

PEMANFAATAN TEKNOLOGI IoT UNTUK PERTANIAN BERKELANJUTAN (IoT TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE)

Rosyid Ridlo Al Hakim^{1,2}, Agung Pangestu^{1*}, Hexa Apriliana Hidayah^{3*}, Safira Faizah⁴, dan
Dian Nugraha⁴

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Global Jakarta¹

School of Computer Science, Universitas Nusa Putra²

Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman³

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Global Jakarta⁴

Grand Depok City Jl. Boulevard Raya No. 2 Kota Depok, Jawa Barat^{1,4}, Jl. Raya Cibolang No. 21,

Sukabumi, Jawa Barat², Jl. Dr. Soeparno No. 64, Purwokerto, Jawa Tengah³

Email korespondensi: agungp@jgu.ac.id¹, hexa.apriliana6@gmail.com³

ABSTRAK

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi nirkabel berbasis internet yang memungkinkan pekerjaan bidang pertanian jauh lebih cepat, efisien, akurat, dan murah. Telah banyak inovasi-inovasi teknologi IoT yang diterapkan dalam teknologi pertanian. Hal ini untuk mendukung terciptanya pertanian berkelanjutan. Studi ini merupakan ulasan untuk mendiseminasi penelitian-penelitian yang telah ada terkait pemanfaatan teknologi IoT untuk pertanian berkelanjutan. Harapannya dengan hasil ulasan ini, dapat menjadi terobosan atau inovasi dalam membangun teknologi pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: *internet of things*, pertanian cerdas, teknik pertanian, teknologi pertanian, sistem cerdas.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is an internet-based wireless technology that allows agricultural work much faster, more efficient, accurate, and cheaper. There have been many IoT technological innovations applied in agricultural technology. This is to support the creation of sustainable agriculture. This study is a review to disseminate existing research on IoT technology for sustainable agriculture. The hope is that this review's results can be a breakthrough or innovation in building sustainable agricultural technology.

Keywords: *agricultural engineering, agricultural technology, internet of things, smart farming, smart system.*

PENDAHULUAN

Teknologi *Internet of Things (IoT)* dewasa ini telah berkembang pesat di segala bidang seiring perkembangan kecerdasan buatan (Balas, Kumar, & Srivastava, 2019) mulai dari perawatan bayi (Muzakir dkk., 2021), gawat darurat (Al Hakim, Sidiq, dkk., 2021), kesehatan (Toh & P. Brody, 2021), kedokteran (Putri, Ali, Saad, & Hidayat, 2018), transportasi (Pangestu, Mohammed, Al-Zubaidi, Bahrain, & Jaenul, 2021), perairan (Islam, Kashem, & Uddin, 2022), teknik elektro (Lestari, Suwanto, & Gunawan, 2020), teknik pertanian (Reas, Carcoza, & Hernandez, 2019), pertanian presisi (Data, Yahya, & Kurniawan, 2020), dan automasi pertanian cerdas (Jha, Doshi, Patel, & Shah, 2019). IoT

merupakan seperangkat sistem automasi yang terdiri atas sensor, modul, dan periferal lain yang saling terintegrasi dengan jaringan internet guna pengendalian jarak jauh (Zikria, Yu, Afzal, Rehmani, & Hahm, 2018). IoT secara ringkas dapat mengintegrasikan komunikasi jaringan nirkabel antara administrator dengan agen (bisa berupa alat, perangkat, dan *mobile*) (Pangestu dkk., 2021). IoT dapat dikoneksikan dengan perangkat seluler secara *real-time* (Pangestu, Yusro, Djatmiko, & Jaenul, 2020) sehingga hal ini berpotensi untuk diterapkan dalam sistem automasi pada pertanian (Vaishali, Suraj, Vignesh, Dhivya, & Udhayakumar, 2018). Salah satu penerapan IoT adalah pada bidang pertanian cerdas (Madushanki, Halgamuge, Wirasagoda, & Syed, 2019). Pertanian cerdas mempunyai beragam keunggulan seperti dapat meningkatkan presisi pertanian (Kamienski dkk., 2019), kontrol jarak jauh (Sugiono, Indriyani, & Ruswiansari, 2017), dan meningkatkan kemampuan petani lokal dalam menerapkan teknologi automasi pertanian ini (Madushanki dkk., 2019).

