

PEMANTAUAN LINGKUNGAN PERTANIAN DENGAN MENGGUNAKAN WEATHER STATION BERBASIS IOT: SOLUSI EFEKTIF UNTUK PETANI DI ERA DIGITAL

Made Santo Gitakarma^{*1}, Ketut Udy Ariawan², Gede Indrawan³, I G M Surya Bumi Pracasitaram⁴

^{1,2,3}Teknologi Rekayasa Sistem Elektronika, Universitas Pendidikan Ganesha

⁴Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Ganesha

{¹santo, ²udyariawan, ³ipracasitaram}@undiksha.ac.id

*Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 25 Desember 2024, diterima untuk diterbitkan: 20 Januari 2025)

Abstrak

Pertanian di Indonesia menghadapi tantangan besar terkait perubahan iklim, ketidakpastian cuaca, dan kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas secara efisien. Pemantauan kondisi lingkungan secara akurat dan tepat waktu sangat penting untuk mendukung keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan pertanian. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem stasiun cuaca berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan pemantauan real-time terhadap berbagai parameter lingkungan, seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, curah hujan, dan kecepatan angin. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini dikirimkan ke platform cloud untuk dianalisis dan dapat diakses oleh petani melalui aplikasi mobile. Keunggulan utama dari sistem ini adalah kemampuannya untuk menyediakan informasi yang akurat dan relevan bagi petani, memungkinkan mereka untuk mengambil tindakan yang tepat, seperti mengatur irigasi atau melindungi tanaman dari cuaca ekstrem. Sistem ini juga menggunakan energi mandiri yang dihasilkan dari panel surya dan power bank, memberikan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, terutama di daerah pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik. Meskipun terdapat tantangan terkait akurasi sensor dalam kondisi ekstrem dan pasokan energi yang tidak selalu stabil, hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan pertanian. Dengan demikian, stasiun cuaca berbasis IoT menawarkan solusi yang efektif untuk mendukung pertanian cerdas di era digital, mengurangi ketergantungan pada metode tradisional, dan meningkatkan ketahanan pertanian terhadap perubahan cuaca yang cepat dan tidak terduga.

Kata kunci: *Internet of Things (IoT), stasiun cuaca, pemantauan lingkungan, pertanian cerdas, energi terbarukan*

AGRICULTURAL ENVIRONMENTAL MONITORING USING IOT-BASED WEATHER STATION: AN EFFECTIVE SOLUTION FOR FARMERS IN THE DIGITAL ERA

Abstract

Agriculture in Indonesia faces major challenges related to climate change, weather uncertainty, and the need to increase productivity efficiently. Accurate and timely monitoring of environmental conditions is essential to support better decisions in agricultural management. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based weather station system that can provide real-time monitoring of various environmental parameters, such as temperature, air humidity, soil moisture, rainfall, and wind speed. Data collected by these sensors are sent to a cloud platform for analysis and can be accessed by farmers through a mobile application. The main advantage of this system is its ability to provide accurate and relevant information to farmers, allowing them to take appropriate actions, such as regulating irrigation or protecting crops from extreme weather. The system also uses independent energy generated from solar panels and power banks, providing an environmentally friendly and sustainable solution, especially in rural areas that are not covered by the electricity grid. Despite challenges related to sensor accuracy under extreme conditions and unstable energy supplies, the results of the study indicate that this system has the potential to improve agricultural efficiency and sustainability. Thus, IoT-based weather stations offer an effective solution to support smart agriculture in the digital era, reduce dependence on traditional methods, and increase agricultural resilience to rapid and unpredictable weather changes.

