensi memberikan keuntungan produktivitas per tanaman di atas pengendalian hama intensif pada lahan terbuka. Pola ini sejalan dengan literatur bahwa struktur berjaring/naungan dapat membantu mengurangi tekanan hama sekaligus menstabilkan lingkungan tumbuh (Deguine *et al.*, 2021; Mahmood *et al.*, 2018; Vuković *et al.*, 2022). Namun, karena desain program bersifat implementatif tanpa randomisasi ketat dan kontrol variabel yang lengkap, interpretasi ini diposisikan sebagai *evidence* lapangan

yang mendukung pengambilan keputusan teknologi komunitas, bukan bukti kausal eksperimental.

Pada aspek kualitas, mitra melaporkan bunga lebih konsisten (warna lebih pekat dan mahkota lebih baik). Secara ilmiah, pigmen bunga telang (antosianin/ ternatin) sensitif terhadap faktor lingkungan termasuk paparan cahaya; stabilisasi lingkungan tumbuh berpeluang memperbaiki konsistensi kualitas visual bahan baku (Vidana Gamage *et al.*, 2021). UKM desa juga dilaporkan lebih mandiri dengan kebutuhan pasokan eksternal yang lebih sedikit, berkat pasokan yang stabil.

2. Hambatan

Hambatan paling dominan pada fase lahan terbuka adalah serangan hama defoliator (belalang dan ulat pemakan daun), terutama ketika populasi tanaman meningkat dan tajuk menjadi lebih padat. Defoliasi berat mengurangi luas daun efektif untuk fotosintesis, mencegah tanaman tumbuh secara vegetatif dan berbunga. Dalam kondisi ini, perluasan skala budidaya tidak otomatis berbanding lurus dengan peningkatan hasil maupun keuntungan ekonomi, karena kehilangan biomassa dan penurunan vigor tanaman dapat “mengunci” potensi produktivitas. Pada saat yang sama, faktor abiotik, seperti radiasi tinggi dan fluktuasi cuaca, dapat memperbesar stres fisiologis tanaman dan menambah variabilitas hasil.

Konteks yang lebih luas juga relevan. Bukti global menunjukkan bahwa perubahan iklim dapat meningkatkan risiko kerugian pertanian akibat hama serangga melalui perubahan laju metabolisme, pertumbuhan populasi, dan dinamika sebaran (Deutsch *et al.*, 2018; Skendžić *et al.*, 2021). Artinya, sistem budidaya lahan terbuka yang sudah rentan berpotensi menjadi semakin berisiko ketika variabilitas iklim meningkat, terutama pada sistem skala kecil yang memiliki keterbatasan akses terhadap sarana proteksi dan input pengendalian.

Dari sisi implementasi teknologi, tantangan praktis muncul pada penyesuaian konstruksi dengan kondisi lahan (misalnya lahan terasering) serta kebutuhan membangun kesiapan sosial-teknis mitra. Dalam kerangka adopsi inovasi, resistensi dapat muncul bila teknologi dipersepsikan sebagai intervensi “dari luar” dan tidak terintegrasi dengan kapasitas lokal, aturan kerja, pembagian peran,

serta tujuan ekonomi mitra (Dedding *et al.*, 2021; Klerkx & Begemann, 2020). Oleh karena itu, hambatan pada program ini tidak hanya bersifat biofisik (hama dan iklim mikro), tetapi juga operasional (rutin perawatan) dan sosial (adopsi, komitmen, dan tata kelola kerja kelompok).

3. Alternatif solusi yang diterapkan

Alternatif solusi dirancang sebagai paket tindakan yang saling melengkapi, bukan satu intervensi tunggal:

(a) Uji coba migrasi parsial dari lahan terbuka ke budidaya terlindung (rumah paranet).

Strategi ini menargetkan akar persoalan: menurunkan akses hama (*pest exclusion*) sekaligus membantu menstabilkan iklim mikro. Literatur menekankan bahwa *netting* efektif sebagai proteksi pasif, tetapi pemilihan porositas/ kerapatan serta desain ventilasi menentukan kompromi antara proteksi hama dan kelancaran pertukaran udara (Mahmood *et al.*, 2018; Vuković *et al.*, 2022). Dalam konteks program ini, rumah paranet diposisikan sebagai uji coba terarah (bukan penggantian total), sehingga hasilnya dapat digunakan sebagai dasar keputusan replikasi dan perbaikan desain.

