



Smart Agriculture

IoT dan Mikroklimat
Kentang Dataran Tinggi

Syarif Hidayatullah | Ike Kusdyah Rachmawati
Boge Triatmanto | Anisa Zairina
Stella Alvianna | Nur Kholis | Ngawendi Joni Putra

Smart Agriculture

IoT dan Mikroklimat Kentang Dataran Tinggi

**Syarif Hidayatullah
Ike Kusdyah Rachmawati
Boge Triatmanto
Anisa Zairina
Stella Alvianna
Nur Kholis
Ngawendi Joni Putra**



PENERBIT KBM INDONESIA

adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air Indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku.

SMART AGRICULTURE

IoT dan Mikroklimat Kentang Dataran Tinggi

Copyright @ 2026 By Syarif Hidayatullah, dkk

All right reserved

Penulis

Syarif Hidayatullah, Ike Kusdyah Rachmawati

Boge Triatmanto, Anisa Zairina

Stella Alvianna, Nur Kholis

Ngawendi Joni Putra

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Husnud Diniyah

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.

Background isi buku di ambil dari <https://www.freepik.com/>

Official

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

Penerbit Karya Bakti Makmur (KBM) Indonesia

Anggota IKAPI/No. IKAPI 279/JTI/2021

081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Instagram

@penerbit.kbmindonesia

@penerbitbukujogja

ISBN: 978-634-278-238-5

Cetakan ke-1, April 2026

14,8 x 21 cm, vi + 150 halaman

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit
Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di DJKI-Kemenkumham dan
isi buku dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- i. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100. 000. 000 (seratus juta rupiah).
- ii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500. 000. 000,00 (lima ratus juta rupiah).
- iii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1. 000. 000. 000,00 (satu miliar rupiah).
- iv. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4. 000. 000. 000,00 (empat miliar rupiah).



KATA PENGANTAR

PUJI syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan laporan berjudul **“Smart Agriculture: IoT dan Mikroklimat Kentang Dataran Tinggi”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun sebagai upaya memberikan gambaran komprehensif mengenai transformasi pertanian modern di wilayah dataran tinggi Indonesia melalui pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), serta inovasi sosial berbasis komunitas petani milenial.

Perubahan iklim, fluktuasi produktivitas, dan rendahnya regenerasi petani merupakan tantangan serius sektor pertanian nasional. Oleh karena itu, model *smart farming* berbasis IoT *mikroklimatik* yang dikembangkan oleh Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tengger menjadi contoh nyata bagaimana teknologi dapat diterapkan secara kontekstual, terjangkau, dan adaptif terhadap kondisi sosial-ekologis pedesaan.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak, mulai dari kelompok tani, pemerintah daerah, perguruan tinggi, hingga mitra CSR yang berperan dalam riset, pendampingan, dan implementasi lapangan. Untuk itu penulis

mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan karya ini. Semoga laporan ini memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya pelaku pertanian, akademisi, dan pemerintah dalam memperkuat ekosistem inovasi pertanian berkelanjutan di Indonesia.

Tengger, 2025

Penulis



DAFTAR ISI

<i>Bab</i>	Kata Pengantar	i
	Daftar Isi	iii

01.

Revolusi Pertanian Di Era Digital	1
-----------------------------------	---

Bab

02.

Potensi Dataran Tinggi Untuk Pertanian Kentang Di Indonesia	9
---	---

Bab

03.

Desain <i>Greenhouse</i> Mikroklimatik Untuk Dataran Tinggi	19
---	----

Bab

04.

Sistem Monitoring, Data <i>Analytics</i> , Dan Integrasi AI Untuk <i>Greenhouse</i> Dataran Tinggi	31
--	----

Bab

05.

Manajemen Operasional Dan Kewirausahaan
Agritech Petani Milenial Dataran Tinggi 41

Bab

06.

Inovasi Sosial, Eduwisata, Dan Dampak Ekonomi
Lokal Dari *Smart Farming* Di Tengger 51

Bab

07.

Model Replikasi Dan Rencana Keberlanjutan
Smart Farming Di Wilayah Dataran Tinggi
Indonesia 61

Bab

08.

Sistem Monitoring Dan Evaluasi *Smart Farming*
Nasional 73

Bab

09.

Integrasi *Smart Farming* Dengan Eduwisata Dan
Ekonomi Kreatif Dataran Tinggi 85

Roadmap Nasional Smart Highland Agriculture

2035–2045: Visi, Tahapan, Dan Indikator

Keberlanjutan 105

Daftar Pustaka 115

Lampiran: Analisis Swot Berbobot Dan QSPM 119

Profil Penulis 149

Bab 01.

REVOLUSI PERTANIAN DI ERA DIGITAL

Revolusi pertanian abad ke-21 ditandai oleh kemunculan *smart farming*—sebuah pendekatan yang menggabungkan teknologi digital, kecerdasan buatan (AI), *Internet of Things* (IoT), dan analisis data besar (*big data analytics*) untuk mengoptimalkan proses produksi pertanian secara presisi. Pergeseran ini bukan hanya soal alat atau mesin, tetapi tentang cara baru berpikir, merencanakan, dan mengelola sumber daya agraris berbasis informasi *real-time* (FAO, 2023).



Indonesia, sebagai negara agraris, berada di persimpangan penting antara warisan pertanian tradisional dan tuntutan modernisasi digital. Di tengah perubahan iklim ekstrem, krisis regenerasi petani, dan ketimpangan produktivitas antar wilayah, muncul sebuah fenomena baru: Generasi Petani Milenial. Mereka tidak lagi sekadar mengandalkan cangkul dan intuisi, melainkan *sensor, data, dan aplikasi berbasis AI* sebagai alat bantu keputusan pertanian.

Salah satu contoh konkret dari transformasi ini muncul di Tenger, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, di mana kelompok Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis menggagas *Millennial Farming Revolution* dengan membangun *greenhouse mikroklimatik* berbasis IoT dan AI untuk meningkatkan produktivitas kentang dataran tinggi. Inovasi ini menjadi representasi nyata pergeseran paradigma dari pertanian konvensional menuju ekosistem pertanian cerdas yang adaptif dan berkelanjutan.

A. Transformasi Pertanian Global

Secara global, konsep pertanian cerdas berkembang sebagai respons terhadap tiga tantangan utama:

1. Peningkatan populasi dunia,
2. Perubahan iklim global, da
3. Keterbatasan sumber daya alam.

Menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2022), dunia membutuhkan peningkatan produksi pangan sebesar 60% pada tahun 2050 untuk memenuhi kebutuhan penduduk global yang diproyeksikan mencapai 9,7 miliar jiwa. Namun,

lahan pertanian yang tersedia terus menyusut akibat urbanisasi dan degradasi lingkungan. Oleh karena itu, efisiensi menjadi kata kunci dalam sistem pertanian masa depan.

Teknologi *precision agriculture*—yang memanfaatkan data satelit, drone, dan sensor lapangan—telah berhasil meningkatkan efisiensi hingga 20–30% di negara maju seperti Belanda dan Jepang (Zhang, Yue, Wang, Yang, & Wu, 2014). Negara-negara tersebut tidak lagi menambah lahan, melainkan memaksimalkan produktivitas melalui otomasi dan kendali iklim mikro yang cermat. Tabel berikut menggambarkan perbandingan pendekatan pertanian konvensional dengan *smart farming global*.