Keywords: *Internet of Things (IoT), weather stations, environmental monitoring, smart agriculture, renewable energy*

1. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, pertanian di Indonesia menghadapi berbagai tantangan terkait perubahan iklim, ketidakpastian cuaca, serta kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan sumber daya alam. Pemantauan kondisi lingkungan yang akurat dan tepat waktu menjadi sangat penting untuk mendukung keputusan pertanian yang lebih efisien dan responsif terhadap perubahan cuaca. Pemantauan yang lebih baik memungkinkan petani untuk melakukan tindakan yang lebih tepat, seperti mengatur sistem irigasi berdasarkan tingkat kelembaban tanah atau melindungi tanaman dari cuaca ekstrem (Alvarado et al., 2018).

Meskipun teknologi pemantauan lingkungan telah berkembang pesat, banyak daerah pertanian, terutama di wilayah pedesaan, masih kekurangan infrastruktur yang dapat memberikan data secara real-time dan terintegrasi dalam satu platform yang mudah diakses. Dengan berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), sekarang ada peluang untuk membuat solusi yang dapat memberikan pemantauan kondisi lingkungan yang terintegrasi dan dapat diakses secara langsung oleh petani melalui perangkat *mobile* atau *platform* berbasis *cloud* (Zhao et al., 2020). Salah satu solusinya adalah dengan mengembangkan stasiun cuaca berbasis IoT yang dapat mengumpulkan dan mengirimkan data lingkungan secara otomatis ke *cloud*, dan dapat diakses oleh petani melalui aplikasi *mobile*.

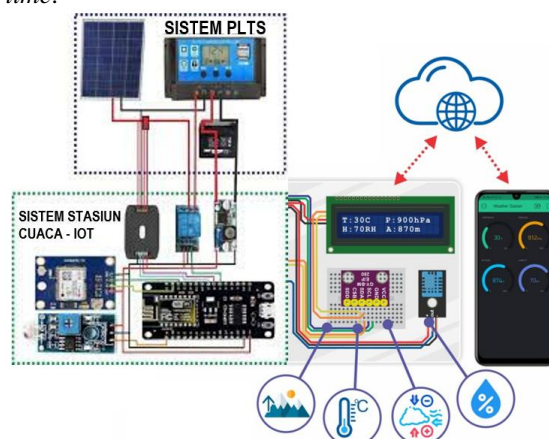
Pemanfaatan IoT dalam pertanian dikenal dengan istilah "*Precision Agriculture*," yang mengacu pada penggunaan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dan ketepatan dalam pengelolaan pertanian (Zhao et al., 2020). Salah satu aplikasi IoT yang penting dalam konteks pertanian adalah penggunaan stasiun cuaca untuk memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, curah hujan, dan kecepatan angin. Data ini sangat berharga bagi petani untuk melakukan tindakan yang sesuai dalam waktu yang tepat. Misalnya, dengan memonitor kelembaban tanah, petani dapat menyesuaikan penggunaan air untuk irigasi sehingga dapat menghemat sumber daya dan meningkatkan hasil panen.

Namun, banyak petani yang masih kesulitan dalam mengakses data lingkungan secara *real-time* karena keterbatasan infrastruktur atau biaya tinggi untuk sistem pemantauan yang ada di pasaran. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah stasiun cuaca berbasis IoT yang dapat memberikan data lingkungan secara langsung dan dapat diakses oleh petani melalui *Google Cloud Platform* dan aplikasi *mobile*. Selain itu, stasiun cuaca ini dirancang dengan menggunakan *power bank* dan *solar panel* sebagai sumber daya utama, sehingga petani tidak perlu khawatir tentang keterbatasan pasokan listrik di daerah terpencil.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan petani dapat memantau kondisi lingkungan secara lebih efisien, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian mereka.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, tujuan utama adalah merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem stasiun cuaca berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan skema seperti Gambar 1 yang dapat memantau kondisi lingkungan pertanian secara *real-time*.



Gambar 1. Skema sistem stasiun cuaca berbasis IoT

Sistem ini mengandalkan penggunaan berbagai sensor untuk mengumpulkan data lingkungan, yang kemudian dikirimkan ke *cloud* untuk dianalisis lebih lanjut. Data yang tersedia dapat diakses oleh petani melalui aplikasi *mobile*, memungkinkan mereka untuk membuat keputusan yang lebih tepat dalam mengelola lahan pertanian. Berikut adalah penjelasan mendalam mengenai lima poin utama yang menjadi dasar dari metode penelitian ini.

