

Analisis Peran Internet of Things dalam Smart Agriculture untuk Mendukung Sistem Pangan Berkelanjutan

Joni Maulindar^{1*}, Ratna Puspita Indah², Anisatul Farida³

¹Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
1*joni_maulindar@udb.ac.id (penulis
korespondensi)

² Sistem Informasi/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
2*ratna_puspita@udb.ac.id

³ Teknik Informatika/Ilmu Komputer
Universitas Duta Bangsa Surakarta
3*anisatul_farida@udb.ac.id

Abstrak— Peningkatan kebutuhan pangan, keterbatasan sumber daya, dan tantangan keberlanjutan menuntut pemanfaatan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas sektor pertanian melalui implementasi Internet of Things (IoT) pada Smart Agriculture. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran Internet of Things dalam Smart Agriculture untuk mendukung sistem pangan berkelanjutan berdasarkan hasil penelitian yang telah dipublikasikan. Penelitian menggunakan metode studi literatur dengan menganalisis 20 artikel ilmiah yang diterbitkan pada periode 2022–2025 dan diperoleh dari berbagai basis data bereputasi, seperti IEEE, Springer, Elsevier, Wiley, MDPI, Heliyon, Agronomy, dan IEEE Access. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh artikel (100%) membahas pemanfaatan IoT untuk monitoring dan pengumpulan data secara *real-time* serta peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian. Sebanyak 95% artikel mengintegrasikan IoT dengan pendekatan pengambilan keputusan berbasis data melalui pemanfaatan *cloud computing*, *artificial intelligence*, *machine learning*, dan *big data*. Selain itu, 80% artikel membahas penerapan otomatisasi proses pertanian, seperti sistem irigasi cerdas, pengendalian lingkungan *greenhouse*, dan otomatisasi perangkat budidaya. Sebanyak 85% artikel mengaitkan implementasi IoT dengan upaya mendukung sistem pangan berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi produksi, pengurangan kehilangan hasil panen, serta peningkatan kualitas dan ketertelusuran produk pangan. Analisis juga menunjukkan bahwa penelitian masih didominasi oleh pengembangan sistem monitoring dan efisiensi operasional dibandingkan kajian mengenai integrasi aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan tata kelola sistem pangan. Temuan ini mengindikasikan bahwa Internet of Things telah berkembang menjadi teknologi utama dalam Smart Agriculture dan memiliki potensi besar untuk mendukung transformasi menuju sistem pangan yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci— *Internet of Things*, Smart Agriculture, Sistem Pangan Berkelanjutan, Pertanian Cerdas, Studi Literatur.

Abstract— The increasing demand for food, limited natural resources, and sustainability challenges require the adoption of technologies capable of improving the efficiency and productivity of the agricultural sector through the implementation of the Internet of Things (IoT) in Smart Agriculture. This study aims to analyze the role of the Internet of Things in Smart Agriculture in supporting sustainable food systems based on published research findings. The study employed a literature review approach by analyzing 20 scientific articles published between 2022 and 2025, collected from reputable databases, including IEEE, Springer, Elsevier, Wiley, MDPI, Heliyon, Agronomy, and IEEE Access. The results indicate that all reviewed articles (100%) discuss the application of IoT for real-time monitoring and data collection, as well as improving agricultural productivity and resource-use efficiency. Furthermore, 95% of the articles integrate IoT with data-driven decision-making approaches through the utilization of cloud computing, artificial intelligence, machine learning, and big data. In addition, 80% of the studies address the implementation of agricultural process automation, including smart irrigation systems, greenhouse environmental control, and automated cultivation equipment. Approximately 85% of the articles associate IoT implementation with supporting sustainable food systems by enhancing production efficiency, reducing post-harvest losses, and improving food quality and traceability. The analysis also reveals that existing research is still predominantly focused on monitoring systems and operational efficiency rather than the integration of social, economic, environmental, and governance dimensions within sustainable food systems. These findings indicate that the Internet of Things has evolved into a key enabling technology in Smart Agriculture and holds significant potential to support the transformation toward more intelligent, efficient, and sustainable food systems.