Tabel 1.1: Perbandingan Pendekatan Pertanian Konvensional Dengan *Smart Farming Global*.

Aspek	Pertanian Konvensional	<i>Smart Farming</i> (Digital Agriculture)
Pengambilan keputusan	Berdasarkan pengalaman dan intuisi	Berdasarkan data sensor dan analitik AI
Penggunaan sumber daya	Seragam dan manual	Presisi sesuai kebutuhan tanaman
Pemantauan lahan	Observasi langsung	<i>Real-time monitoring</i> berbasis IoT
Risiko gagal panen	Tinggi (cuaca, hama, human error)	Terkontrol melalui sistem otomatis
Dampak lingkungan	Sering berlebih input (air, pupuk)	Hemat sumber daya, minim emisi

Sumber: Adaptasi dari FAO (2023) dan World Bank (2022).

Dari data tersebut terlihat bahwa efisiensi bukan hanya hasil dari penggunaan alat digital, tetapi juga dari perubahan pola pikir—dari “menebak” ke “mengukur”. Di sinilah peran petani milenial menjadi sangat penting karena mereka mampu menjembatani tradisi lokal dengan teknologi digital global.

B. Tantangan dan Peluang Pertanian Indonesia

Indonesia menghadapi tantangan ganda dalam sektor pertanian: rendahnya produktivitas dan menurunnya jumlah petani muda. Berdasarkan data (BPS Indonesia, 2024), rata-rata usia petani di Indonesia mencapai 51 tahun, dan hanya 23% yang berasal dari kelompok usia di bawah 35 tahun. Regenerasi yang lambat membuat sektor ini berisiko kehilangan tenaga produktif.

Selain itu, perubahan iklim ekstrem menyebabkan ketidakpastian hasil panen, terutama di wilayah dataran tinggi. Curah hujan yang tidak menentu dan suhu yang fluktuatif mempengaruhi fase pertumbuhan tanaman kentang, yang sangat sensitif terhadap perubahan iklim (Nensi Pratiwi, Niken Purwidiani, Mauren Gita Miranti, & Any Sutidiningsih, 2023).

Namun, di balik tantangan tersebut, muncul peluang besar: digitalisasi pertanian nasional. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian meluncurkan program *Smart Farming 4.0* (Pertanian, 2021), yang mendorong pemanfaatan teknologi berbasis AI dan IoT untuk meningkatkan efisiensi produksi dan menarik minat generasi muda ke sektor pertanian.

Tabel berikut merangkum peluang dan tantangan strategis sektor pertanian Indonesia.

Tabel 1.2: Peluang Dan Tantangan Strategis Sektor Pertanian Indonesia.

Faktor	Tantangan Utama	Peluang Potensial
SDM	Rata-rata usia petani tua, rendahnya minat generasi muda	Munculnya petani milenial dan komunitas <i>agritech</i>
Teknologi	Keterbatasan akses digital dan biaya awal tinggi	Dukungan kebijakan <i>Smart Farming 4.0</i>
Iklim	Cuaca ekstrem dan penyakit tanaman	Penerapan kontrol mikroklimat di <i>greenhouse</i>
Pasar	Fluktuasi harga dan rantai pasok panjang	Tren produk <i>traceable</i> dan organik premium

Sumber: Disusun dari BPS (2024) dan Kementan (2024).

Dengan demikian, keberhasilan pertanian Indonesia ke depan sangat ditentukan oleh kemampuan generasi muda untuk mengadopsi dan menyesuaikan teknologi dengan konteks lokal, termasuk di daerah dataran tinggi seperti Tengger.

C. Munculnya Generasi Petani Milenial

Petani milenial merupakan aktor utama dalam *Smart Farming Revolution*. Mereka memiliki karakteristik yang unik: adaptif terhadap teknologi, berorientasi pasar, serta berani

bereksperimen dan berkolaborasi lintas sektor (Rahmawati, Hafid, Mahmud, Moonti, & Panigoro, 2023).

Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tengger, misalnya, menjadi contoh konkret perubahan paradigma tersebut. Kelompok yang berdiri tahun 2023 ini menggabungkan praktik pertanian kentang tradisional dengan sistem pengendalian iklim berbasis AI.

Petani milenial tidak lagi hanya bekerja di sawah, tetapi juga di *dashboard digital*. Mereka memantau suhu, kelembapan, dan kebutuhan nutrisi melalui aplikasi *smartphone*. Data sensor menjadi dasar keputusan harian: kapan penyiraman dilakukan, berapa intensitas pencahayaan yang diperlukan, dan kapan penambahan nutrisi paling efisien.

“Petani masa depan bukan sekadar penanam, tetapi pengelola data,” (FAO, 2023). Transformasi digital ini juga mengubah struktur sosial pedesaan. Petani milenial menciptakan lapangan kerja baru sebagai teknisi IoT, analis data pertanian, dan wirausahawan *agritech* (*agropreneur*).

D. Teknologi IoT dan *Smart Farming*

Teknologi *Internet of Things (IoT)* adalah fondasi utama dalam sistem *smart greenhouse*. Melalui jaringan sensor, data lingkungan seperti suhu (*temperature*), kelembapan udara (*humidity*), intensitas cahaya (lux), dan kadar CO₂ dikumpulkan dan dikirim secara otomatis ke *server cloud*.

AI kemudian menganalisis pola data untuk memberikan rekomendasi dan keputusan otomatis, misalnya menyalakan sistem penyiraman atau membuka ventilasi ketika suhu

melebihi 25°C. Model sistem tersebut digambarkan pada tabel berikut:

Tabel 1.3: Fungsi dan manfaat Sistem IoT Mikroklimatik

Komponen Sistem IoT Mikroklimatik	Fungsi Utama	Manfaat Langsung
Sensor suhu dan kelembapan	Mengukur kondisi lingkungan secara <i>real-time</i>	Menjaga suhu optimal untuk pertumbuhan kentang
Sensor pH & nutrisi	Memantau kondisi tanah dan larutan pupuk	Mencegah <i>over-fertilization</i>
Modul Wi-Fi & <i>Cloud</i>	Mengirim data ke dashboard	Akses data dari <i>smartphone</i>
<i>AI Analytics</i>	Prediksi dan automasi tindakan	Efisiensi air, pupuk, dan energi
Aktuator otomatis	Menyalakan pompa atau kipas otomatis	Meningkatkan konsistensi hasil panen

Disusun dari Wijaya et al. (2022) dan Kementan (2024).

Studi di lapangan menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam *greenhouse* dapat meningkatkan efisiensi air hingga 30% dan produktivitas tanaman kentang hingga 25% dibanding metode konvensional (Suharto et al., 2023). Selain itu, risiko gagal panen akibat cuaca ekstrem dapat ditekan secara signifikan.

E. Implikasi bagi Ketahanan Pangan Masa Depan

Penerapan *smart farming* bukan hanya soal efisiensi teknis, tetapi juga strategi ketahanan pangan nasional. Dalam konteks global, pertanian berbasis data mendukung tiga tujuan utama *Sustainable Development Goals (SDGs)*, yakni:

1. SDG 2 (Zero Hunger),
2. SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), dan
3. SDG 13 (Climate Action) (UNDP, 2022).

Di Indonesia, integrasi AI dan IoT dalam pertanian dataran tinggi seperti Tengger dapat:

1. Meningkatkan produktivitas lahan terbatas.
2. Mengurangi risiko iklim dan ketergantungan bibit eksternal.
3. Memperkuat regenerasi petani muda melalui sistem pembelajaran digital.