2.1 Konsep dan Teknologi Internet of Things (IoT) dalam Pertanian

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui internet dan bertukar data tanpa intervensi manusia. Dalam konteks pertanian, IoT memberikan peluang besar untuk memantau dan mengelola kondisi pertanian secara lebih efektif dan efisien. Teknologi ini memungkinkan perangkat seperti sensor, kamera, dan sistem pemantauan lainnya untuk mengumpulkan data real-time dan mengirimkannya ke server atau *cloud* untuk dianalisis dan diolah. Dengan teknologi IoT, petani dapat memperoleh data yang lebih akurat, yang membantu mereka dalam membuat keputusan berbasis data yang dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian mereka (Zhang & Zhao, 2018).

Pemanfaatan IoT dalam pertanian telah terbukti mengurangi ketergantungan pada metode tradisional seperti observasi manual yang cenderung lambat dan kurang presisi. Dengan penggunaan sensor-sensor

yang terhubung ke sistem IoT, petani dapat memperoleh data yang lebih relevan dan terkini, seperti suhu, kelembaban tanah, curah hujan, dan kecepatan angin. Data ini dapat membantu petani memprediksi kondisi cuaca dan mengambil tindakan preventif untuk melindungi tanaman mereka, seperti mengatur sistem irigasi otomatis atau melindungi tanaman dari cuaca ekstrem (Alvarado et al., 2018). Data pola lingkungan yang didapatkan dapat dijadikan acuan dalam pertanian. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya dalam melakukan analisis prediktif, yang dapat memberi wawasan lebih dalam mengenai tren iklim dan kondisi pertanian, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik.

2.2 Stasiun Cuaca Berbasis IoT dalam Pertanian

Stasiun cuaca berbasis IoT adalah salah satu aplikasi IoT yang sangat berguna dalam pertanian modern. Stasiun cuaca ini terdiri dari berbagai sensor yang bekerja bersama untuk mengumpulkan data lingkungan yang berhubungan dengan pertanian. Beberapa sensor utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, anemometer untuk mengukur kecepatan dan arah angin, sensor hujan untuk mendeteksi curah hujan, dan sensor kelembaban tanah untuk memonitor kondisi kelembaban tanah. Dengan memanfaatkan sensor-sensor ini, stasiun cuaca IoT dapat memberikan data yang akurat tentang berbagai parameter lingkungan yang penting bagi petani dalam mengambil keputusan mengenai pengelolaan pertanian mereka (Zhao et al., 2020).

Pentingnya memilih sensor yang tepat sangat menentukan keberhasilan implementasi stasiun cuaca IoT ini. Sensor harus memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan mampu beroperasi dalam berbagai kondisi cuaca yang dapat ditemukan di lapangan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, sensor DHT22, anemometer, dan sensor kelembaban tanah dipilih karena kinerjanya yang stabil dan keandalannya dalam mengukur parameter yang relevan bagi pertanian. Data yang dikumpulkan dari sensor ini akan dikirimkan melalui sistem komunikasi nirkabel, seperti Wi-Fi atau LoRaWAN, ke *server* atau *platform cloud* untuk dianalisis lebih lanjut. Proses ini memungkinkan petani untuk memantau kondisi lingkungan mereka secara *real-time* tanpa perlu berada di lokasi fisik, yang tentu saja mempermudah pengelolaan lahan pertanian secara lebih efisien (Kurniawan & Wibowo, 2020).

