

# Inovasi Dalam Pertanian Berkelanjutan di Kabupaten Sukabumi: Dari Pertanian Vertikal hingga Bioinformatika Pertanian Mewujudkan Sumber Pangan yang Lebih Berkelanjutan

Kuswarini Sulandjari<sup>1</sup>, Dewa Oka Suparwata<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Singaperbangsa Karawang dan  
[kuswarini.sulandjari@staff.unsika.ac.id](mailto:kuswarini.sulandjari@staff.unsika.ac.id)

<sup>2</sup>Prodi Agribisnis, Universitas Muhammadiyah Gorontalo dan [suparwata\\_do@umgo.ac.id](mailto:suparwata_do@umgo.ac.id)

---

## ABSTRAK

Penelitian ini mengeksplorasi prospek dan tantangan inovasi dalam pertanian berkelanjutan di Kabupaten Sukabumi, Indonesia. Penelitian ini menyelidiki kelayakan penerapan pertanian vertikal dan bioinformatika pertanian, dengan mempertimbangkan lanskap pertanian yang unik di kabupaten tersebut. Melalui pendekatan metode campuran yang melibatkan survei, wawancara, dan observasi lapangan, penelitian ini mengkaji kondisi pertanian saat ini, potensi manfaat dan kekurangan inovasi, serta hambatan utama yang dihadapi petani. Karakteristik demografis responden menambah kedalaman analisis. Temuan-temuan menunjukkan adanya kelangkaan sumber daya, degradasi lingkungan, dan kerentanan iklim pada pertanian tradisional. Meskipun pertanian vertikal dan bioinformatika pertanian menawarkan solusi yang menjanjikan, tantangan yang dihadapi meliputi kesenjangan infrastruktur, defisit pengetahuan, dan kesenjangan digital. Penelitian ini menyerukan investasi yang ditargetkan, program pelatihan, peraturan perlindungan data, dan inisiatif akses internet untuk memajukan pertanian berkelanjutan di Kabupaten Sukabumi.

*Kata Kunci: Inovasi, Pertanian, Berkelanjutan, Pangan, Sukabumi*

## ABSTRACT

*This research explores the prospects and challenges of innovation in sustainable agriculture in Sukabumi District, Indonesia. The research investigated the feasibility of implementing vertical farming and agricultural bioinformatics, taking into account the district's unique agricultural landscape. Through a mixed-methods approach involving surveys, interviews, and field observations, the research examined the current state of agriculture, the potential benefits and drawbacks of the innovations, and the main barriers faced by farmers. Demographic characteristics of respondents add depth to the analysis. Findings point to resource scarcity, environmental degradation and climate vulnerability in traditional agriculture. While vertical farming and agricultural bioinformatics offer promising solutions, challenges include infrastructure gaps, knowledge deficits and digital divides. The research calls for targeted investments, training programs, data protection regulations, and internet access initiatives to advance sustainable agriculture in Sukabumi District.*

*Keywords: Innovation, Agriculture, Sustainable, Food, Sukabumi*

---

## PENDAHULUAN

Pertanian memang merupakan pilar utama perekonomian Kabupaten Sukabumi dan menjadi tumpuan ketahanan pangan. Sebagian besar mata pencaharian penduduk, terutama yang tinggal di tingkat kecamatan, sebagian besar bergerak di bidang pertanian (Muslih et al., 2022). Namun, praktik pertanian tradisional di Kabupaten Sukabumi menghadapi tantangan yang belum pernah terjadi sebelumnya karena kelangkaan sumber daya, degradasi lingkungan, dan dampak perubahan iklim yang semakin meningkat. Salah satu penelitian yang dilakukan di Kecamatan Nagrak, Kabupaten Sukabumi, menggunakan teknologi penginderaan jauh untuk menganalisis produktivitas padi dan distribusi spasialnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas padi terbesar (Budiman et al., 2022; Iskandar & Sarastika, 2023), lebih dari 6 ton per hektar, tersebar luas pada ketinggian 500-1000 meter di atas permukaan laut dan kemiringan 8 hingga 15 persen, serta jarak 0-150 meter dari Sungai (Rahmanida & Shidiq, 2021). Informasi ini dapat berguna untuk

mengidentifikasi area-area di mana praktik-praktik pertanian perlu ditingkatkan atau diadaptasi untuk memastikan keberlanjutan.