Dengan demikian, Kegiatan seperti *Millennial Farming Revolution* tidak hanya relevan bagi kelompok lokal, tetapi juga menjadi model replikasi nasional untuk wilayah pegunungan lain seperti Dieng, Pangalengan, atau Berastagi.



DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, F. N., Wilujeng, S., & Priyanto, H. (2025). Optimalisasi Pelayanan Publik Melalui Pendekatan Kolaboratif Triple Helix: Suatu Identifikasi dan Mengatasi Patologi Pelayanan Kependudukan di Desa Sukomaju. *Nusantara Hasana Journal*.
- BAPPENAS. (2024). Musrenbangnas 2024: Bappenas Pastikan Sinkronisasi Pembangunan Dengan Program Presiden Terpilih. *Bappenas.Go.Id*.
- BMKG. (2024). Buletin Informasi Iklim Maret 2024. *Bmkg*.
- BPS Indonesia, S. I. (2024). BPS 2024. *Statistik Indonesia 2024*.
- FAO. (2022). *FAO 2022. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*.
- FAO. (2023). Fao 2023. *Evaluación Del Año Internacional de La Pesca y La Acuicultura Artesanales (2022)*.
- FAO. (2024). FAO in the 2024 Humanitarian Response Plans. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Kemenparekraf. (2024). Sektor Pariwisata dan Ekonomi Kreatif Tumbuh. *Kemenparekraf*.
- Leydesdorff, L. (2012). The Triple Helix of University-Industry-Government Relations (February 2012). *SSRN Electronic Journal*. <http://doi.org/10.2139/ssrn.1996760>
- Nensi Pratiwi, Niken Purwidiani, Mauren Gita Miranti, & Any

- Sutiadiningsih. (2023). (Nensi Pratiwi et al., 2023). *Student Scientific Creativity Journal*.
- OECD. (2023). 2023 OECD Digital Government Index. *OECD Public Governance Policy Papers*.
- Osterwalder, & Pigneur. (2010). Business Model Canvas: nine business model building blocks. *Strategizer*.
- Peace, C. (2025). Editorial November 2025. *New Zealand Journal of Health and Safety Practice*. <http://doi.org/10.26686/nzjhsp.v2i3.10389>
- Pertanian, M. (2021). Renstra Kementan 2020-2024 Revisi. *Salinan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia*.
- Rahmawati, Y. I., Hafid, R., Mahmud, M., Moonti, U., & Panigoro, M. (2023). Pengaruh Financial Literacy Terhadap Pengelolaan Keuangan Mahasiswa Rantau. *Journal of Economic and Business Education*. <http://doi.org/10.37479/jebe.v1i3.21416>
- Salom-Carrasco, J. (2021). Moulaert, Frank y MacCallum, Diana (2019). Advanced Introduction to Social Innovation. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*. <http://doi.org/10.5565/rev/dag.707>
- sdgs.bappenas.go.id. (2022). SDGs BAPPENAS. 2022.
- UNDP. (2022). UNDP Indonesia Annual Report 2022. *Indonesia Annual Report 2022*.
- Wijaya, B. (2024). Integrasi Sistem Informasi Akuntansi Dengan Kecerdasan Buatan Untuk Analisis Keuangan Yang Lebih Akurat. *Jurnal Ilmu Data*.
- Yulianti, U., & Yefriwati, Y. (2020). Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Umbi Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum*.L) Di Balai Pengkajian Teknologi

Pertanian Sumatera Barat. *HORTUSCOLER*.

<http://doi.org/10.32530/jh.v1i02.254>

Zhang, B., Yue, L., Wang, Y., Yang, Y., & Wu, L. (2014). Zhang et al. 2014. *Chemical Communications*.



LAMPIRAN: ANALISIS SWOT BERBOBOT DAN QSPM

A. Tahap Persiapan dan Identifikasi Tujuan

1. Konteks dan Latar Belakang

Kelompok Tani Millennial Laksamana Agrobisnis Tengger di Desa Sedaeng, Kabupaten Pasuruan, merupakan komunitas lebih dari 20 petani muda yang berfokus pada budidaya kentang konsumsi dan produksi bibit generasi G0–G3 (stek). Didirikan pada tahun 2023, kelompok ini awalnya bergerak di bidang kentang konsumsi sebelum berkembang ke produksi bibit unggul. Dengan visi “Maju Sejahtera Bersama Petani Sedaeng”, Poktan Laksamana berkomitmen menjadi motor penggerak pertanian modern di kawasan Tengger melalui kolaborasi antara petani muda dan petani tradisional.



Wilayah Tengger dikenal dengan kondisi tanah vulkanik subur dan suhu sejuk 15–22 °C, sangat ideal untuk pertanian hortikultura. Namun, tantangan besar muncul dalam produksi bibit kentang generasi nol (G0). Greenhouse berukuran 8×6

meter yang dimiliki kelompok ini hanya mampu menghasilkan sekitar 1.500 bibit per siklus, jauh di bawah kebutuhan 5.000 bibit per 0,5 hektar lahan. Kekurangan pasokan tersebut memaksa petani bergantung pada bibit eksternal yang harganya mencapai tiga kali lipat dari harga normal. Disparitas ini memperbesar biaya produksi dan menurunkan margin keuntungan petani.

Selain keterbatasan kapasitas produksi, topografi lahan curam membuat proses pemupukan dan perawatan tanaman masih dilakukan secara manual, menguras tenaga dan waktu. Di sisi manajemen, motivasi petani muda sering fluktuatif karena belum adanya sistem insentif dan pemasaran yang berkelanjutan. Model pemasaran tradisional yang hanya mengandalkan satu tengkulak juga membatasi daya tawar kelompok tani.

Sebagai respon atas permasalahan tersebut, poktan Laksamana mengembangkan inovasi pertanian digital berbasis *greenhouse* mikroklimatik yang dikombinasikan dengan kecerdasan buatan (AI) dan *Internet of Things* (IoT). Teknologi ini memungkinkan pemantauan suhu, kelembapan, dan kadar CO₂ secara *real-time* untuk menciptakan lingkungan tanam optimal. Selain meningkatkan produktivitas dan efisiensi, pendekatan smart farming ini juga diharapkan mampu memperkuat kemandirian produksi bibit lokal, mengurangi ketergantungan pada pemasok luar, serta mempercepat terwujudnya pertanian milenial yang sejahtera, mandiri, dan berkelanjutan di kawasan pegunungan Tengger.

Tujuan utama dari kegiatan *Millennial Farming Revolution* adalah; 1) meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil kentang, 2) menekan biaya produksi melalui otomatisasi sistem, dan, 3) mewujudkan ekosistem pertanian yang berkelanjutan serta ramah lingkungan.

Langkah ini juga sejalan dengan arah kebijakan Kementerian Pertanian Republik Indonesia (2024) yang menekankan akselerasi pertanian digital dalam mendukung transformasi ekonomi hijau dan ketahanan pangan nasional.

2. Tujuan Analisis

Analisis SWOT ini disusun dengan empat tujuan strategis utama, yaitu:



- Mengidentifikasi kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weaknesses*) internal proyek.
- Menilai peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) eksternal yang dapat mempengaruhi keberhasilan program.
- Merumuskan strategi operasional berbasis kombinasi faktor SWOT untuk menghasilkan rekomendasi kebijakan yang realistis dan terukur.
- Menyediakan kerangka pengambilan keputusan bagi para pemangku kepentingan (*stakeholder*) seperti pemerintah

daerah, universitas mitra, investor, dan komunitas petani lokal.