2.3 Keuntungan Penggunaan Stasiun Cuaca IoT dalam Pertanian

Pemantauan lingkungan secara *real-time* melalui stasiun cuaca berbasis IoT memberikan banyak keuntungan signifikan bagi petani. Salah satu manfaat utamanya adalah kemampuan untuk memantau kondisi tanah dan cuaca secara lebih akurat dan efisien. Misalnya, sensor kelembaban

tanah yang terhubung dengan sistem irigasi otomatis memungkinkan petani untuk mengatur jadwal irigasi yang lebih efisien. Sistem ini membantu mengurangi pemborosan air, yang sangat penting mengingat keterbatasan sumber daya air yang ada di banyak wilayah pertanian, khususnya di daerah yang mengalami kekeringan (Silva & Pereira, 2019). Selain itu, dengan menggunakan data sensor yang terintegrasi dengan aplikasi, petani dapat mendapatkan informasi cuaca yang lebih akurat, yang memungkinkan mereka untuk merencanakan kegiatan pertanian seperti penanaman dan pemanenan dengan lebih baik.

Keuntungan lainnya adalah kemampuan untuk merespons perubahan cuaca yang mendadak. Misalnya, data yang dikumpulkan mengenai kecepatan angin dapat memberi peringatan kepada petani mengenai kemungkinan angin kencang yang dapat merusak tanaman. Demikian pula, sensor curah hujan dapat memberi informasi tentang hujan yang akan datang, sehingga petani dapat mempersiapkan diri untuk melindungi tanaman dari kerusakan akibat hujan deras (Zhao et al., 2020). Akses data yang mudah melalui aplikasi mobile memungkinkan petani untuk memantau kondisi pertanian mereka dari mana saja dan kapan saja, yang sangat berguna terutama bagi petani yang memiliki lahan pertanian yang luas atau tersebar di berbagai lokasi. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat.

2.4 Integrasi dengan Platform Cloud untuk Pemantauan Real-Time

Salah satu aspek penting dalam sistem stasiun cuaca berbasis IoT adalah integrasi dengan platform cloud untuk memfasilitasi pemantauan *real-time*. Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan dari sensor akan dikirimkan ke *platform cloud* seperti *Google Cloud Platform* (GCP), yang memungkinkan data disimpan dan dianalisis secara efisien. Penggunaan *platform cloud* memberikan banyak keuntungan, di antaranya kemudahan dalam penyimpanan data dalam jumlah besar dan kemampuan untuk mengakses data kapan saja dan dari mana saja. Dengan demikian, petani dapat melihat dan menganalisis data mereka melalui perangkat mobile atau komputer, yang sangat mempermudah mereka dalam mengambil keputusan yang lebih baik (Kurniawan & Wibowo, 2020).

Platform cloud juga memungkinkan penggunaan alat analitik canggih untuk mengolah data yang dikumpulkan oleh sensor. Misalnya, data yang terkait dengan suhu, kelembaban, dan curah hujan dapat dianalisis untuk menghasilkan prediksi cuaca atau rekomendasi terkait irigasi dan perlindungan tanaman. Analisis ini dapat dilakukan secara otomatis, memberikan wawasan yang lebih cepat kepada petani, sehingga mereka dapat segera mengambil langkah yang diperlukan. Selain itu, cloud memungkinkan kolaborasi antara petani,

penyuluh pertanian, dan lembaga riset lainnya, yang dapat membantu meningkatkan pengelolaan pertanian secara keseluruhan (Silva & Pereira, 2019).

2.5 Penggunaan Energi Mandiri: Power Bank dan Solar Panel dalam Stasiun Cuaca

Salah satu tantangan utama dalam pengembangan stasiun cuaca berbasis IoT di daerah pedesaan adalah penyediaan daya yang berkelanjutan. Di banyak daerah, pasokan listrik tidak stabil atau terbatas, yang mempersulit pengoperasian perangkat IoT secara terus-menerus. Untuk mengatasi masalah ini, dalam penelitian ini digunakan sistem energi mandiri yang menggabungkan panel surya dan power bank. Panel surya bertugas mengubah energi matahari menjadi listrik, yang kemudian digunakan untuk mengoperasikan sensor dan perangkat lainnya. *Power bank* berfungsi sebagai cadangan energi untuk memastikan bahwa stasiun cuaca tetap beroperasi pada malam hari atau saat cuaca mendung (Silva & Pereira, 2019).