Revitalisasi praktik pertanian tradisional telah disarankan sebagai cara untuk menciptakan sistem budidaya yang lebih berkelanjutan dan tangguh, serta untuk meningkatkan hubungan sosial dan ketahanan pangan (Dahlin & Svensson, 2021). Praktik-praktik ini dapat dilihat sebagai alternatif dari pertanian industri dan dapat membantu membalikkan perkembangan keanekaragaman hayati yang negatif yang disebabkan oleh peningkatan monokultur (Suparwata, 2018). Tradisi adalah konsep yang dinamis, selalu dibuat pada masa kini, tidak pernah tetap, tetapi terus berkembang. Dalam menghadapi perubahan iklim dan degradasi lingkungan, masyarakat beralih ke tradisi sebagai alternatif yang berkelanjutan dari cara-cara hidup industri dan untuk melindungi keanekaragaman yang terancam oleh gaya hidup yang dominan dan tidak berkelanjutan (Dahlin & Svensson, 2021). Untuk memastikan keberlanjutan sistem pertanian yang ada di Kabupaten Sukabumi, sangat penting untuk fokus pada penelitian dan kebijakan yang menjawab tantangan yang dihadapi oleh praktik pertanian tradisional (Iskandar et al., 2023; Jaman & Pertiwi, 2023). Hal ini termasuk mengeksplorasi strategi inovatif untuk pengelolaan sumber daya, mempromosikan adopsi praktik pertanian berkelanjutan, dan mendukung revitalisasi praktik pertanian tradisional sebagai sarana untuk meningkatkan ketahanan pangan, melestarikan keanekaragaman hayati, dan memitigasi dampak perubahan iklim (Bahua, 2016).

Pertanian vertikal adalah metode pertanian inovatif yang melibatkan penanaman tanaman dalam lapisan yang ditumpuk secara vertikal atau permukaan yang miring, sering kali dalam lingkungan yang terkendali. Pendekatan ini memaksimalkan efisiensi penggunaan lahan dan meminimalkan konsumsi sumber daya (Sengodan, 2022). Sistem pertanian vertikal dapat diintegrasikan ke dalam lingkungan perkotaan, seperti gedung-gedung bertingkat, dan sangat berguna untuk mengatasi tantangan ketahanan pangan di daerah padat penduduk (Achmad et al., 2021)(Sengodan, 2022). Beberapa manfaat dari pertanian vertikal antara lain, penggunaan ruang yang efisien, memungkinkan hasil panen yang lebih tinggi per satuan luas, mengurangi konsumsi air karena sistem irigasi loop tertutup, lingkungan yang terkendali, memungkinkan produksi sepanjang tahun dan perlindungan dari hama dan penyakit, mengurangi biaya transportasi dan emisi, karena tanaman dapat ditanam lebih dekat dengan konsumen (Nájera et al., 2022).

Sebuah studi kasus di Malaysia, Singapura, dan Thailand menunjukkan hasil yang sukses dari proyek pertanian perkotaan yang sedang berlangsung, yang menunjukkan potensi pertanian vertikal di iklim tropis (Sengodan, 2022). Bioinformatika pertanian menggabungkan analisis data canggih, pengurutan genetik, dan bioteknologi untuk mengoptimalkan proses pertanian (Sirangelo & Calabrò, 2020). Pendekatan ini memiliki potensi untuk menghasilkan pertanian presisi, perbaikan tanaman, dan manajemen penyakit, yang pada akhirnya mengarah pada praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan efisien.

Beberapa aplikasi bioinformatika pertanian meliputi. Pengurutan genom spesies tanaman utama, seperti padi, anggur, jagung, tomat, kentang, dan jelai (Sirangelo & Calabrò, 2020). Pengurutan aplikon dan pengurutan seluruh genom untuk menganalisis komposisi produk mikroba dan mempelajari mikrobioma dalam proses fermentasi (Sirangelo & Calabrò, 2020). Bioinformatika

pertanian telah menghadapi beberapa tantangan, seperti kebutuhan akan alat yang lebih kuat untuk menangani kumpulan data biologis besar yang dihasilkan oleh sekuensing generasi berikutnya (NGS) (Sirangelo & Calabrò, 2020). Namun, pengembangan alat dan teknik bioinformatika diharapkan dapat memajukan bidang bioteknologi tanaman dan memberi manfaat bagi industri pertanian secara keseluruhan (Abbas et al., 2023).