(b) Pendekatan partisipatif untuk adopsi dan keberlanjutan.

Keterlibatan mitra sejak tahap desain–konstruksi–operasi digunakan untuk membangun rasa memiliki (*ownership*) dan mendorong perubahan praktik. Pendekatan riset-aksi partisipatif membantu memastikan keputusan teknis (ukuran, akses pintu, cara perawatan, SOP panen) sesuai kebiasaan kerja komunitas, serta mendorong refleksi berbasis data lapangan (Dedding *et al.*, 2021; Vaughn & Jacquez, 2020). Strategi ini juga sejalan dengan literatur inovasi pertanian yang menekankan pentingnya kesesuaian teknologi dengan konteks lokal dan kapasitas pengguna agar adopsi lebih berkelanjutan (Klerkx & Begemann, 2020).

(c) Penguatan praktik budidaya dalam sistem terbuka dan terlindung.

Program menambahkan pelatihan pemangkasan, pemupukan (termasuk opsi pupuk organik cair), dan standar panen (misalnya waktu petik pagi) agar rumah paranet berfungsi sebagai “sistem produksi”, bukan sekadar “bangunan”. Secara konsep IPM, proteksi fisik dan praktik agronomis

yang baik merupakan fondasi penting sebelum intervensi kimia; kombinasi tindakan preventif umumnya lebih berkelanjutan dan lebih dapat diterima komunitas (Deguine *et al.*, 2021). Praktik ini juga diarahkan untuk mengurangi kepadatan tajuk yang berpotensi meningkatkan kelembapan dan memicu masalah kesehatan tanaman, terutama pada lingkungan yang lebih teduh.

(d) Monitoring berbasis logbook untuk evaluasi sebelum–sesudah dan perbaikan adaptif.

Mitra menggunakan log sederhana untuk mencatat panen harian dan indikasi kerusakan daun sebagai proksi tekanan hama. Pencatatan ini mendukung evaluasi cepat dan memudahkan pengambilan keputusan praktis (misalnya kapan perlu pemangkasan, evaluasi kepadatan tajuk, atau perbaikan paranet). Dalam konteks PkM, *before–after monitoring* dipakai terutama sebagai alat pembelajaran dan manajemen adaptif (bukan untuk klaim kausal yang ketat), sehingga hasil pencatatan menjadi dasar iterasi praktik pada siklus berikutnya.

Dalam semua hal, bukan berarti paket solusi yang diusulkan di atas adalah satu intervensi, melainkan pendekatan mitigasi progresif yang menggabungkan perlindungan fisik, meningkatkan praktik budidaya, dan meningkatkan adopsi melalui proses partisipatif. Dampaknya kemudian dievaluasi secara deskriptif menggunakan logbook produksi dan catatan tekanan hama, termasuk perbandingan kinerja dua unit budidaya pada periode yang sama (lahan terbuka vs rumah paranet pada Oktober–Desember 2025). Hal ini dijelaskan dalam bagian diskusi berikutnya, di mana temuan dibahas terkait dengan metode pengecualian hama, perubahan iklim mikro, dan implikasinya terhadap penggunaan teknologi berkelanjutan dan pengembangan UKM di desa-desa.

4. DISKUSI/ PEMBAHASAN

Untuk data yang lebih terorganisir (Tabel 1), lebih baik melihat temuan program sebagai penguatan ketahanan produksi pasca-gangguan menggunakan paket mitigasi daripada sebagai efek dari rumah naungan semata. Pada skala kebun terpusat, sistem terbuka dapat menghasilkan sekitar ± 2000 g/hari (Februari–Maret 2025), namun rentan terhadap serangan hama defoliator yang dapat menyebabkan kehilangan kanopi dengan cepat dan

mengurangi potensi berbunga. Untuk periode waktu Oktober–Desember 2025 (menjalankan sistem dalam dua unit paralel: 800 tanaman terbuka ditambah 200 tanaman terlindungi), produksi gabungan di kebun adalah ± 2500 g/hari. Ini termasuk ± 575 g/hari dari unit terlindungi. Peningkatan pertumbuhan ini sejalan dengan alasan bahwa integrasi pengecualian fisik dan stabilisasi lingkungan pertumbuhan dapat memberikan pengungkit dalam situasi budidaya yang sebelumnya mengalami tekanan hama berat, sekaligus mempromosikan kemandirian dari intervensi kimia yang dapat mengkompromikan produk yang dianggap makanan/pewarna (Deguine *et al.*, 2021; Mahmood *et al.*, 2018; Vuković *et al.*, 2022).