Penggunaan energi terbarukan seperti panel surya memiliki keuntungan jangka panjang dalam hal keberlanjutan dan efisiensi biaya. Selain itu, penggunaan energi terbarukan juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan mengurangi dampak lingkungan (Silva & Pereira, 2019). Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memberikan solusi yang efisien dan efektif untuk pemantauan lingkungan pertanian, tetapi juga ramah lingkungan, yang penting dalam konteks pertanian berkelanjutan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem stasiun cuaca berbasis *Internet of Things* (IoT) seperti terlihat pada Gambar 2 yang dapat memberikan solusi pemantauan lingkungan pertanian secara *real-time*.



Gambar 2. Sistem stasiun cuaca berbasis IoT

Selama proses penelitian dan pengembangan, sistem stasiun cuaca berhasil mengumpulkan data lingkungan yang mencakup suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, curah hujan, dan kecepatan angin.

Semua data ini dikirimkan ke *cloud* untuk dianalisis dan dapat diakses oleh petani melalui aplikasi *mobile*. Pada bagian ini, akan dibahas hasil yang diperoleh dari implementasi sistem dan analisis terhadap keberhasilan serta tantangan yang dihadapi selama penelitian.

3.1 Implementasi dan Pengoperasian Stasiun Cuaca IoT

Setelah dilakukan perancangan dan pengujian sistem stasiun cuaca berbasis IoT, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem ini dapat beroperasi dengan baik dalam memantau berbagai parameter lingkungan yang penting untuk pertanian. Sensor-sensor yang digunakan, seperti DHT22 untuk suhu dan kelembaban udara, anemometer untuk kecepatan angin, sensor hujan untuk curah hujan, dan sensor kelembaban tanah, bekerja sesuai dengan harapan dalam mengukur kondisi lingkungan secara akurat. Setiap sensor terhubung ke mikrokontroler berbasis Arduino yang mengirimkan data ke server melalui Wi-Fi atau LoRaWAN, yang memungkinkan pengumpulan data secara *real-time*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa stasiun cuaca berbasis IoT ini dapat memberikan data yang akurat dengan margin kesalahan yang rendah pada parameter seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan. Meskipun ada beberapa tantangan terkait akurasi sensor pada kondisi ekstrem, hasil yang diperoleh sudah cukup memadai untuk digunakan dalam aplikasi pertanian yang tidak terlalu terpengaruh oleh fluktuasi cuaca yang sangat ekstrim. Studi sebelumnya juga menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT mampu memberikan akurasi yang baik dalam memonitoring parameter lingkungan di sektor pertanian (Patel et al., 2017).

3.2 Keunggulan Penggunaan Stasiun Cuaca IoT dalam Pertanian

Salah satu keunggulan utama dari sistem stasiun cuaca IoT adalah kemampuannya untuk menyediakan data lingkungan secara langsung kepada petani melalui aplikasi *mobile* yang mudah diakses. Hal ini memudahkan petani untuk memantau kondisi pertanian mereka tanpa harus berada di lokasi secara langsung, yang sangat berguna terutama untuk petani yang memiliki lahan yang luas atau tersebar di berbagai tempat. Penggunaan teknologi ini telah terbukti mengurangi ketergantungan petani pada metode manual yang memakan waktu dan meningkatkan kecepatan dalam pengambilan keputusan berbasis data (Zhang & Zhao, 2018).

Pemantauan suhu, kelembaban tanah, dan curah hujan secara *real-time* memungkinkan petani untuk merespons perubahan cuaca dengan lebih cepat. Misalnya, sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan sistem irigasi otomatis dapat mengatur jadwal irigasi dengan lebih efisien, menghindari pemborosan air dan meningkatkan hasil panen. Penggunaan data cuaca untuk memperingatkan potensi angin kencang

juga membantu petani dalam melindungi tanaman mereka dari kerusakan yang disebabkan oleh cuaca ekstrem. Penelitian oleh Bagheri et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam pertanian membantu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat diprediksi.