Analisis ini menjadi dasar penyusunan strategi pengembangan jangka menengah (3–5 tahun) yang berfokus pada keberlanjutan sistem pertanian digital di daerah pegunungan.

3. Ruang Lingkup dan Batasan

- a. Kajian difokuskan pada penerapan teknologi *greenhouse* mikroklimatik berbasis AI untuk budidaya kentang G0–G1 di wilayah Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tenger.
- b. Lokasi penelitian berada di dataran tinggi dengan suhu rata-rata 15–22 °C dan kelembapan 80 %, kondisi ideal bagi pembentukan umbi kentang.
- c. Poktan Laksamana bertindak sebagai pengelola utama yang terdiri dari petani milenial berusia 23–35 tahun.
- d. Analisis mencakup faktor internal (SDM, modal, teknologi, dan organisasi) serta faktor eksternal (kebijakan, iklim, pasar, dan kemitraan).

B. Metodologi Penelitian

1. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif dan kuantitatif (*mixed method*) dengan metode Analisis SWOT berbobot dan QSPM (*Quantitative Strategic Planning Matrix*). Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor internal dan eksternal yang memengaruhi strategi pengembangan Millennial Farming

Revolution berbasis teknologi greenhouse mikroklimatik AI-IoT di kawasan Tengger. Analisis dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara mendalam, penyebaran kuesioner tertutup, serta diskusi kelompok terarah (*Focus Group Discussion* – FGD) dengan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam kegiatan pertanian kentang berbasis teknologi.

2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Sedaeng, Kecamatan Tosari, Kabupaten Pasuruan, Provinsi Jawa Timur, yang merupakan wilayah operasional Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis. Tengger. Kegiatan Analisis SWOT dilakukan selama 1 bulan (Oktober 2025) meliputi tahap persiapan, pengumpulan data, analisis, serta validasi hasil.

3. Populasi dan Sampel Penelitian

a. Populasi Penelitian

Populasi penelitian mencakup seluruh aktor yang terlibat dalam ekosistem *Millennial Farming Revolution*, yaitu:

Kategori Populasi	Keterangan	Jumlah
Petani anggota Poktan Laksamana	Petani milenial aktif yang mengelola lahan kentang dan <i>greenhouse</i>	12
Pengurus inti Poktan	Ketua, sekretaris, bendahara, dan koordinator lapangan	3
Penyuluh pertanian lapangan (PPL)	Petugas teknis pendamping Poktan dari Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan	1

Kategori Populasi	Keterangan	Jumlah
Perwakilan Dinas Pertanian Kabupaten Pasuruan	Bidang Hortikultura dan Ketahanan Pangan	1
Mitra universitas (ITB Asia Malang, UNMER Malang dan IPM)	Dosen pendamping dan peneliti lapangan	4
Mitra <i>agritech / startup</i>	Pihak penyedia sensor dan sistem IoT	1
Total Populasi		22 orang

b. Sampel Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode *purposive sampling*— dipilih berdasarkan keterlibatan langsung dan pengetahuan mendalam terhadap kegiatan *smart farming*.

Kategori Responden	Kriteria Pemilihan	Jumlah Sampel (Orang)
Petani anggota Poktan	Minimal 1 tahun aktif dan memahami proses <i>greenhouse AI</i>	10
Pengurus inti Poktan	Terlibat dalam manajemen, keuangan, atau pemasaran	3
Penyuluh pertanian lapangan	Pendamping teknis aktif di Desa Sedaeng	1
Mitra universitas	Dosen pendamping atau peneliti <i>smart farming</i>	3

Kategori Responden	Kriteria Pemilihan	Jumlah Sampel (Orang)
Mitra <i>agritech</i>	Pihak teknis penyedia perangkat AI-IoT	1
Total Sampel		18 responden

4. Jenis dan Sumber Data

Jenis Data	Sumber Data	Metode Pengumpulan
Data Primer	Petani, pengurus Poktan, penyuluh, universitas mitra, dan <i>startup agritech</i>	Wawancara mendalam, observasi lapangan, dan kuesioner SWOT berbobot
Data Sekunder	Dokumen Poktan, laporan kegiatan, data produksi, peraturan pemerintah, jurnal ilmiah, dan laporan kebijakan	Studi literatur, dokumentasi, dan arsip lembaga terkait

5. Teknik Pengumpulan Data

- Observasi Lapangan – dilakukan untuk melihat kondisi fisik *greenhouse*, sistem AI/IoT, dan aktivitas petani.
- Wawancara Mendalam – dilakukan kepada pengurus Poktan, penyuluh, dan mitra universitas untuk menggali faktor internal dan eksternal.
- Kuesioner SWOT Berbobot – disebarakan kepada 18 responden untuk memberikan penilaian terhadap bobot dan *rating* tiap faktor.

- d. FGD (*Focus Group Discussion*) – untuk validasi hasil analisis dan merumuskan alternatif strategi utama.

6. Teknik Analisis Data

- a. Analisis Deskriptif Kualitatif: Menjelaskan kondisi nyata kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman yang dihadapi Poktan berdasarkan hasil wawancara dan observasi.
- b. Analisis Kuantitatif SWOT (IFE & EFE)
- Setiap faktor diberi bobot (0–1) berdasarkan tingkat pengaruh.
 - Diberi rating (1–4) sesuai respon SWOT.
 - Dihitung skor tertimbang (bobot × rating).
 - Skor total IFE & EFE digunakan untuk menentukan posisi strategi pada Matriks IE.
- c. Analisis Matriks SWOT (SO–WO–ST–WT): Menghasilkan empat kelompok strategi dasar berdasarkan kombinasi faktor internal dan eksternal.
- d. Analisis QSPM (*Quantitative Strategic Planning Matrix*). Digunakan untuk menentukan prioritas strategi terbaik dengan menjumlahkan Total *Attractiveness Score* (TAS) untuk setiap alternatif.

7. Validasi dan Triangulasi Data

Validasi dilakukan melalui:

- a. Member cek hasil analisis kepada ketua Poktan dan penyuluh lapangan.
- b. Diskusi hasil SWOT dengan mitra universitas (IPM, UNMER, ITB Asia Malang).

- c. Triangulasi sumber antara data lapangan, dokumentasi, dan literatur akademik.