Jika dibandingkan pada periode yang sama (Oktober–Desember 2025), estimasi produktivitas per tanaman menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada unit rumah paranet dibanding lahan terbuka yang dikelola dengan pengendalian hama intensif (indikatif sekitar 2,88 berbanding 2,41 g/tanaman/hari). Ini sejalan dengan literatur yang tersedia yang melaporkan bahwa struktur jaring/naungan dapat meningkatkan kinerja tanaman melalui kombinasi penurunan tekanan hama dan perubahan iklim mikro yang lebih stabil (Mahmood *et al.*, 2018; Vuković *et al.*, 2022). Meski demikian, diskusi perlu mempertimbangkan bahwa desain program bersifat implementatif; perbedaan produktivitas indikatif per tanaman dapat dipengaruhi juga oleh faktor lapangan lain (misalnya heterogenitas kondisi tanaman, posisi tanam, atau intensitas perawatan). Namun demikian, interpretasi ini juga tidak komprehensif karena terbatas hanya pada bukti berbasis praktik untuk pengambilan keputusan teknologi komunitas, dan pengujian mekanisme kausal yang lebih ketat juga bergantung pada pencatatan yang lebih rinci dan peningkatan tingkat presisi variabel dalam pengendalian. Ke depan, pemisahan pencatatan panen harian per unit (terbuka vs terlindungi) dan pencatatan indikator tekanan hama (misalnya skor defoliasi sederhana) akan memperkuat atribusi mekanisme dan membantu optimasi desain paranet serta SOP pengelolaan.

Kontribusi positif dari manipulasi iklim mikro juga harus disebutkan dengan cara yang wajar. Jaring/ pelindung dapat mengurangi radiasi serta stres panas, tetapi ada sisi negatif

dari ventilasi: semakin banyak pengurangan aliran udara, semakin besar kemungkinan penumpukan panas/kelembaban, yang dapat meningkatkan risiko penyakit. Studi sebelumnya tentang struktur jaring mengkonfirmasi bahwa dalam kompromi antara perlindungan hama dan pertukaran udara, konfigurasi pembukaan yang berbeda dan sifat material tertentu (misalnya, porositas/jaring) harus diperhitungkan (Formisano *et al.*, 2020; Villagran *et al.*, 2020). Pemantauan juga sangat penting, terutama selama musim hujan, untuk mendeteksi tanda-tanda awal penumpukan kelembaban, aerasi kanopi yang berkurang, atau munculnya gejala penyakit. Konsekuensi pragmatisnya adalah bahwa rumah jaring harus dikonseptualisasikan sebagai kerangka produksi yang diatur secara sistematis daripada hanya pengaturan fisik, menggabungkan teknik—yaitu, pembukaan dan penutupan jalur akses yang diatur, pemeliharaan kebersihan taman, dan pengelolaan kanopi untuk memastikan sirkulasi udara yang optimal (Formisano *et al.*, 2020; Villagran *et al.*, 2020).

Perbaikan kualitas visual bunga (warna lebih pekat) yang dilaporkan mitra selaras dengan pengetahuan bahwa pigmen telang (antosianin/ ternatin) dipengaruhi kondisi lingkungan dan sensitif terhadap paparan cahaya; stabilisasi kondisi tumbuh berpeluang mendukung konsistensi kualitas bahan baku untuk produk hilir (Vidana Gamage *et al.*, 2021). Bagi UMKM hilir, stabilitas pasokan harian juga penting, karena produksi rumah tangga bergantung pada kepastian volume untuk mencapai kesinambungan proses, kualitas, dan efisiensi tenaga kerja. Dengan demikian, dampak program tidak hanya dibaca sebagai “naiknya angka produksi”, tetapi juga sebagai pengurangan volatilitas operasional pada rantai pasok skala desa.