Keywords: *Internet of Things*, Smart Agriculture, Sustainable Food Systems, Precision Agriculture, Literature Review.

I. PENDAHULUAN

Sistem pangan saat ini menghadapi tantangan yang semakin kompleks akibat meningkatnya kebutuhan pangan, keterbatasan sumber daya alam, perubahan iklim, serta penurunan produktivitas lahan pertanian[1], [2]. Kondisi tersebut tidak hanya berdampak pada kemampuan sektor pertanian dalam memenuhi kebutuhan masyarakat, tetapi juga memengaruhi stabilitas ekonomi, kesejahteraan petani, dan

ketahanan pangan nasional. Di Indonesia, tantangan tersebut semakin nyata dengan semakin terbatasnya lahan produktif, tingginya ketergantungan terhadap kondisi cuaca, serta masih rendahnya efisiensi dalam pengelolaan proses budidaya. Oleh karena itu, pembangunan sistem pangan berkelanjutan tidak lagi hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga menuntut pemanfaatan teknologi yang

mampu meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keberlanjutan pengelolaan sektor pertanian[3].

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut adalah *Smart Agriculture*, yaitu konsep pengelolaan pertanian yang memanfaatkan teknologi digital untuk mendukung proses budidaya secara lebih efektif dan berbasis data[4], [5]. Dalam implementasinya, *Smart Agriculture* mengintegrasikan berbagai teknologi seperti sensor, komunikasi nirkabel, komputasi awan, kecerdasan buatan, dan *Internet of Things* (IoT) untuk melakukan pemantauan kondisi lahan, tanaman, lingkungan, maupun penggunaan sumber daya secara real-time[6]. Di antara berbagai teknologi tersebut, IoT menjadi komponen yang paling banyak digunakan karena mampu menyediakan data yang akurat dan berkelanjutan sebagai dasar pengambilan keputusan pada aktivitas pertanian[4].

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *Internet of Things* telah diterapkan pada berbagai aktivitas pertanian, seperti sistem irigasi cerdas, pemantauan kelembapan tanah, pengawasan kondisi tanaman, pemantauan lingkungan greenhouse, hingga pengelolaan peternakan berbasis sensor[7], [8]. Implementasi tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, pupuk, energi, serta mengurangi risiko kegagalan panen melalui pemantauan kondisi pertanian secara berkelanjutan[9]. Perkembangan penelitian mengenai IoT pada *Smart Agriculture* juga menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dalam beberapa tahun terakhir, menandakan bahwa teknologi ini semakin dipandang sebagai salah satu solusi penting dalam mendukung transformasi sektor pertanian[10].

Meskipun implementasi *Internet of Things* pada *Smart Agriculture* berkembang dengan pesat, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan perangkat, sistem monitoring, maupun optimasi proses budidaya pada objek tertentu[11]. Kajian yang secara khusus membahas bagaimana penerapan IoT berkontribusi terhadap sistem pangan berkelanjutan masih relatif terbatas dan tersebar

pada berbagai penelitian yang berdiri sendiri. Akibatnya, pemahaman mengenai peran strategis IoT dalam mendukung keberlanjutan sistem pangan belum tergambar secara utuh. Kondisi ini menunjukkan perlunya suatu analisis yang menghimpun berbagai hasil penelitian sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kontribusi IoT terhadap pengembangan *Smart Agriculture* dan sistem pangan berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran *Internet of Things* dalam mendukung implementasi *Smart Agriculture* sebagai upaya mewujudkan sistem pangan berkelanjutan. Analisis dilakukan melalui kajian terhadap berbagai penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi perkembangan penerapan teknologi IoT pada sektor pertanian, berbagai bentuk kontribusinya terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan ketahanan pangan, serta mengidentifikasi tantangan dan peluang implementasi teknologi tersebut. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai pemanfaatan IoT pada *Smart Agriculture* sekaligus menjadi referensi bagi pengembangan penelitian lanjutan pada bidang pertanian digital dan sistem pangan berkelanjutan.