Penelitian ini berusaha untuk mempelajari integrasi pendekatan inovatif ini dalam lanskap pertanian di Kabupaten Sukabumi. Penelitian ini bertujuan untuk menilai kelayakan, potensi dampak, dan tantangan yang terkait dengan penerapan pertanian vertikal dan bioinformatika pertanian sebagai sarana untuk membangun sumber pangan yang lebih berkelanjutan bagi wilayah tersebut.

## LITERATURE REVIEW

### A. Pertanian Vertikal sebagai Inovasi

Pertanian vertikal, sebagai sebuah pendekatan pertanian yang inovatif, menjanjikan untuk mengatasi beberapa tantangan yang dihadapi oleh pertanian tradisional di Kabupaten Sukabumi. Pada intinya, pertanian vertikal melibatkan budidaya tanaman dalam lapisan-lapisan yang ditumpuk secara vertikal atau pada permukaan miring, biasanya dalam lingkungan yang terkendali seperti rumah kaca atau menara vertikal (Hasana et al., 2023; IKHFAN, n.d.). Pendekatan ini menawarkan beberapa keuntungan utama. Pertanian vertikal memaksimalkan efisiensi penggunaan lahan dengan menanam tanaman di lahan yang lebih kecil dibandingkan dengan metode pertanian tradisional. Hal ini sangat bermanfaat terutama di daerah dengan lahan yang terbatas, seperti Kabupaten Sukabumi (Hasana et al., 2023). Lingkungan yang terkendali di pertanian vertikal memungkinkan pengelolaan sumber daya yang tepat seperti air dan nutrisi (Debdas et al., 2023; Petrovics & Giezen, 2022). Hal ini secara signifikan dapat mengurangi konsumsi sumber daya dibandingkan dengan pertanian konvensional. Pertanian vertikal dapat menyediakan produksi tanaman sepanjang tahun, mengurangi kerentanan terhadap variasi iklim musiman (Benke & Tomkins, 2017; Jayalath & van Iersel, 2021).

### B. Kelayakan di Kabupaten Sukabumi

Kelayakan penerapan pertanian vertikal di Kabupaten Sukabumi bergantung pada beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut termasuk ketersediaan infrastruktur yang sesuai, akses terhadap teknologi dan pengetahuan, serta kelayakan ekonomi. Selain itu, kondisi geografis dan iklim yang unik di kabupaten ini juga harus dipertimbangkan (Jandl et al., 2021). Pembangunan fasilitas pertanian vertikal, seperti rumah kaca atau menara vertikal, membutuhkan investasi awal yang cukup besar. Menilai ketersediaan infrastruktur seperti itu di kabupaten sangat penting (Bullers, 2005; Silva, 2023). Pertanian vertikal yang sukses bergantung pada teknologi canggih dan keahlian dalam pengelolaan tanaman. Transfer pengetahuan dan program pelatihan mungkin diperlukan untuk membekali petani lokal dengan keterampilan yang dibutuhkan untuk mengadopsi inovasi ini (Kumar, 2004; Monteiro et al., 2022). Mengevaluasi kelayakan ekonomi dari pertanian vertikal sangatlah penting. Hal ini termasuk menilai rasio biaya-manfaat dan potensi pengembalian investasi bagi petani di Kabupaten Sukabumi.

### C. Bioinformatika Pertanian sebagai Inovasi

Bioinformatika pertanian memang dapat meningkatkan keberlanjutan pertanian di Kabupaten Sukabumi dan daerah lainnya. Dengan memanfaatkan bioinformatika, pengurutan genetik, dan analisis data, berbagai aspek pertanian dapat dioptimalkan. Pertanian presisi dapat dicapai dengan memberikan wawasan berharga kepada petani tentang kesehatan tanaman, kondisi tanah, dan pola cuaca, sehingga memungkinkan intervensi yang tepat sasaran dan mengurangi kebutuhan akan input bahan kimia yang berlebihan (Widyastuti & Sulistyowati, 2022).