Akhirnya, dari perspektif pemberdayaan, hasil program menunjukkan bahwa teknologi tepat guna lebih mungkin berdampak ketika dipaketkan sebagai proses belajar-komunitas: mitra memahami “mengapa” dan “bagaimana” teknologi bekerja, bukan hanya “memakai”. Literatur partisipatif menekankan pentingnya transparansi proses, pembagian peran, dan refleksi bersama agar intervensi tidak berhenti pada fase proyek, melainkan berubah menjadi praktik yang direplikasi dan dipelihara (Dedding *et al.*, 2021; Vaughn & Jacquez,

2020). Dengan kata lain, rumah paranet berfungsi ganda: sebagai alat proteksi budidaya dan sebagai *platform* penguatan kapasitas produksi komunitas melalui rutinitas pencatatan, evaluasi, serta perbaikan adaptif.

KESIMPULAN

Kegiatan PkM ini berhasil menerapkan paket mitigasi budidaya telang melalui uji coba rumah paranet (*screen house paranet*) pada 200 tanaman disertai penguatan SOP budidaya (sanitasi, pemangkasan, pemupukan, dan standar panen) serta pendampingan *Participatory Action Research* (PAR) berbasis monitoring logbook, sehingga mendukung tujuan stabilisasi produksi dan peningkatan kapasitas pengelolaan sistem oleh mitra. Berdasarkan catatan panen, produksi kebun terpusat yang sebelumnya berada pada kisaran ± 2000 g/hari (Februari–Maret 2025) dapat dipertahankan dan meningkat menjadi ± 2500 g/hari pada Oktober–Desember 2025 ketika sistem dioperasikan paralel (800 tanaman terbuka + 200 tanaman terlindung), dengan produktivitas indikatif per tanaman pada unit terlindung yang lebih tinggi dibanding unit terbuka pada periode yang sama. Secara praktis, hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi proteksi budidaya, penguatan praktik operasional, dan pendampingan partisipatif berbasis data lapangan dapat memperkuat stabilitas pasokan bunga telang sebagai bahan baku UMKM desa, sekaligus meningkatkan kesiapan mitra untuk mengoperasikan, merawat, dan mereplikasi teknologi sesuai kondisi setempat.

KETERBATASAN DAN REKOMENDASI

Kegiatan ini bersifat implementatif pada konteks satu mitra, sehingga evaluasi terutama mengandalkan pencatatan *logbook* dan pembacaan deskriptif tanpa randomisasi, replikasi petak, maupun kontrol ketat terhadap faktor pembaur (*confounders*) seperti heterogenitas kondisi tanaman, posisi tanam, dan variasi intensitas perawatan. Indikator mutu bunga juga masih dominan berbasis observasi mitra, belum dilengkapi pengukuran kuantitatif (misalnya parameter warna atau kadar antosianin/ ternatin). Ke depan, disarankan pemisahan pencatatan panen harian per unit (terbuka vs terlindung) yang lebih konsisten sepanjang musim, penambahan indikator tekanan hama yang sederhana namun terstandar, serta monitoring iklim mikro dasar

(suhu–kelembapan) untuk membaca *trade-off* ventilasi pada struktur berjaring. Untuk memperkuat aspek hilirisasi dan keamanan bahan baku, program lanjutan juga dapat menambahkan pengujian mutu minimal (kadar air bunga kering, kestabilan warna) dan praktik IPM yang lebih terstruktur agar pengurangan input pestisida tetap sejalan dengan kebutuhan kualitas dan kepercayaan pasar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas dukungan pendanaan program ini melalui skema “Pemberdayaan Berbasis Wilayah” Tahun 2025. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Pemerintah Desa Sendangsari, Kelompok Wanita Tani (KWT) serta kelompok G2RT Sendangsari atas partisipasi aktif dalam perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan, dan pencatatan data kegiatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ameridyani, A., Tokito, M., & Saizen, I. (2025). Towards community-driven rural development: Path of women group in empowering rural Women's capacities and role in rural development. *World Development Perspectives*, 39, 100700. <https://doi.org/10.1016/j.wdp.2025.100700>
- Barbon, W. J., Myae, C., Vidallo, R., Thant, P. S., Monville-Oro, E., & Gonsalves, J. (2021). Applying Participatory Action Research Methods in Community-Based Adaptation With Smallholders in Myanmar. *Frontiers in Climate*, 3. <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.734053>
- Chen, H., Xu, Y., Agba Tackie, E., & Ahakwa, I. (2024). Assessing the Impact of Asset-Based Community Development Approach on Rural Poverty Alleviation in Ghana: The Moderating Role of Government Policies. *Sage Open*, 14(1). <https://doi.org/10.1177/21582440231226020>
- Chevalier, J. M., & Buckles, D. J. (2019).