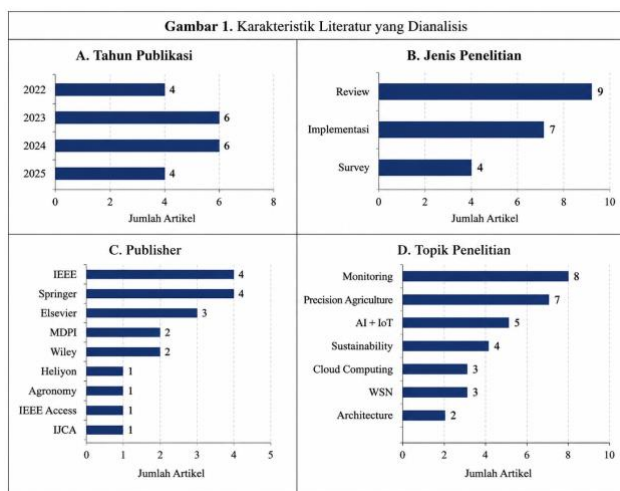
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (*literature review*). Data yang digunakan berupa data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah nasional dan internasional yang dipublikasikan pada berbagai basis data, seperti Scopus, IEEE Xplore, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI, dan Google Scholar. Literatur dipilih berdasarkan relevansi dengan topik *Internet of Things*, *Smart Agriculture*, dan sistem pangan berkelanjutan. Data dianalisis menggunakan analisis isi (*content analysis*) dengan mengidentifikasi, mengelompokkan, dan mensintesis hasil penelitian terdahulu untuk menggambarkan peran, manfaat, serta tantangan penerapan *Internet of Things* dalam mendukung sistem pangan berkelanjutan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis 20 artikel ilmiah yang dipublikasikan pada periode 2022–2025 dan membahas penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam *Smart Agriculture*. Artikel diperoleh dari berbagai penerbit bereputasi, seperti Heliyon, IEEE, Springer, Elsevier, Wiley, MDPI, Agronomy, IEEE Access, dan *International Journal of Computer Applications*. Berdasarkan hasil identifikasi, penelitian mengenai IoT pada *Smart Agriculture* menunjukkan perkembangan yang semakin pesat[8] dengan cakupan topik yang beragam, meliputi sistem monitoring berbasis sensor, *precision agriculture*, *wireless sensor network*, *cloud computing*, *machine learning*, *artificial intelligence*, hingga pengembangan arsitektur sistem pertanian cerdas[9]. Keragaman tersebut menunjukkan bahwa penelitian IoT tidak lagi berfokus pada pengembangan perangkat, tetapi telah berkembang menuju integrasi berbagai teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan keberlanjutan sektor pertanian[7], [11].

Untuk memberikan gambaran mengenai karakteristik literatur yang dianalisis, distribusi artikel berdasarkan tahun publikasi, jenis penelitian, jenis penerbit, dan fokus kajian disajikan pada Gambar 1.



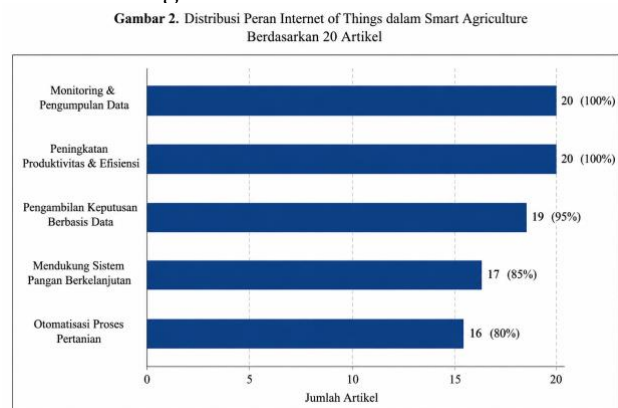
Berdasarkan Gambar 1, penelitian mengenai *Internet of Things* pada *Smart Agriculture* mengalami peningkatan pada periode 2023–2024 yang menunjukkan meningkatnya perhatian peneliti terhadap digitalisasi sektor pertanian[11]. Sebagian besar artikel yang