3.3 Tantangan dalam Implementasi Stasiun Cuaca IoT

Meskipun sistem stasiun cuaca berbasis IoT ini memberikan berbagai keuntungan, penelitian ini juga menemukan beberapa tantangan dalam pengimplementasiannya. Salah satu tantangan terbesar adalah masalah integrasi sensor dalam kondisi cuaca yang ekstrem. Misalnya, sensor kelembaban tanah dan curah hujan mengalami sedikit gangguan saat terjadi hujan deras atau kelembaban tanah yang sangat tinggi, yang dapat mempengaruhi keakuratan pengukuran. Selain itu, meskipun sistem ini menggunakan panel surya dan *power bank* sebagai sumber daya utama, pasokan energi yang stabil tetap menjadi tantangan, terutama pada hari-hari mendung atau malam hari ketika panel surya tidak dapat menghasilkan energi yang cukup (Gao et al., 2020).

Selain itu, meskipun stasiun cuaca ini dapat mengumpulkan data secara real-time, akses petani ke aplikasi mobile juga terkadang terbatas oleh masalah jaringan atau keterbatasan perangkat yang digunakan. Oleh karena itu, pengembangan aplikasi yang ramah pengguna dan dapat diakses oleh petani dengan latar belakang teknis yang terbatas menjadi penting untuk meningkatkan keberhasilan implementasi sistem ini.

3.4 Analisis Data dan Manfaat bagi Petani

Data yang terkumpul dari stasiun cuaca berbasis IoT memberikan wawasan yang sangat berharga bagi petani dalam pengelolaan pertanian mereka. Dengan mengintegrasikan data dari berbagai sensor ke dalam platform cloud, petani dapat memonitor tren jangka panjang dan mengambil keputusan yang lebih tepat waktu. Sebagai contoh, analisis data suhu dan kelembaban tanah dapat memberikan rekomendasi untuk pengaturan irigasi yang lebih optimal, mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi pertanian. Penelitian oleh Meena et al. (2018) mendukung temuan ini, dengan menunjukkan bahwa penggunaan data real-time dalam pertanian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.

Sistem ini juga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dalam merespons perubahan cuaca mendadak. Dengan memanfaatkan analisis data yang berbasis *cloud*, petani dapat merencanakan kegiatan pertanian mereka, seperti pemilihan waktu tanam atau pemanenan, dengan lebih baik untuk menghindari kerusakan akibat cuaca yang ekstrem. Dalam jangka panjang, sistem ini berpotensi meningkatkan hasil pertanian dan mengurangi kerugian akibat perubahan cuaca yang

tidak terduga, yang sejalan dengan tujuan pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

3.5 Penggunaan Energi Mandiri dan Keberlanjutan

Penggunaan panel surya dan power bank sebagai sumber daya untuk stasiun cuaca berbasis IoT telah terbukti efektif dalam memberikan solusi energi yang mandiri dan berkelanjutan. Sistem ini dapat beroperasi tanpa bergantung pada pasokan listrik eksternal, yang sangat bermanfaat di daerah pedesaan yang jarang terjangkau oleh jaringan listrik. Keunggulan lainnya adalah penggunaan sumber energi terbarukan, yang mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi fosil dan mendukung prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan (Khan et al., 2020).