Participatory Action Research. Routledge.

<https://doi.org/10.4324/9781351033268>

- Chien, Y.-C., & Chang, J.-C. (2019). Net Houses Effects on Microclimate, Production, and Plant Protection of White-fleshed Pitaya. *HortScience*, 54(4), 692–700. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13850-18>
- Chusak, C., Thilavech, T., Henry, C. J., & Adisakwattana, S. (2018). Acute effect of Clitoria ternatea flower beverage on glycemic response and antioxidant capacity in healthy subjects: a randomized crossover trial. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2075-7>
- Dedding, C., Goedhart, N. S., Broerse, J. E. W., & Abma, T. A. (2021). Exploring the boundaries of ‘good’ Participatory Action Research in times of increasing popularity: dealing with constraints in local policy for digital inclusion. *Educational Action Research*, 29(1), 20–36. <https://doi.org/10.1080/09650792.2020.1743733>
- Deguine, J.-P., Aubertot, J.-N., Flor, R. J., Lescouret, F., Wyckhuys, K. A. G., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(3), 38. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>
- Deutsch, C. A., Tewksbury, J. J., Tigchelaar, M., Battisti, D. S., Merrill, S. C., Huey, R. B., & Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916–919. <https://doi.org/10.1126/science.aat3466>
- Escher, G. B., Wen, M., Zhang, L., Rosso, N. D., & Granato, D. (2020). Phenolic composition by UHPLC-Q-TOF-MS/MS and stability of anthocyanins from Clitoria ternatea L. (butterfly pea) blue petals. *Food Chemistry*, 331, 127341. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127341>

- Formisano, L., El-Nakhel, C., Corrado, G., De Pascale, S., & Rouphael, Y. (2020). Biochemical, Physiological, and Productive Response of Greenhouse Vegetables to Suboptimal Growth Environment Induced by Insect Nets. *Biology*, 9(12), 432. <https://doi.org/10.3390/biology9120432>
- Ilić, Z. S., & Falik, E. (2017). Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 139, 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.006>
- Ilić, Z. S., Milenković, L., Šunić, L., & Manojlović, M. (2018). Color Shade Nets Improve Vegetables Quality at Harvest and Maintain Quality During Storage. *Contemporary Agriculture*, 67(1), 9–19. <https://doi.org/10.2478/contagri-2018-0002>
- Kabir, M. Y., Nambeesan, S. U., & Díaz-Pérez, J. C. (2024). Shade nets improve vegetable performance. *Scientia Horticulturae*, 334, 113326. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113326>
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61(1), 1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, V., Bartzanas, T., & Kitta, E. (2012). Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87(1), 7–12. <https://doi.org/10.1080/14620316.2012.11512822>
- Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 184, 102901. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102901>
- Korsgaard, S., Gartner, W. B., Dentoni, D., Tillmar, M., & Gaddefors, J. (2025). Rural entrepreneurship: foundations and future directions during a time of transformation. *Entrepreneurship & Regional Development*, 37(9–10), 1085–1101. <https://doi.org/10.1080/08985626.2025.2532618>
- Kusnandar, K., van Kooten, O., & Brazier, F. M. (2023). Supporting self-organisation in farmer organisations in developing countries: A case with a group of farmer groups in Indonesia. *Journal of Co-Operative Organization and Management*, 11(2), 100214. <https://doi.org/10.1016/j.jcom.2023.100214>
- Lakshan, S. A. T., Jayanath, N. Y., Mendis Abeysekera, W. P. K., & Abeysekera, W. K. S. M. (2019). A Commercial Potential Blue Pea (*Clitoria ternatea* L.) Flower Extract Incorporated Beverage Having Functional Properties. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2019/2916914>
- Lindhult, E. (2019). Scientific Excellence in Participatory and Action Research: Part I. Rethinking Research Quality. *Technology Innovation Management Review*, 9(5), 6–21. <https://doi.org/10.22215/timreview/1237>
- Mahmood, A., Hu, Y., Tanny, J., & Asante, E. A. (2018). Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae*, 241, 241–251. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.078>
- Maia, N. M. A., Andressa, I., Cunha, J. S., Costa, N. de A., de Oliveira, E. B., Leite Júnior, B. R. de C., & Vieira, É. N. R. (2025). Clitoria ternatea: Perspectives on Its Application in Foods and Potential Health Benefits. *Plants*, 14(21), 3322. <https://doi.org/10.3390/plants14213322>
- Malhotra, S. K., Mantri, S., Gupta, N., Bhandari, R., Armah, R. N., Alhassan, H., Young, S., White, H., Puskur, R., Waddington, H. S., & Masset, E. (2024). Value chain interventions for improving