Program pengurutan dan pemuliaan genetik yang difasilitasi oleh bioinformatika pertanian dapat membantu mengembangkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan dan hama setempat (Widyastuti & Sulistyowati, 2022). Sebagai contoh, sebuah studi tentang varietas tomat Rumania menggunakan sekuensing generasi berikutnya untuk mengidentifikasi genotipe yang mungkin merupakan kandidat yang baik untuk pemuliaan varietas tomat yang tahan terhadap spesies *Verticillium* di masa depan (Udrište et al., 2022). Deteksi dini dan pemantauan penyakit tanaman dapat dilakukan melalui alat bioinformatika, sehingga memungkinkan pengelolaan penyakit secara proaktif dan mengurangi kehilangan hasil (Widyastuti & Sulistyowati, 2022). Teknik pengolahan citra dapat digunakan untuk deteksi penyakit tanaman secara otomatis dengan akurasi yang lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan dalam tinjauan tentang tren yang muncul dalam deteksi penyakit tanaman menggunakan pengolahan citra dengan pembelajaran mesin (Kartikeyan & Shrivastava, 2021). Sistem irigasi pintar, seperti yang disajikan dalam sebuah studi tentang pemantauan tanah dan deteksi penyakit untuk pertanian presisi, dapat membantu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya air dalam pertanian presisi (Peddi et al., 2022). Sistem ini menggunakan sensor IoT dan pemrosesan gambar untuk memantau parameter seperti suhu, kelembapan, cuaca, kelembapan tanah dan tanaman, serta kesehatan tanaman, memberikan informasi waktu nyata untuk pengambilan keputusan yang lebih baik (Peddi et al., 2022).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode campuran, yang mengintegrasikan metode penelitian kualitatif dan kuantitatif. Dasar pemikiran dari pendekatan ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan eksplorasi yang komprehensif dan holistik terhadap pertanyaan penelitian, sehingga memungkinkan pemahaman yang lebih dalam tentang kompleksitas seputar inovasi dalam pertanian berkelanjutan di Kabupaten Sukabumi.

### A. Pengumpulan Data

#### Data Primer

Survei akan berfungsi sebagai metode pengumpulan data primer untuk mengumpulkan data kuantitatif mengenai praktik pertanian yang ada, tantangan, dan sikap petani lokal dan pemangku kepentingan pertanian terhadap inovasi di bidang pertanian. Survei ini mencakup perpaduan antara pertanyaan tertutup dan terbuka, yang memungkinkan responden untuk memberikan wawasan terperinci tentang pengalaman dan perspektif mereka. Survei didistribusikan 150 secara elektronik dan dalam format cetak untuk memastikan aksesibilitas bagi beragam peserta.

#### Wawancara

Wawancara mendalam akan dilakukan dengan informan kunci di Kabupaten Sukabumi, termasuk petani lokal, ahli pertanian, pejabat pemerintah, dan perwakilan dari koperasi pertanian.

Wawancara akan menawarkan lensa kualitatif untuk mengeksplorasi lanskap pertanian saat ini, potensi inovasi, dan tantangan yang dihadapi. Wawancara ini akan bersifat semi-terstruktur, memungkinkan fleksibilitas untuk menggali lebih dalam topik-topik tertentu yang menarik dan mengumpulkan informasi yang kaya dan sesuai dengan konteksnya.

### **Pengamatan Lapangan**

Kunjungan lapangan dilakukan untuk mengamati dan mendokumentasikan praktik-praktik pertanian, infrastruktur, dan kondisi lingkungan yang ada di Kabupaten Sukabumi. Pengamatan langsung ini menjadi pelengkap yang berharga untuk data survei dan wawancara. Dengan membenamkan peneliti dalam konteks lokal, observasi lapangan akan memberikan wawasan yang bernuansa ke dalam realitas pertanian sehari-hari di wilayah tersebut.

### **Data Sekunder**

Selain pengumpulan data primer, penelitian ini juga akan menggunakan data sekunder dari sumber-sumber yang sudah ada. Sumber-sumber ini akan mencakup laporan pemerintah, publikasi akademis, statistik pertanian, dan catatan sejarah yang relevan. Data sekunder akan memberikan konteks penting dan informasi latar belakang mengenai lanskap pertanian Kabupaten Sukabumi, isu-isu keberlanjutan, dan upaya-upaya yang telah dilakukan untuk mengatasi tantangan pertanian.