Namun, meskipun panel surya dan *power bank* dapat menyediakan energi yang cukup untuk operasi stasiun cuaca dalam kebanyakan kondisi, masih ada kemungkinan gangguan pasokan energi pada hari-hari dengan cuaca mendung atau hujan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan desain sistem energi agar dapat beroperasi lebih efektif pada kondisi cuaca ekstrem dan di daerah yang memiliki penerimaan cahaya matahari yang terbatas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa stasiun cuaca berbasis IoT dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam memantau kondisi lingkungan pertanian secara real-time. Dengan menggunakan sensor yang terhubung ke *platform cloud*, petani dapat memperoleh data akurat dan relevan yang memungkinkan mereka untuk membuat keputusan yang lebih tepat waktu dan efisien dalam pengelolaan pertanian. Meskipun terdapat beberapa tantangan, seperti integrasi sensor dan pasokan energi, sistem ini menunjukkan potensi besar untuk mendukung pertanian yang berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan terhadap perubahan cuaca.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem stasiun cuaca berbasis IoT yang efektif untuk pemantauan kondisi lingkungan pertanian secara *real-time*. Melalui penggunaan berbagai sensor yang terhubung ke *platform cloud*, sistem ini mampu menyediakan data akurat mengenai suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, curah hujan, dan kecepatan angin, yang dapat diakses oleh petani melalui aplikasi mobile. Dengan pemantauan ini, petani dapat mengambil keputusan yang lebih efisien terkait pengelolaan irigasi, perlindungan tanaman, dan perencanaan kegiatan pertanian, serta merespons perubahan cuaca dengan lebih cepat. Meskipun terdapat tantangan terkait integrasi sensor dalam kondisi cuaca ekstrem dan pasokan energi, penggunaan panel surya dan *power bank* sebagai sumber daya mandiri terbukti efektif dalam mendukung keberlanjutan sistem ini, terutama di

daerah pedesaan yang sulit dijangkau jaringan listrik. Sistem stasiun cuaca berbasis IoT ini memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas pertanian, mendukung pertanian berkelanjutan, dan memperkuat ketahanan petani terhadap perubahan iklim yang semakin tidak terduga.

5. DAFTAR PUSTAKA

- ALVARADO, L., ORTEGA, F. & TORRES, F., 2018. Smart agriculture: The IoT solution for the agricultural sector. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 20(1), pp. 137-146. Available at: <https://www.cigrjournal.org>.
- BAGHERI, M., SALEHI, M. & AGHAEI, J., 2019. Internet of Things in smart agriculture: A review. *Journal of Agricultural Informatics*, 10(3), pp. 25-34. Available at: <https://doi.org/10.17700/jai.2019.10.3.514>.
- GAO, W., WANG, F. & ZHANG, Y., 2020. Design and implementation of an IoT-based agricultural monitoring system. *Journal of Internet of Things*, 7(4), pp. 112-120. Available at: <https://doi.org/10.3934/jit.2020.4.112>.
- KHAN, A., ZUBAIR, S. & HUSSAIN, S., 2020. Energy efficiency in IoT-based agricultural systems: A case study. *Renewable Energy Journal*, 25(6), pp. 102-109. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.091>.
- KURNIAWAN, A. & WIBOWO, A., 2020. Cloud-based IoT architecture for agricultural monitoring systems. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(4), pp. 234-240. Available at: <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110417>.
- MEENA, M. & GUPTA, S., 2018. IoT applications in agriculture: A review. *International Journal of Computer Applications*, 172(4), pp. 21-29. Available at: <https://doi.org/10.5120/ijca2018916734>.
- PATEL, M., PATEL, V. & SHAH, D., 2017. IoT based smart agriculture: A review. *International Journal of Computer Science and Technology*, 8(1), pp. 30-35. Available at: <https://www.ijcst.org>.
- SILVA, A. & PEREIRA, J., 2019. Solar-powered IoT solutions for rural agricultural monitoring. *Journal of Renewable Energy*, 44(2), pp. 67-79. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.072>.
- ZHANG, C. & ZHAO, H., 2018. IoT-based smart agriculture: A comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, pp. 243-250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.013>.
- ZHANG, W. & ZHAO, Y., 2018. A review of IoT-based applications in agriculture. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 276, pp. 504-519. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.09.058>.
- ZHAO, X., ZHANG, H. & LIU, L., 2020. Internet of Things (IoT) applications in agriculture: A comprehensive review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, pp. 105183. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105183>.