Pertanian cerdas (*smart farm* atau *smart agriculture*) juga dapat membantu proses pertanian modern dibandingkan dengan metode konvensional oleh petani (Rao & Sridhar, 2018). Beberapa contoh pertanian cerdas dengan IoT antara lain UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) (Boursianis dkk., 2020), manajemen pengairan cerdas (Goap, Sharma, Shukla, & Rama Krishna, 2018; Kamienski dkk., 2019, 2018), sistem irigasi cerdas (García, Parra, Jimenez, Lloret, & Lorenz, 2020; Rajkumar, Abinaya, & Kumar, 2017), sistem kontrol dan pemantauan irigasi cerdas (Saraf & Gawali, 2017). Sistem pertanian cerdas yang dikembangkan dapat berpotensi mendukung pertanian berkelanjutan. Selain bersifat *real-time* dan presisi, IoT dapat menjadi solusi untuk membangun sistem pertanian cerdas (Madushanki dkk., 2019; Rao & Sridhar, 2018). Beberapa penelitian terdahulu telah banyak yang melaporkan penggunaan IoT untuk pertanian cerdas, sehingga diperlukan informasi mengenai penelitian-penelitian terdahulu dalam pemanfaatan IoT untuk bidang pertanian. Tujuan studi ini adalah untuk mengulas secara ringkas (*mini-review*) seputar pemanfaatan IoT dalam bidang pertanian untuk mendukung pertanian berkelanjutan, sehingga dapat menjadi terobosan atau inovasi dalam membangun teknologi pertanian berkelanjutan.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang dilakukan dalam studi ini yaitu metode *mini-review* yang mengacu pada penelitian Al Hakim, Satria, dkk. (2021). Tahapan terdiri atas studi literatur, seleksi judul, seleksi abstrak, seleksi artikel lengkap dan ulasan *mini-review*. Studi literatur menggunakan program *Publish or Perish* 8 dari basis data *Google Scholar*, *Scopus*, *CrossRef*, dan *Web of*

Science, hasilnya didapatkan jumlah artikel sebanyak 137. Tahapan selanjutnya berupa seleksi judul dari 137 artikel yang diseleksi berdasarkan cakupan studi yang relevan terhadap *mini-review* ini, yaitu pemanfaatan IoT untuk pertanian berkelanjutan, sehingga didapatkan jumlah artikel sebanyak 87. Tahapan berikutnya berupa seleksi abstrak, dengan menyeleksi 87 abstrak artikel yang terpilih sebelumnya, diseleksi berdasarkan latar belakang masalah, tujuan penelitiannya, metode yang digunakan, hasil yang didapatkan, dan kata kunci artikelnya, sehingga didapatkan jumlah artikel sebanyak 52 yang terpilih untuk dilakukan seleksi tahap selanjutnya. Tahapan selanjutnya ialah seleksi artikel lengkap terhadap 52 artikel, setelah memastikan artikel-artikel tersebut membahas penggunaan IoT pada pertanian untuk menunjang pertanian berkelanjutan, maka artikel-artikel yang sesuai dipilih dan yang tidak sesuai akan dihapus, sehingga didapatkan jumlah artikel sebanyak 11, jumlah inilah yang digunakan sebagai acuan referensi untuk ulasan *mini-review* studi ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan ulasan dari ringkasan *mini-review* pada Tabel 1, ditemukan bahwa penerapan IoT untuk pertanian berkelanjutan membutuhkan alat, sensor, atau modul lain yang terintegrasi secara automasi jaringan internet. Setiap penelitian mempunyai spesifik tujuan menerapkan teknologi IoT dalam studinya untuk menggambarkan keperluan IoT seperti apakah pada sektor pertaniannya. Umumnya modul mikrokontroler yang digunakan seperti Arduino dan Raspberry Pi. Sensor-sensor yang sering digunakan seperti sensor tanah (*soil misture sensor*), sensor suhu dan kelembaban (*temperature and humidity sensor*), dan konektivitas internet tentunya.

Penelitian-penelitian ini memberikan inovasi dalam bidang pertanian cerdas dan teknologi pertanian, karena sektor pertanian cerdas berasal dari penerapan teknologi automasi dan sistem cerdas terintegrasi IoT (Shakthidhar, Srikrishnan, Santhosh, & Sandhya, 2019). Penelitian yang ada membuktikan bahwa setidaknya menggunakan minimal satu modul mikrokontroler dan minimal dua sensor berupa sensor *soil misture* dan sensor *temperature and humidity* sudah dapat dibangun sistem pertanian berbasis IoT secara sederhana, seperti salah satu contohnya berupa teknik kultivasi bawang putih yang dibudidayakan di daerah dataran rendah (Wulandari dkk., 2021). Selain itu, untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan perlu melalui pendekatan digital (digitalisasi). Digitalisasi di sektor pertanian mendorong inovasi teknologi pertanian untuk meningkatkan pendapatan dan ekonomi pertanian (Udova, 2017).