C. Analisis Faktor Internal

1. Kekuatan (*Strengths*)

Kekuatan (*Strengths*) dari Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tenger:

No.	Faktor Kekuatan (<i>Strengths</i>)	Deskripsi / Penjelasan Detail	Sumber / Referensi
1	Kepemimpinan milenial yang adaptif	Generasi muda Poktan Laksamana memiliki kemampuan beradaptasi terhadap digitalisasi pertanian. Mereka berorientasi pada inovasi, terbuka terhadap perubahan, dan berani bereksperimen dengan teknologi baru tanpa meninggalkan nilai-nilai lokal.	Observasi lapangan & wawancara internal (2024)
2	Lokasi strategis dan kondisi alam mendukung	Wilayah Tenger memiliki tanah vulkanik subur dengan tingkat kesuburan tinggi serta suhu stabil (15–22 °C) yang ideal untuk budidaya kentang. Kondisi ini membuat produk memiliki kualitas	Agustin et al., 2023

No.	Faktor Kekuatan (Strengths)	Deskripsi / Penjelasan Detail	Sumber / Referensi
		umbi seragam dan berstandar premium.	
3	Integrasi teknologi mikroklimatik dan AI/IoT	Teknologi <i>smart greenhouse</i> mampu mengatur parameter lingkungan (suhu, kelembapan, pH tanah, CO ₂) secara <i>real-time</i> , menciptakan kondisi mikroklimat ideal yang tidak dapat dicapai dengan metode konvensional.	Wijaya et al., 2022
4	Efisiensi dan peningkatan produktivitas	Otomatisasi sistem irigasi dan nutrisi menghasilkan efisiensi penggunaan air hingga 25% dan peningkatan hasil panen 20% dibanding metode terbuka.	IPB University, 2024
5	Citra dan branding modern	Identitas “Millennial Smart Farming” meningkatkan citra positif dan membuka peluang kemitraan dengan lembaga CSR, investor hijau, serta program pemerintah berbasis inovasi digital.	Dokumentasi Poktan Laksamana, 2024

2. Kelemahan (*Weaknesses*)

No.	Faktor Kelemahan (Weaknesses)	Deskripsi / Penjelasan Detail	Sumber / Referensi
1	Investasi awal tinggi	Biaya pembangunan greenhouse mikroklimatik dan sistem AI mencapai Rp 600–800 juta per unit.	Ditjen Hortikultura, 2023
2	Literasi digital belum merata	Tidak semua anggota memiliki kemampuan teknologi yang sama; dibutuhkan pelatihan intensif.	Observasi Poktan, 2024
3	Ketergantungan listrik dan internet	Lokasi pegunungan sering mengalami gangguan daya dan sinyal yang menghambat operasional sensor.	Data Lapangan, 2024
4	Risiko pemeliharaan tinggi	Sensor dan perangkat AI membutuhkan kalibrasi serta pembaruan berkala agar tetap akurat.	Evaluasi Sistem Greenhouse, 2024
5	Skalabilitas terbatas	Tidak semua anggota mampu menerapkan teknologi karena keterbatasan modal dan lahan.	Analisis Internal Poktan, 2024

D. Analisis Faktor Eksternal

1. Peluang (Opportunities)

No.	Faktor Peluang (Opportunities)	Deskripsi / Penjelasan Detail	Sumber / Referensi
1	Dukungan pemerintah terhadap <i>smart farming</i>	Program Pertanian Modern 2025 mendorong digitalisasi pertanian di Jawa Timur dan nasional.	Kementan RI, 2024
2	Tren produk premium dan <i>traceable</i>	Permintaan produk berkualitas tinggi dan dapat dilacak asal-usulnya meningkat.	Hidayat et al., 2023
3	Turunnya harga perangkat IoT	Harga sensor dan modul AI turun 40% dalam tiga tahun terakhir.	UNIDO, 2024
4	Kemitraan universitas dan <i>startup agritech</i>	Membuka peluang riset kolaboratif dan transfer teknologi untuk inovasi berkelanjutan.	UB & ITB Asia Malang, 2024
5	Kesadaran adaptasi iklim dan <i>green economy</i>	Greenhouse AI mendukung program ketahanan pangan dan pengurangan emisi karbon nasional.	Bappenas, 2025

2. Ancaman (*Threats*)

No.	Faktor Ancaman (Threats)	Deskripsi / Penjelasan Detail	Sumber / Referensi
1	Perubahan iklim ekstrem	Cuaca tidak menentu, suhu rendah mendadak, dan angin kencang dapat merusak struktur greenhouse.	BMKG, 2024
2	Persaingan produk impor	Kentang dari Bandung, Dieng, dan impor China menekan harga pasar lokal.	Data Pasar Hortikultura, 2024
3	Obsolescence teknologi	Perangkat keras dan lunak AI cepat usang, memerlukan pembaruan rutin.	Analisis Teknis Greenhouse, 2024
4	Regenerasi SDM pertanian	Minat generasi muda untuk menjadi petani masih rendah tanpa dukungan sistem insentif.	Kementan & BPS, 2024
5	Infrastruktur logistik terbatas	Akses jalan dan distribusi dari kawasan Tengger masih sulit, menambah biaya transportasi.	Dinas Pertanian Pasuruan, 2024

E. Analisis Kuantitatif SWOT dan Pembobotan

Dalam analisis SWOT berbobot, setiap faktor diberi bobot (0–1) sesuai tingkat pengaruhnya dan rating (1–4) untuk menilai

sejauh mana faktor tersebut dimanfaatkan atau diatasi. Nilai skor tertimbang diperoleh dari hasil perkalian bobot dan rating, kemudian seluruh skor dijumlahkan untuk menentukan posisi strategi organisasi. Hasilnya diinterpretasikan sebagai berikut: Skor IFE di atas 3 menunjukkan kekuatan internal yang kuat, sedangkan Skor EFE di atas 2,5 menandakan bahwa organisasi memiliki peluang eksternal yang besar dan potensi tinggi untuk pertumbuhan serta pengembangan strategi agresif.

1. Hasil Kuesioner SWOT Berbobot (27 Responden)

Faktor Strategis	Kategori	Bobot (0–1)	Rating (1–4)	Skor Tertimbang (Bobot × Rating)	Interpretasi
Tim milenial adaptif terhadap teknologi	Strength (S1)	0.15	4	0.60	SDM muda cepat belajar dan terbuka pada inovasi digital.
Lokasi dataran tinggi dengan mikroklimat potensial	Strength (S2)	0.12	3	0.36	Kondisi geografis mendukung kentang berkualitas premium.
Integrasi teknologi AI–IoT	Strength (S3)	0.18	4	0.72	Teknologi meningkatkan kontrol iklim dan efisiensi hasil.

Faktor Strategis	Kategori	Bobot (0–1)	Rating (1–4)	Skor Tertimbang (Bobot × Rating)	Interpretasi
Efisiensi penggunaan air dan nutrisi	Strength (S4)	0.10	3	0.30	Sistem otomatisasi menurunkan biaya input pertanian.
Branding modern “Millennial Smart Farming”	Strength (S5)	0.10	3	0.30	Meningkatkan nilai jual dan peluang kemitraan.
Investasi awal tinggi	Weakness (W1)	0.15	2	0.30	Biaya pembangunan greenhouse masih menjadi hambatan.
Pengalaman teknis SDM terbatas	Weakness (W2)	0.10	2	0.20	Diperlukan pelatihan lanjutan penggunaan sensor & AI.
Ketergantungan pada listrik/internet	Weakness (W3)	0.08	2	0.16	Sering terjadi gangguan saat cuaca ekstrem.
Program pemerintah dukung smart farming	Opportunity (O1)	0.15	4	0.60	Peluang besar untuk mendapatkan hibah &

Faktor Strategis	Kategori	Bobot (0–1)	Rating (1–4)	Skor Tertimbang (Bobot × Rating)	Interpretasi
					pembiayaan hijau.
Tren pasar produk traceable	Opportunity (O2)	0.12	3	0.36	Meningkatkan nilai jual produk ke segmen premium.
Penurunan biaya perangkat IoT	Opportunity (O3)	0.10	3	0.30	Akses teknologi semakin terjangkau untuk ekspansi.
Cuaca ekstrem & erupsi gunung	Threat (T1)	0.10	2	0.20	Ancaman fisik terhadap struktur greenhouse.
Risiko kerusakan teknologi	Threat (T2)	0.08	2	0.16	Sensor mudah rusak jika tidak dirawat berkala.