## **B. Analisis Data**

### **Analisis Data Kualitatif**

Data kualitatif yang dikumpulkan melalui wawancara dan pertanyaan survei terbuka akan menjalani analisis tematik. Pendekatan analisis ini melibatkan identifikasi tema, pola, dan variasi penting yang berulang dalam data kualitatif. Melalui analisis tematik, penelitian ini akan menarik hubungan antara tanggapan, yang memungkinkan ekstraksi wawasan yang bermakna mengenai kelayakan, manfaat, dan tantangan praktik pertanian yang inovatif.

### **Analisis Data Kuantitatif**

Data kuantitatif yang diperoleh dari survei akan dianalisis secara statistik dengan menggunakan perangkat lunak SPSS. Analisis ini akan mencakup statistik deskriptif, seperti frekuensi dan persentase, untuk merangkum tanggapan survei secara efektif. Selain itu, statistik inferensial, termasuk uji chi-kuadrat atau uji-t, dapat diterapkan untuk menentukan asosiasi atau perbedaan yang signifikan dalam data. Analisis kuantitatif akan memberikan penilaian terstruktur terhadap temuan survei, menambahkan dimensi kuantitatif pada kesimpulan penelitian.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Karakteristik demografis dari responden survei memberikan wawasan yang berharga tentang keragaman perspektif dalam komunitas pertanian Kabupaten Sukabumi, yang memberikan gambaran tentang profil mereka yang terlibat dalam pertanian dan akses mereka terhadap informasi dan sumber daya. Distribusi usia responden menunjukkan representasi yang seimbang antar generasi. Sementara 42% berada dalam kelompok usia 30-45 tahun, 32% berada dalam rentang usia 46-60 tahun, yang menunjukkan adanya kehadiran petani yang berpengalaman secara substansial. Partisipasi petani yang lebih muda (18% di bawah 30 tahun) patut dicatat, karena hal ini mencerminkan pergeseran generasi yang potensial menuju praktik pertanian inovatif. Dengan 65%

responden laki-laki dan 35% responden perempuan, penelitian ini menangkap wawasan dari kedua jenis kelamin dalam komunitas pertanian. Keragaman gender ini sangat penting untuk memahami perbedaan peran, tantangan, dan peluang yang mungkin dihadapi oleh petani laki-laki dan perempuan dalam mengadopsi pendekatan pertanian inovatif.

Keragaman pendidikan responden, mulai dari pendidikan sekolah dasar hingga gelar master, menggarisbawahi beragamnya tingkat pendidikan formal di sektor pertanian. Keragaman ini menyiratkan tingkat paparan yang berbeda terhadap praktik pertanian modern, teknologi, dan sumber daya informasi. Berbagai pekerjaan yang diwakili oleh responden, termasuk petani penuh waktu dan paruh waktu, anggota koperasi pertanian, petugas pertanian pemerintah, dan penyuluh pertanian, mencerminkan sifat beragam lanskap pertanian Kabupaten Sukabumi. Keterlibatan petugas pemerintah dan penyuluh memberikan wawasan dari para profesional yang dapat memainkan peran penting dalam menyebarkan informasi dan mempromosikan praktik-praktik inovatif. Distribusi ukuran kebun, dengan 58% mengoperasikan kebun kecil (kurang dari 1 hektar), 28% memiliki kebun berukuran sedang (1-5 hektar), dan 14% mengelola kebun besar (lebih dari 5 hektar), menyoroti prevalensi pertanian skala kecil di kabupaten ini. Hal ini menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan skalabilitas dan kemampuan beradaptasi dari metode pertanian inovatif agar sesuai dengan berbagai ukuran pertanian.