dianalisis merupakan penelitian review dan implementasi, sedangkan penelitian survey masih relatif terbatas[8]. Dari sisi topik, sistem monitoring berbasis sensor dan *precision agriculture* menjadi fokus penelitian yang paling dominan[7], [9], diikuti oleh integrasi *artificial intelligence*, *machine learning*, *cloud computing*, dan *wireless sensor network*[12], [13]. Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan *Smart Agriculture* tidak lagi hanya berorientasi pada pengumpulan data, tetapi telah berkembang menuju pemanfaatan teknologi digital secara terpadu untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian[10], [11].

4.2 Peran *Internet of Things* dalam *Smart Agriculture*

Hasil sintesis terhadap 20 artikel menunjukkan bahwa terdapat lima peran utama *Internet of Things* dalam *Smart Agriculture*. Distribusi pembahasan pada masing-masing peran disajikan pada Gambar 2

Gambar 2. Distribusi Peran *Internet of Things* dalam *Smart Agriculture* Berdasarkan 20 Artikel.



Berdasarkan Gambar 2, seluruh artikel (100%) membahas peran *Internet of Things* sebagai teknologi untuk monitoring dan pengumpulan data[7], [8] serta peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua aspek tersebut masih menjadi fokus utama penelitian *Smart Agriculture* karena berkaitan langsung dengan peningkatan kualitas pengelolaan lahan, efisiensi penggunaan air, pupuk, dan energi, serta kemampuan melakukan pemantauan kondisi pertanian secara *real-time*[9], [14].

Sebanyak 19 artikel (95%) membahas pemanfaatan IoT untuk pengambilan keputusan berbasis data[13], sedangkan 16 artikel (80%) mengkaji penerapan otomatisasi proses pertanian[8]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perkembangan *Smart Agriculture* telah bergeser dari sistem monitoring menuju sistem yang mampu memberikan rekomendasi dan mengendalikan proses budidaya secara otomatis melalui integrasi sensor, *cloud computing*, *artificial intelligence*, dan *machine learning*.

Sebanyak 17 artikel (85%) mengaitkan implementasi IoT dengan sistem pangan berkelanjutan[7]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berorientasi pada aspek teknis dan operasional, sedangkan pembahasan mengenai integrasi IoT dengan aspek sosial, ekonomi, lingkungan, dan tata kelola sistem pangan masih relatif terbatas[2]. Kondisi ini menunjukkan bahwa penelitian selanjutnya perlu mengembangkan pendekatan yang lebih komprehensif dalam mendukung sistem pangan berkelanjutan.

4.3 Pembahasan

Berdasarkan Gambar 2, monitoring dan pengumpulan data merupakan peran Internet of Things yang paling dominan dengan ditemukan pada seluruh artikel yang dianalisis (100%). Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan IoT dalam memperoleh data secara *real-time* masih menjadi fondasi utama implementasi *Smart Agriculture*. Monitoring memungkinkan petani memperoleh informasi mengenai kondisi tanah, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, hingga kebutuhan air secara berkelanjutan sehingga proses pengelolaan lahan menjadi lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Dominasi aspek monitoring menunjukkan bahwa penelitian *Smart Agriculture* masih berorientasi pada pembangunan sistem akuisisi data sebagai dasar pengembangan teknologi pertanian cerdas[15].