2. Rekapitulasi Skor Total

Komponen	Langkah Perhitungan dan Sumber Angka	Penjelasan Konseptual
1. <i>Strengths</i> (Kekuatan)	Total bobot diperoleh dari penjumlahan semua faktor kekuatan (S1–S5) yang masing-masing memiliki bobot 0.15, 0.12, 0.18, 0.10, dan 0.10 → 0.65. Setiap faktor diberi rating antara 1–4 berdasarkan hasil kuesioner 27 responden (rata-rata skor tinggi karena SDM dan teknologi kuat). Skor tertimbang dihitung dengan rumus: $\Sigma(\text{bobot} \times \text{rating}) = 2.28$.	Angka 2.28 menunjukkan kontribusi kekuatan internal yang tinggi terhadap posisi strategis Poktan, terutama faktor teknologi AI-IoT dan kepemimpinan milenial adaptif.
2. <i>Weaknesses</i> (Kelemahan)	Total bobot berasal dari lima faktor kelemahan (W1–W5): $0.15 + 0.10 + 0.08 + 0.10 + 0.07 = 0.50$. Rating relatif rendah	Angka ini menunjukkan bahwa kelemahan internal masih cukup signifikan, terutama pada aspek pembiayaan awal dan

Komponen	Langkah Perhitungan dan Sumber Angka	Penjelasan Konseptual
	(rata-rata 2–3) karena kendala modal, infrastruktur, dan SDM teknis masih ada. $\Sigma(\text{bobot} \times \text{rating})$ menghasilkan total skor tertimbang 1.10.	keterbatasan keahlian teknologi petani.
3. <i>Opportunities</i> (Peluang)	Bobot diperoleh dari lima faktor peluang (O1–O5): $0.15 + 0.12 + 0.10 + 0.08 + 0.10 = 0.55$. Rating rata-rata tinggi (3–4) karena dukungan pemerintah, penurunan harga sensor IoT, dan pasar produk premium semakin kuat. $\Sigma(\text{bobot} \times \text{rating}) = 1.90$.	Nilai ini menegaskan peluang eksternal yang luas untuk ekspansi <i>smart farming</i> , terutama karena kebijakan nasional dan kolaborasi akademik mendukung pertanian digital.
4. <i>Threats</i> (Ancaman)	Bobot berasal dari lima faktor ancaman (T1–T5): $0.10 + 0.10 + 0.08 + 0.07 + 0.05 = 0.40$. Rating rata-rata 2–3	Nilai ini menunjukkan bahwa tingkat ancaman masih terkendali berkat mitigasi berbasis teknologi (backup listrik,

Komponen	Langkah Perhitungan dan Sumber Angka	Penjelasan Konseptual
	karena ancaman seperti cuaca ekstrem dan risiko kerusakan teknologi masih bisa dimitigasi. $\Sigma(\text{bobot} \times \text{rating}) = 0.92$.	sistem monitoring, diversifikasi produk).
Total IFE + EFE	Total skor keseluruhan diperoleh dari penjumlahan skor tertimbang semua komponen: $2.28 (S) + 1.10 (W) + 1.90 (O) + 0.92 (T) = 6.20$.	Nilai total 6.20 menempatkan posisi proyek pada Kuadran I (Growth–Aggressive), yaitu kondisi ideal untuk pertumbuhan pesat karena kekuatan dan peluang sama-sama dominan.

Komponen	Total Bobot	Total Skor Tertimbang	Interpretasi
<i>Strengths</i>	0.65	2.28	Kekuatan internal sangat kuat
<i>Weaknesses</i>	0.50	1.10	Kelemahan perlu mitigasi modal & SDM
<i>Opportunities</i>	0.55	1.90	Peluang eksternal tinggi
<i>Threats</i>	0.40	0.92	Ancaman masih dapat dikendalikan
Total IFE + EFE	—	6.20 (Kuadran I –	Posisi strategis ekspansif dan prospektif

Komponen	Total Bobot	Total Skor Tertimbang	Interpretasi
		<i>Growth-Aggressive)</i>	

F. Perumusan Strategi dan Matriks SWOT

1. Strategi SO (*Growth Strategy*)

Memanfaatkan kekuatan internal untuk menangkap peluang eksternal.

No.	Rencana Strategi	Penjelasan / Arah Implementasi
1	Meningkatkan adopsi AI/IoT melalui dukungan program pemerintah dan universitas	Mengoptimalkan kolaborasi dengan Kementan, Bappenas, dan universitas mitra (UB, ITB Asia Malang) untuk pendanaan serta transfer teknologi dalam penerapan <i>smart greenhouse</i> .
2	Membangun merek "Smart Potato Tengger" sebagai identitas produk unggulan	Mengembangkan branding digital melalui media sosial dan marketplace untuk meningkatkan nilai jual dan daya tarik konsumen.
3	Ekspansi sistem greenhouse ke anggota Poktan lain	Menyebarkan teknologi ke petani anggota guna meningkatkan skala produksi, efisiensi biaya, dan konsistensi suplai bibit serta produk kentang premium.

2. Strategi WO (*Capability Building Strategy*)

Mengatasi kelemahan internal dengan memanfaatkan peluang eksternal.

No.	Rencana Strategi	Penjelasan / Arah Implementasi
1	Melaksanakan pelatihan teknologi intensif dengan universitas mitra	Menyelenggarakan pelatihan sistem AI, IoT, dan manajemen data iklim mikro melalui program <i>Farm Tech Academy</i> bersama akademisi dan praktisi agritech.
2	Mengembangkan skema pembiayaan hijau (<i>green investment</i>)	Mengajukan pendanaan ke lembaga CSR, bank hijau, dan pemerintah daerah untuk mendorong investasi berkelanjutan di bidang pertanian digital.
3	Membentuk <i>Farm Tech Academy</i> sebagai pusat edukasi	Menjadikan Poktan Laksamana sebagai pusat pelatihan dan sertifikasi <i>digital farming</i> bagi petani muda di wilayah Tenggler dan sekitarnya.

3. Strategi ST (*Defensive Innovation Strategy*)

Menggunakan kekuatan internal untuk mengatasi ancaman eksternal.

No.	Rencana Strategi	Penjelasan / Arah Implementasi
1	Menyiapkan redundansi sensor dan cadangan energi berbasis solar cell	Memasang panel surya dan sistem <i>backup power</i> untuk menjaga kestabilan operasional saat terjadi gangguan listrik atau cuaca ekstrem.
2	Melakukan diferensiasi produk premium <i>eco-friendly</i>	Mengembangkan produk kentang dengan standar rendah residu pestisida dan kemasan ramah lingkungan untuk menembus pasar hotel dan ekspor.

No.	Rencana Strategi	Penjelasan / Arah Implementasi
3	Mengajukan sertifikasi mutu dan keamanan pangan	Mengurus sertifikasi GAP, HACCP, dan Halal untuk memperkuat kredibilitas serta daya saing produk di pasar nasional dan internasional.