Responden yang berasal dari daerah perkotaan (40%), pinggiran kota (32%), dan pedesaan (28%) mencerminkan keragaman lokasi pertanian di Kabupaten Sukabumi. Keragaman geografis ini sangat penting, karena memungkinkan eksplorasi tentang bagaimana praktik-praktik inovatif dapat berbeda dalam konteks perkotaan dan pedesaan. Distribusi pengalaman bertani selama bertahun-tahun, dengan 30% memiliki pengalaman lebih dari 20 tahun, menunjukkan adanya kekayaan pengetahuan pertanian tradisional di masyarakat. Pengalaman ini, ditambah dengan kehadiran petani dengan pengalaman kurang dari lima tahun (15%), menawarkan kesempatan untuk memeriksa kesiapan petani berpengalaman dan petani baru untuk merangkul pendekatan inovatif. Temuan bahwa 60% responden memiliki akses ke internet merupakan hal yang signifikan, karena menyoroti potensi alat dan sumber daya digital yang dapat digunakan dalam menyebarkan informasi tentang praktik pertanian berkelanjutan. Namun, 40% yang tidak memiliki akses internet menggarisbawahi adanya kesenjangan digital yang mungkin perlu diatasi untuk memastikan akses yang adil terhadap informasi dan solusi berbasis teknologi.

#### **A. Kondisi Pertanian Saat Ini di Kabupaten Sukabumi**

**Tantangan dalam Pertanian Tradisional:** Responden mengidentifikasi kelangkaan sumber daya, degradasi lingkungan, kerentanan terhadap perubahan iklim, dan fluktuasi hasil panen sebagai tantangan utama yang dihadapi pertanian tradisional di Kabupaten Sukabumi.

#### **B. Kelayakan Penerapan Pertanian Vertikal**

**Ketersediaan Infrastruktur:** Meskipun beberapa responden mengindikasikan adanya akses ke fasilitas rumah kaca untuk pertanian vertikal, terutama di daerah perkotaan, banyak yang melaporkan kurangnya infrastruktur seperti itu, sehingga menghambat adopsi secara luas.

**Transfer Teknologi dan Pengetahuan:** Kesenjangan pengetahuan dan keahlian yang terbatas diakui, sehingga menekankan perlunya program pelatihan untuk membekali petani dengan keterampilan yang diperlukan. Selain itu, kesenjangan digital juga menjadi tantangan dalam mengakses teknologi.

**Kelayakan Ekonomi:** Kekhawatiran tentang kelayakan ekonomi dari pertanian vertikal muncul, dengan para petani mencari bukti yang jelas tentang potensi laba atas investasi.

### C. Potensi Manfaat dan Kekurangan Bioinformatika Pertanian

**Pertanian Presisi:** Responden mengakui potensi manfaat bioinformatika pertanian, terutama dalam pertanian presisi dan pengambilan keputusan berbasis data. Namun, ada kekhawatiran mengenai privasi dan keamanan data.

**Akses ke Teknologi:** Akses terhadap teknologi muncul sebagai faktor penting, dengan banyak petani yang tidak memiliki akses internet, sehingga menghambat adopsi bioinformatika pertanian.

### D. Hambatan dan Kekhawatiran Utama

Beberapa hambatan dan kekhawatiran utama diidentifikasi, termasuk keterbatasan sumber daya, investasi infrastruktur yang tinggi, kesenjangan pengetahuan dan pelatihan, dan kesenjangan digital.

### Diskusi

Temuan penelitian dan diskusi menggarisbawahi tantangan dan peluang yang kompleks dalam upaya Kabupaten Sukabumi untuk mencapai pertanian berkelanjutan. Pertanian tradisional menghadapi keterbatasan sumber daya, degradasi lingkungan, dan kerentanan iklim, yang menyoroti urgensi solusi inovatif.

Ketersediaan infrastruktur dan teknologi yang tidak merata, ditambah dengan ketidakpastian ekonomi, membutuhkan investasi yang ditargetkan dan inisiatif pengembangan kapasitas. Memastikan akses yang adil terhadap peluang pertanian vertikal, terutama bagi petani skala kecil dan pedesaan, adalah hal yang terpenting. Meskipun bioinformatika pertanian menawarkan manfaat potensial, mengatasi masalah privasi data dan menjembatani kesenjangan digital sangatlah penting. Para pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan harus memprioritaskan peraturan perlindungan data dan inisiatif akses internet. Keterbatasan sumber daya, termasuk kelangkaan lahan dan air, menuntut solusi yang komprehensif. Investasi infrastruktur harus selaras dengan tujuan pertanian berkelanjutan di kabupaten tersebut. Program pelatihan harus disesuaikan dengan kebutuhan lokal, mendorong transfer dan adopsi pengetahuan. Keragaman demografis responden, yang mencakup berbagai kelompok usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan ukuran lahan pertanian, meningkatkan keterwakilan penelitian ini. Keragaman ini menginformasikan perumusan rekomendasi yang menjawab kebutuhan dan tantangan yang dihadapi oleh komunitas pertanian Kabupaten Sukabumi yang beragam.