Selain monitoring, hampir seluruh penelitian juga membahas peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya melalui pemanfaatan *Internet of Things*. Integrasi sensor dengan sistem komunikasi memungkinkan penggunaan air, pupuk, energi, dan pestisida

dilakukan secara lebih tepat sasaran. Kondisi tersebut sejalan dengan konsep *precision agriculture* yang menekankan pemberian perlakuan sesuai kebutuhan aktual tanaman sehingga mampu menekan biaya produksi sekaligus mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Hasil sintesis juga menunjukkan bahwa sebanyak 95% artikel membahas pengambilan keputusan berbasis data. Perkembangan ini mengindikasikan bahwa *Smart Agriculture* tidak lagi hanya memanfaatkan IoT sebagai media pengumpulan informasi, tetapi telah berkembang menjadi sistem pendukung keputusan melalui integrasi *cloud computing*, *big data*, *artificial intelligence*, dan *machine learning*. Pemanfaatan teknologi tersebut memungkinkan analisis data dilakukan secara otomatis sehingga rekomendasi mengenai irigasi, pemupukan, maupun pengendalian tanaman dapat diberikan secara lebih cepat dan akurat.

Meskipun demikian, penerapan otomatisasi proses pertanian masih ditemukan pada 80% artikel yang dianalisis. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi otomatisasi belum sepenuhnya menjadi standar dalam *Smart Agriculture* karena dipengaruhi oleh kesiapan infrastruktur, biaya investasi, serta karakteristik komoditas pertanian. Sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengembangan prototipe atau sistem otomatis untuk skala tertentu sehingga implementasi pada tingkat produksi yang lebih luas masih memerlukan pengembangan lebih lanjut.

Aspek sistem pangan berkelanjutan dibahas pada 85% artikel yang dianalisis. Meskipun sebagian besar penelitian mengakui bahwa *Internet of Things* mampu meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi kehilangan hasil panen, serta meningkatkan kualitas produk, pembahasan mengenai kontribusi IoT terhadap sistem pangan secara menyeluruh masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian masih menitikberatkan pada aspek teknis dibandingkan integrasi dengan dimensi ekonomi, sosial, lingkungan, maupun tata kelola. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat peluang penelitian untuk mengembangkan

pendekatan yang lebih komprehensif dalam mendukung sistem pangan berkelanjutan melalui pemanfaatan *Internet of Things*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa *Internet of Things* telah menjadi teknologi utama dalam mendukung transformasi *Smart Agriculture* melalui kemampuan monitoring, pengambilan keputusan berbasis data, otomatisasi, serta peningkatan efisiensi penggunaan sumber daya. Namun demikian, penelitian yang mengintegrasikan seluruh potensi tersebut dalam konteks sistem pangan berkelanjutan masih relatif terbatas. Oleh karena itu, pengembangan penelitian di masa mendatang perlu diarahkan pada integrasi teknologi, data, dan tata kelola sehingga implementasi *Smart Agriculture* tidak hanya meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga mampu mendukung pembangunan sistem pangan yang lebih berkelanjutan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap 20 artikel ilmiah, *Internet of Things* (IoT) memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung implementasi *Smart Agriculture*. Peran utama IoT meliputi monitoring dan pengumpulan data secara *real-time*, pengambilan keputusan berbasis data, otomatisasi proses pertanian, peningkatan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya, serta dukungannya terhadap sistem pangan berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspek monitoring dan efisiensi masih mendominasi fokus penelitian, sedangkan kajian mengenai integrasi IoT dalam mendukung sistem pangan berkelanjutan secara komprehensif masih relatif terbatas. Oleh karena itu, IoT memiliki potensi besar sebagai teknologi pendukung transformasi pertanian menuju sistem pangan yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji integrasi *Internet of Things* dengan teknologi pendukung lainnya, seperti *artificial intelligence*, *big data*, dan *cloud computing*, serta mengeksplorasi penerapannya dalam sistem pangan berkelanjutan secara lebih komprehensif melalui pendekatan konseptual

maupun implementasi pada berbagai sektor pertanian.