4. Strategi WT (*Risk Mitigation Strategy*)

Menggunakan kekuatan internal untuk mengatasi ancaman eksternal

No.	Rencana Strategi	Penjelasan / Arah Implementasi
1	Menyiapkan redundansi sensor dan cadangan energi berbasis solar cell	Memasang panel surya dan sistem <i>backup power</i> untuk menjaga kestabilan operasional saat terjadi gangguan listrik atau cuaca ekstrem.
2	Melakukan diferensiasi produk premium <i>eco-friendly</i>	Mengembangkan produk kentang dengan standar rendah residu pestisida dan kemasan ramah lingkungan untuk menembus pasar hotel dan ekspor.
3	Mengajukan sertifikasi mutu dan keamanan pangan	Mengurus sertifikasi GAP, HACCP, dan Halal untuk memperkuat kredibilitas serta daya saing produk di pasar nasional dan internasional.

G. Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM)

1. Alternatif Strategi

A: Ekspansi Teknologi dan Kemitraan (SO)

B: Penguatan SDM & Pembiayaan Inovatif (WO)

C: Diversifikasi Produk & Mitigasi Risiko (WT/ST)

2. Hasil Perhitungan QSPM

No.	Faktor Strategis Utama	Bobot (W)	Strategi A AS / TAS	Strategi B AS / TAS	Strategi C AS / TAS	Keterangan Analitis
1	Tim milenial adaptif terhadap teknologi	0.15	4 / 0.60	3 / 0.45	2 / 0.30	SDM muda menjadi faktor pendorong utama keberhasilan adopsi AI.
2	Lokasi dataran tinggi dengan iklim mikro potensial	0.12	3 / 0.36	2 / 0.24	2 / 0.24	Kondisi alam ideal mendukung peningkatan produktivitas, namun tetap bergantung pada kapasitas teknis.
3	Integrasi teknologi AI-IoT	0.18	4 / 0.72	3 / 0.54	2 / 0.36	Faktor ini menjadi pilar utama pertumbuhan dan efisiensi.
4	Efisiensi penggunaan air & nutrisi	0.10	3 / 0.30	3 / 0.30	2 / 0.20	Otomatisasi meningkatkan hasil dan menurunkan biaya input.
5	Branding "Millennial Smart Farming"	0.10	3 / 0.30	3 / 0.30	2 / 0.20	Nilai citra memberi daya tarik untuk pasar dan mitra CSR.
6	Investasi awal tinggi	0.15	2 / 0.30	4 / 0.60	3 / 0.45	Pembiayaan inovatif penting untuk mengatasi hambatan awal investasi.
7	Pengalaman teknis SDM terbatas	0.10	2 / 0.20	4 / 0.40	3 / 0.30	Strategi B paling relevan karena berfokus pada peningkatan kapasitas SDM.
8	Ketergantungan listrik/internet	0.08	2 / 0.16	3 / 0.24	4 / 0.32	Strategi C penting untuk mengembangkan sistem cadangan (backup).
9	Dukungan pemerintah terhadap smart farming	0.15	4 / 0.60	3 / 0.45	2 / 0.30	Peluang kebijakan sangat mendukung strategi kolaborasi lintas sektor.
10	Tren pasar produk traceable & premium	0.12	3 / 0.36	3 / 0.36	3 / 0.36	Pasar modern dan konsumen premium siap menyerap produk berkualitas tinggi.
11	Penurunan biaya perangkat IoT	0.10	3 / 0.30	2 / 0.20	3 / 0.30	Teknologi semakin terjangkau, membuka peluang ekspansi.

Rekapitulasi Skor Total *Attractiveness Score* (TAS)

Kode Strategi	Nama Strategi	Total TAS	Peringkat Prioritas	Interpretasi
A	Ekspansi Teknologi & Kemitraan	2.88	II	Sangat potensial, direalisasikan setelah fondasi SDM & modal kuat.
B	Penguatan SDM & Pembiayaan Inovatif	2.95	I (Prioritas Utama)	Strategi paling relevan untuk tahap awal: membangun kemampuan & dukungan finansial.
C	Diversifikasi Produk & Mitigasi Risiko	2.78	III	Strategi jangka menengah untuk meningkatkan ketahanan ekonomi dan teknologi.

Interpretasi Akademik

- Nilai TAS tertinggi = 2.95 (Strategi B) menunjukkan fokus awal harus diarahkan pada penguatan SDM dan pembiayaan inovatif. Ini karena kapasitas manusia dan dukungan finansial merupakan faktor dasar yang menentukan keberhasilan implementasi teknologi AI-IoT.
- Setelah fondasi SDM dan pembiayaan terbentuk, strategi A (ekspansi teknologi) dapat dilaksanakan untuk memperluas skala produksi dan kolaborasi agritech.

- Strategi C (diversifikasi & mitigasi) menjadi prioritas lanjutan guna menjaga keberlanjutan dan adaptasi terhadap risiko iklim serta teknologi.

3. Rekomendasi Implementatif

Tahap	Fokus Strategi	Periode Implementasi	Indikator Keberhasilan (KPI)
Tahap 1 (Tahun 1–2)	Penguatan SDM dan pembiayaan inovatif	2025–2026	Terbentuknya <i>Farm Tech Academy</i> , 80% anggota Poktan tersertifikasi pelatihan AI–IoT, akses dana hijau Rp 500 juta.
Tahap 2 (Tahun 3–4)	Ekspansi teknologi & kemitraan	2026–2027	Penambahan 3 greenhouse baru, kolaborasi riset dengan 2 universitas.
Tahap 3 (Tahun 5–6)	Diversifikasi produk dan mitigasi risiko	2027–2028	Produksi 3 produk olahan kentang bernilai tambah dan sistem backup energi mandiri 50%.

H. Implikasi Strategis

1. Penguatan SDM dan Literasi Teknologi: Pelatihan sistem AI dan IoT menjadi prioritas. Setiap anggota Poktan akan mendapatkan sertifikat *digital farming* melalui kerja sama dengan universitas mitra (IPM, IPB, ITB Asia Malang).

2. Peningkatan Akses Pembiayaan: Skema *green funding* diupayakan melalui lembaga CSR, bank hijau, dan program pemerintah. Ini akan mengurangi beban investasi awal dan mempercepat replikasi model.
3. Ekspansi Teknologi dan *Greenhouse*: Setelah SDM siap, langkah selanjutnya adalah memperluas penerapan *greenhouse* pintar di lahan anggota lain dan mitra desa sekitar.
4. Diversifikasi Produk dan Pasar: Untuk menjaga stabilitas pendapatan, Poktan perlu mengembangkan olahan kentang bernilai tambah seperti tepung kentang, *frozen potato*, atau *eco-chips*.
5. Sustainability dan Inovasi Berkelanjutan: Diterapkan *preventive maintenance plan*, pembaruan sistem AI setiap tahun, dan audit energi untuk memastikan keberlanjutan sistem.

I. Kesimpulan dan Rekomendasi

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis SWOT berbobot dan QSPM terhadap program *Millennial Farming Revolution*: Optimalisasi Mikroklimatik Greenhouse berbasis AI-IoT pada Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tengger, diperoleh gambaran posisi strategis dan arah pengembangan sebagai berikut:

- a. Posisi Strategis Proyek: Proyek berada pada Kuadran I (*Growth-Aggressive*) dengan nilai IFE = 3,38 dan EFE = 2,82, menunjukkan kekuatan internal dan peluang eksternal yang tinggi. Kondisi ini menandakan bahwa organisasi berada

pada posisi ideal untuk mengembangkan strategi pertumbuhan yang berorientasi pada ekspansi teknologi, penguatan kapasitas manusia, serta penguatan jaringan kemitraan.

b. Hasil Kuantitatif QSPM: Berdasarkan total *Total Attractiveness Score (TAS)*, diperoleh tiga alternatif strategi utama:

- 1) Strategi B – Penguatan SDM & Pembiayaan Inovatif (TAS = 2.95) → *Prioritas Utama (Tahap I)*
- 2) Strategi A – Ekspansi Teknologi & Kemitraan (TAS = 2.88) → *Prioritas Kedua (Tahap II)*
- 3) Strategi C – Diversifikasi Produk & Mitigasi Risiko (TAS = 2.78) → *Prioritas Ketiga (Tahap III)*

Nilai TAS tertinggi sebesar 2.95 menunjukkan bahwa strategi penguatan SDM dan pembiayaan inovatif merupakan fokus strategis yang paling relevan dan krusial dalam tahap awal implementasi program. Strategi ini menjadi pondasi untuk memperkuat kemampuan teknis, literasi digital, serta kemandirian finansial kelompok tani dalam mengelola sistem *smart farming*.