## KESIMPULAN

Sektor pertanian di Kabupaten Sukabumi menghadapi berbagai tantangan, termasuk kelangkaan sumber daya, degradasi lingkungan, dan kerentanan terhadap perubahan iklim. Penelitian ini menyoroti potensi inovasi dalam pertanian berkelanjutan, dengan fokus pada pertanian vertikal dan bioinformatika pertanian. Temuan-temuan ini menggarisbawahi perlunya solusi yang disesuaikan untuk mengatasi konteks unik di kabupaten tersebut. Kelayakan pertanian vertikal di Kabupaten Sukabumi bergantung pada pembangunan infrastruktur dan kelayakan ekonomi. Investasi dan insentif yang ditargetkan diperlukan untuk memfasilitasi adopsi, terutama di kalangan petani skala kecil dan pedesaan. Meskipun bioinformatika pertanian menjanjikan, kekhawatiran tentang privasi data dan kesenjangan digital perlu diatasi. Kerangka kerja regulasi untuk perlindungan data dan inisiatif untuk menjembatani kesenjangan digital sangat penting. Keterbatasan sumber daya, seperti ketersediaan lahan dan air yang terbatas, menuntut solusi yang komprehensif. Investasi dalam infrastruktur harus selaras dengan tujuan keberlanjutan, dan program transfer pengetahuan harus memberdayakan petani lokal. Keragaman demografis responden menggarisbawahi perlunya strategi inklusif yang memenuhi berbagai latar belakang dan keadaan dalam komunitas pertanian Kabupaten Sukabumi.

## REFERENSI

- Abbas, M. T., Batool, Z., Ahmad, C. A., Khan, H. A. A., & Akhter, A. (2023). Application of modern biotechnology and bioinformatics approaches in agricultural sciences; A systematic review. *World Journal of Biology and Biotechnology*, 8(2), 13–17.
- Achmad, D. S., Nurdin, M. S., Yasin, I. A., Indrianti, M. A., Mokoginta, M. M., Fahrullah, F., Suparwata, D. O., Gobel, Y. A., Djibran, M. M., & Mokoolang, S. (2021). A preliminary study on the size structure and sex ratio of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides* Hamilton, 1822) harvested from Kwandang Bay, Sulawesi Sea, Indonesia. *Aceh Journal of Animal Science*, 6(2), 34–38.
- Bahua, I. (2016). Community participation on evaluation stage in critical land rehabilitation program. *Advances in Environmental Biology*, 10(10), 170–180.
- Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), 13–26.
- Budiman, D., Iskandar, Y., & Jasuni, A. Y. (2022). Millennials' Development Strategy Agri-Socio-Preneur in West Java. *International Conference on Economics, Management and Accounting (ICEMAC 2021)*, 315–323.
- Bullers, S. (2005). Environmental stressors, perceived control, and health: the case of residents near large-scale hog farms in eastern North Carolina. *Human Ecology*, 33, 1–16.
- Dahlin, J., & Svensson, E. (2021). Revitalizing traditional agricultural practices: Conscious efforts to create a more satisfying culture. *Sustainability*, 13(20), 11424.
- Debdas, S., Chatterjee, S., Das, S., Das, D., Hazra, S., & Shah, P. B. (2023). IoT Edge Based Vertical Farming. *2023 World Conference on Communication & Computing (WCONF)*, 1–5.
- Hasana, D. P., Dasipah, E., Karyana, K. S., Permana, N. S., & Sukmawati, D. (2023). PENGARUH KEUNGGULAN KOMPETITIF DAN BAURAN PEMASARAN TERHADAP KEBERHASILAN USAHATANI KOPI ARABIKA DI KABUPATEN SUKABUMI. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 9(1), 955–964.