REFERENSI

- [1] T. Allen e P. Prosperi, «Modeling Sustainable Food Systems», *Environ. Manage.*, vol. 57, n. 5, pp. 956–975, 2016, doi: 10.1007/s00267-016-0664-8.
- [2] H. El Bilali e M. S. Allahyari, «Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies», *Inf. Process. Agric.*, vol. 5, n. 4, pp. 456–464, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.06.006>.
- [3] H. El Bilali, C. Strassner, e T. Ben Hassen, «Sustainable Agri-Food Systems: Environment, Economy, Society, and Policy», *Sustainability*, vol. 13, n. 11, p. 6260, 2021. doi: 10.3390/su13116260.
- [4] Partha Pratim Ray, «Internet of things for smart agriculture: Technologies, practices and future direction», *J. Ambient Intell. Smart Environ.*, vol. 9, n. 4, pp. 395–420, Jun. 2017, doi: 10.3233/AIS-170440.
- [5] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, e M.-J. Bogaardt, «Big Data in Smart Farming – A review», *Agric. Syst.*, vol. 153, pp. 69–80, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>.
- [6] J. Portocarrero *et al.*, «Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields», *Comput. Electron. Agric.*, vol. 142, pp. 283–297, Set. 2017, doi: 10.1016/j.compag.2017.09.015.
- [7] M. Dhanaraju, P. Chenniappan, K. Ramalingam, S. Pazhanivelan, e R. Kaliaperumal, «Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture», *Agriculture*, vol. 12, n. 10, p. 1745, 2022. doi: 10.3390/agriculture12101745.
- [8] M. N. Mowla, N. Mowla, A. F. M. S. Shah, K. M. Rabie, e T. Shongwe, «Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Smart Agriculture Applications: A Survey», *IEEE Access*, vol. 11, pp. 145813–145852, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3346299.
- [9] T. Alahmad, M. Neményi, e A. Nyéki, «Applying IoT Sensors and Big Data to Improve Precision Crop Production: A Review», *Agronomy*, vol. 13, n. 10, p. 2603, 2023. doi: 10.3390/agronomy13102603.
- [10] R. Chataut, A. Phoummalayvane, e R. Akl, «Unleashing the Power of IoT: A Comprehensive Review of IoT Applications and Future Prospects in Healthcare, Agriculture, Smart Homes, Smart Cities, and Industry 4.0», *Sensors*, vol. 23, n. 16, p. 7194, 2023. doi: 10.3390/s23167194.
- [11] N. Ahmed e N. Shakoar, «Advancing agriculture through IoT, Big Data, and AI: A review of smart technologies enabling sustainability», *Smart Agric. Technol.*, vol. 10, p. 100848, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100848>.
- [12] S. A. Bhat e N.-F. Huang, «Big Data and AI Revolution in Precision Agriculture: Survey and Challenges», *IEEE Access*, vol. 9, pp. 110209–110222, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3102227.
- [13] R. K. Singh, R. Berkvens, e M. Weyn, «AgriFusion: An Architecture for IoT and Emerging Technologies Based on a Precision Agriculture Survey», *IEEE Access*, vol. 9, pp. 136253–136283, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3116814.
- [14] L. Garcia, L. Parra, J. M. Jimenez, J. Lloret, e P. Lorenz, «IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture», *Sensors*, vol. 20, n. 4, p. 1042, 2020. doi: 10.3390/s20041042.
- [15] 49–58. Rao, U., Birmaher, B., Kaufman, J., Ryan, N. D., & Brent, D. A. (2007). K-Sads-Pl. Children (K-SADS), 39(1996) *et al.*, «No Title肯定・否定表現における日本語程度副詞について», n. February 1921, pp. 1–4, 2002.