Makna Strategis dari Hasil QSPM

- 1) Strategi B menegaskan bahwa pembangunan kapasitas manusia (human capital) dan akses terhadap pembiayaan hijau (green investment) merupakan faktor utama kesuksesan pertanian digital. Tanpa SDM kompeten dan modal yang stabil, teknologi AI-IoT tidak dapat dioperasikan secara optimal.
- 2) Strategi A menjadi kelanjutan alami setelah fondasi SDM dan modal terbentuk. Ekspansi teknologi dan kolaborasi

dengan universitas atau startup agritech akan meningkatkan efisiensi dan skala produksi kentang G0–G3.

- 3) Strategi C menutup siklus pertumbuhan dengan menyiapkan diversifikasi produk (chips, frozen fries, tepung kentang) dan mitigasi risiko cuaca ekstrem, sekaligus memperkuat ketahanan ekonomi dan keberlanjutan teknologi.

Implikasi Akademik dan Praktis

Hasil analisis ini memperlihatkan bahwa pendekatan strategis berbasis data (QSPM) memberikan arah implementatif yang jelas dalam pengembangan *smart farming*. Integrasi antara analisis kualitatif (SWOT) dan kuantitatif (QSPM) mampu menjembatani antara rencana konseptual dan langkah nyata di lapangan. Secara praktis, hasil ini dapat dijadikan acuan bagi:

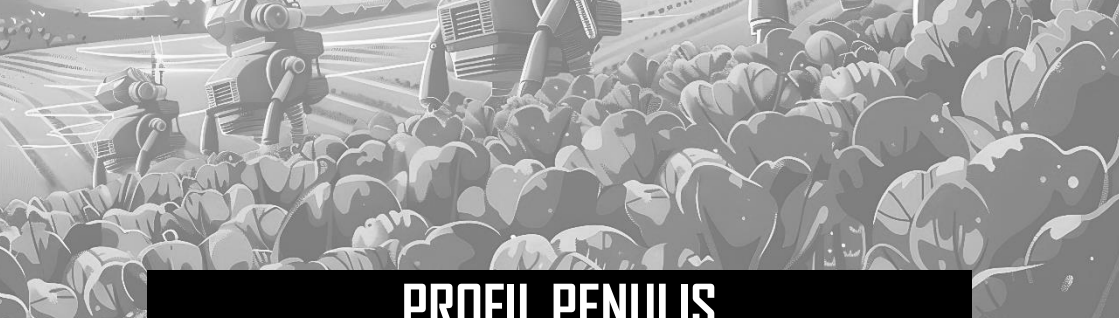
- 1) Pemerintah daerah dalam menyusun kebijakan pengembangan pertanian digital di daerah pegunungan.
- 2) Universitas dan mitra agritech dalam membangun pusat pelatihan *Farm Tech Academy*.
- 3) Kelompok tani milenial sebagai model replikasi di kawasan dataran tinggi lainnya.

2. Rekomendasi Strategis

Berdasarkan kesimpulan di atas, berikut rekomendasi terstruktur untuk implementasi jangka menengah (2025–2028):

Tahap	Fokus Strategi	Periode Implementasi	Arah Kebijakan dan Tindakan Utama	Indikator Keberhasilan (KPI)
Tahap I	Penguatan SDM & Pembiayaan Inovatif	2025–2026	• Membentuk <i>Farm Tech Academy</i> bekerja sama dengan universitas (Unmer Malang, IPM Malang, ITB Asia Malang). • Menyelenggarakan pelatihan sertifikasi AI–IoT bagi seluruh anggota Poktan. • Mengakses program pendanaan hijau dan hibah agritech pemerintah.	• 80% anggota tersertifikasi <i>digital farming</i>. • Dana hijau Rp 500 juta terserap. • 1 <i>Farm Tech Academy</i> berdiri.
Tahap II	Ekspansi Teknologi & Kemitraan Agritech	2026–2027	• Menambah minimal 3 unit greenhouse baru di bawah Poktan. • Menjalin kerja sama riset dengan dua universitas	• Produktivitas naik $\geq 20\%$. • Kolaborasi riset aktif (2 MoU baru).

Tahap	Fokus Strategi	Periode Implementasi	Arah Kebijakan dan Tindakan Utama	Indikator Keberhasilan (KPI)
			dan startup agritech nasional. • Membangun sistem monitoring terpusat berbasis cloud.	• Penghematan air 25%.
Tahap III	Diversifikasi Produk & Mitigasi Risiko	2027–2028	• Mengembangkan lini produk olahan kentang premium (chips, frozen fries). • Membangun sistem backup energi surya dan SOP pemeliharaan sensor. • Menjalin kemitraan distribusi dengan sektor HoReCa dan ekspor.	• 3 produk olahan premium dipasarkan. • 50% pasokan energi dari sumber mandiri. • Peningkatan laba usaha $\geq 15\%$.



PROFIL PENULIS



Syarif Hidayatullah
Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Unmer Malang



Ike Kusdyah Rachmawati
ITB Asia Malang



Boge Triatmanto
Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Unmer Malang



Anisa Zairina
IPM Malang



Stella Alvianna

Program Diploma
Kepariwisataan
Unmer Malang



Nur Kholis

ITB Asia Malang



Ngawendi Joni Putra

Jabatan
pemilik/ketua Laksmana
Agrobisnis

Smart Agriculture

IoT dan Mikroklimat Kentang Dataran Tinggi

Perubahan iklim, fluktuasi produktivitas, dan rendahnya regenerasi petani merupakan tantangan serius sektor pertanian nasional. Oleh karena itu, model *smart farming* berbasis IoT *mikroklimatik* yang dikembangkan oleh Poktan Millennial Laksamana Agrobisnis Tengger menjadi contoh nyata bagaimana teknologi dapat diterapkan secara kontekstual, terjangkau, dan adaptif terhadap kondisi sosial-ekologis pedesaan.

Buku ini adalah upaya memberikan gambaran komprehensif mengenai transformasi pertanian modern di wilayah dataran tinggi Indonesia melalui pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), serta inovasi sosial berbasis komunitas petani milenial. Semoga buku ini memberikan manfaat bagi para pembaca, khususnya pelaku pertanian, akademisi, dan pemerintah dalam memperkuat ekosistem inovasi pertanian berkelanjutan di Indonesia. Selamat membaca!



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggota IKAPI
0813 5751 7526 / 0353 3234 874
Kantor : Maguwoharjo, Depok, Sleman-Yogyakarta

@penerbitbukujogja

@penerbit.kbm

ISBN 978-634-278-238-5



9

786342

782385