- women's economic empowerment: A mixed-methods systematic review and meta-analysis. *Campbell Systematic Reviews*, 20(3).
<https://doi.org/10.1002/cl2.1428>
- Marpaung, A. M., Andarwulan, N., Hariyadi, P., & Nur Faridah, D. (2017). The colour degradation of anthocyanin-rich extract from butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) petal in various solvents at pH 7. *Natural Product Research*, 31(19), 2273–2280.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1303689>
- Mponela, P., Manda, J., Kinyua, M., & Kihara, J. (2023). Participatory Action Research, Social Networks, and Gender Influence Soil Fertility Management in Tanzania. *Systemic Practice and Action Research*, 36(1), 141–163.
<https://doi.org/10.1007/s11213-022-09601-3>
- Mupambi, G., Anthony, B. M., Layne, D. R., Musacchi, S., Serra, S., Schmidt, T., & Kalcsits, L. A. (2018). The influence of protective netting on tree physiology and fruit quality of apple: A review. *Scientia Horticulturae*, 236, 60–72.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.014>
- Pawera, L., Manickam, R., Wangungu, C., Bonnarith, U., Schreinemachers, P., & Ramasamy, S. (2024). Guidance on farmer participation in the design, testing and scaling of agricultural innovations. *Agricultural Systems*, 218, 104006.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104006>
- Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. *Insects*, 12(5), 440.
<https://doi.org/10.3390/insects12050440>
- Szymański, M., Pawlik, M., & Dobrucka, R. (2024). Development of a blue innovative antioxidant, biodegradable packaging material with *Clitoria ternatea* L. flos. *Food Bioscience*, 62, 105047.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.105047>
- Tena, N., Martín, J., & Asuero, A. G. (2020). State of the Art of Anthocyanins: Antioxidant Activity, Sources, Bioavailability, and Therapeutic Effect in Human Health. *Antioxidants*, 9(5), 451.
<https://doi.org/10.3390/antiox9050451>
- TEZCAN, N. Y., TAŞPINAR, H., & KORKMAZ, C. (2022). Effects of Shade Nets on The Microclimate and Growth of Tomato. *Tarım Bilimleri Dergisi*.
<https://doi.org/10.15832/ankutbd.1073156>
- Vaughn, L. M., & Jacquez, F. (2020). Participatory Research Methods – Choice Points in the Research Process. *Journal of Participatory Research Methods*, 1(1).
<https://doi.org/10.35844/001c.13244>
- Vidana Gamage, G. C., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Anthocyanins From *Clitoria ternatea* Flower: Biosynthesis, Extraction, Stability, Antioxidant Activity, and Applications. *Frontiers in Plant Science*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.792303>
- Villagran, E. A., Jaramillo, J. E., & León-Pacheco, R. I. (2020). Ventilación natural en invernadero con mallas anti-insecto evaluadas con un modelo computacional de fluidos. *Agronomía Mesoamericana*, 709–728.
<https://doi.org/10.15517/am.v31i3.40782>
- Vuković, M., Jurić, S., Maslov Bandić, L., Levaj, B., Fu, D.-Q., & Jemrić, T. (2022). Sustainable Food Production: Innovative Netting Concepts and Their Mode of Action on Fruit Crops. *Sustainability*, 14(15), 9264.
<https://doi.org/10.3390/su14159264>
- Yu, H., Tian, S., Huang, Q., Chen, J., Wu, Y., Wang, R., & Lu, L. (2021). An Insect- and Rain-Proof Net Raises the Production and Quality of Chinese Bayberry by Preventing Damage From Insects and Altering Bacterial Communities. *Frontiers in Plant Science*, 12.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2021.732012>