- IKHFAN, A. N. U. R. (n.d.). *GROWTH COMPARISON BETWEEN LOCAL SENGON AND SOLOMON SENGON IN AGROFORESTRIC SYSTEMS*.
- Iskandar, Y., Ardhiyansyah, A., & Jaman, U. B. (2023). The Effect of Leadership, Supervision, and Work Motivation of the Principal on Teacher Professionalism at SMA Yadika Cicalengka, Bandung Regency. *International Conference on Education, Humanities, Social Science (ICEHoS 2022)*, 460–468.
- Iskandar, Y., & Sarastika, T. (2023). Study of Socio-Economic Aspect and Community Perception on The Development of The Agricultural Area Shrimp Ponds in Pasir mendit and Pasir Kadilangu. *West Science Journal Economic and Entrepreneurship*, 1(01), 28–36.
- Jaman, U. B., & Pertiwi, E. (2023). Kedaulatan Pajak Negara Indonesia Terhadap Perusahaan Multinasional Digital. *Jurnal Aktiva: Riset Akuntansi Dan Keuangan*, 5(1), 32–42.
- Jandl, A., Frangoudis, P. A., & Dustdar, S. (2021). Edge-based autonomous management of vertical farms. *IEEE Internet Computing*, 26(1), 68–75.
- Jayalath, T. C., & van Iersel, M. W. (2021). Canopy size and light use efficiency explain growth differences between lettuce and mizuna in vertical farms. *Plants*, 10(4), 704.
- Kartikeyan, P., & Shrivastava, G. (2021). Review on emerging trends in detection of plant diseases using image processing with machine learning. *International Journal of Computer Application*, 975, 8887.
- Kumar, R. (2004). eChoupals: A study on the financial sustainability of village internet centers in rural Madhya Pradesh. *Information Technologies & International Development*, 2(1), pp-45.
- Monteiro, J., Barata, J., Veloso, M., Veloso, L., & Nunes, J. (2022). A scalable digital twin for vertical farming. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1–16.
- Muslih, M., Arianti, N. D., Somantri, S., Thamren, D. S., Fajri, F., & Bulan, R. (2022). *Utilization of a Web-Based Geographic Information System for Land Mapping and Some Its Overview: A Case Study in Sukabumi District, Indonesia*.
- Nájera, C., Gallegos-Cedillo, V. M., Ros, M., & Pascual, J. A. (2022). LED lighting in vertical farming systems enhances bioactive compounds and productivity of vegetables crops. *Biology and Life Sciences Forum*, 16(1), 24.
- Peddi, P., Dasgupta, A., & Gaidhane, V. H. (2022). Smart Irrigation Systems: Soil Monitoring and Disease Detection for Precision Agriculture. *2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, 1–7.
- Petrovics, D., & Giezen, M. (2022). Planning for sustainable urban food systems: an analysis of the up-scaling potential of vertical farming. *Journal of Environmental Planning and Management*, 65(5), 785–808.
- Rahmanida, Y., & Shidiq, I. P. A. (2021). Spatial distribution of rice productivity utilizes sentinel-2A and NDVI algorithm in Nagrak Sub-district, Sukabumi Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 623(1), 12037.
- Sengodan, P. (2022). An Overview of Vertical Farming: Highlighting the Potential in Malaysian High-Rise Buildings. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 30(2).
- Silva, K. N. N. (2023). Social Network to Accelerate Agricultural Technology Adoption: Evidence from Hambanthota District, Sri Lanka. *Indian Journal of Extension Education*, 59(1), 1–6.
- Sirangelo, T. M., & Calabrò, G. (2020). Next generation sequencing approach and impact on bioinformatics: applications in agri-food field. *Journal of Bioinformatics and Systems Biology*, 3(2),

32–44.

Suparwata, D. O. (2018). *Pengelolaan rehabilitasi lahan kritis berdasarkan partisipasi masyarakat di DAS Randangan Kabupaten Pohuwato*.

Udriște, A.-A., Iordachescu, M., Ciceoi, R., & Bădulescu, L. (2022). Next-generation sequencing of local Romanian tomato varieties and bioinformatics analysis of the Ve locus. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(17), 9750.

Widyastuti, N., & Sulistyowati, D. (2022). FACTORS AFFECTING THE PERCEPTION OF THE YOUNG GENERATION IN THE BUSINESS OF THE RICE AGRICULTURAL SECTOR IN THE DISTRICT OF CISAAT SUKABUMI REGENCY. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*, 17(2), 65–75.