Tabel 1. Ringkasan Hasil *Mini-Review*.

Penelitian	Komposisi Perangkat	Tujuan Penerapan IoT
Wulandari, Al Hakim, Saputri, Syahdiar, Pangestu, dan Jaenul (2021)	Modul Arduino-uno, sensor tanah, sensor temperatur dan kelembaban, baterai	Sistem irigasi cerdas untuk teknik kultivasi bawang putih di dataran rendah
Al Hakim, Islam, Pangestu, Jaenul, Nugraha, Arief, dan Ariyanto (2021)	Modul NodeMCU, sensor GPS, sensor fotometrik, sensor getaran, sensor ultrasonik, sensor suhu dan kelembaban	Sistem kontrol cerdas untuk pemetaan lahan produksi dan pengolahan pasca panennya
Al Hakim, Pangestu, Jaenul, dan Ropiudin (2021)	Modul NodeMCU, sensor getaran, sensor suhu dan kelembaban	Sistem kontrol manajemen irigasi jarak jauh
Udova (2017)	Potensi penerapan dalam <i>start-up</i>	Integrasi program <i>start-up</i>
García, Parra, Jimenez, Lloret, dan Lorenz (2020)	Sensor-sensor <i>monitoring</i> tanah, sensor-sensor cuaca mikroiklim, sensor-sensor jaringan, teknologi-teknologi seluler, <i>cloud platform</i>	Sistem irigasi cerdas untuk irigasi dan pertanian presisi
Goap, Sharma, Shukla, dan Rama Krishna (2018)	Modul Arduino, modul Raspberry Pi, sensor UV, sensor tanah, sensor suhu tanah, sensor suhu dan kelembaban	Sistem manajemen irigasi cerdas
Saraf dan Gawali (2017)	Modul Atmega328, sensor tanah, sensor suhu dan kelembaban, sensor kadar air, transduser ZigBee, catu daya	Sistem kontrol dan pemantauan irigasi cerdas
Kamienski, Soininen, Taumberger, Dantas, Toscano, Cinotti, Maia, dan Neto (2019, 2018)	<i>Pilot project</i> berskala besar: <i>FIWARE Performance</i>	Sistem manajemen pengairan presisi cerdas
Rajkumar, Abinaya, dan Kumar (2017)	Modul Arduino, sensor suhu, sensor kelembaban, sensor tanah, modul GSM, <i>motor driver</i> , sistem pompa air	Sistem irigasi cerdas
Boursianis, Papadopoulou, Diamantoulakis, Liopa-Tsakalidi, Barouchas, Salahas, Karagiannidis, Wan, dan Goudos (2020)	Aplikasinya dengan UAV (<i>Unmanned Aerial Vehicles</i>) atau kendaraan tanpa awak	Mewujudkan pertanian cerdas
Suryatini, Maimunah, dan Fachri (2018)	Modul Raspberry Pi, sensor suhu, sensor tanah, modul ADC	Sistem akuisisi data lingkungan pada sistem irigasi tetes

Beberapa inovasi yang menarik ditemukan dalam studi ulasan ini adalah inovasi *start-up* dan UAV dalam bidang pertanian, inovasi-inovasi ini dapat mengatasi permasalahan pertanian tradisional, seperti mengurangi jumlah tenaga manusia, meningkatkan pendapatan pertanian, dan kontrol jarak jauh, sehingga hal ini dapat menjadi dorongan bagi pertanian berkelanjutan di masa mendatang. Penelitian Udova (2017) contohnya, dengan digitalisasi pertanian berupa *start-up*, dapat berkontribusi secara tidak langsung untuk meningkatkan

devisa negara. Penelitian lain, seperti penerapan kendaraan automasi tanpa awak (UAV), membuktikan sektor pertanian cerdas bisa diintroduksi penerapan teknologi kendaraan tanpa awak ini dan tentunya aktivitas pemantauan dan kontrol jarak jauh akan lebih mudah dilakukan (Boursianis dkk., 2020). Selain dua penelitian ini, secara umum penelitian-penelitian sebelumnya yang ada pada Tabel 1 menerapkan teknologi IoT untuk pertanian cerdas, termasuk dengan tujuan mendukung pertanian berkelanjutan, sebagai mana kita ketahui, sektor pertanian menjadi salah satu bagian dari *Sustainable Development Goals* (SDGs), karena merupakan salah satu sektor vital bagi hajat hidup orang banyak (Chirambo, 2018; Leal Filho, 2020; Raszkowski & Bartniczak, 2019).

KESIMPULAN

Berbagai penelitian-penelitian yang telah ada sangat inovatif dalam menerapkan teknologi untuk pertanian cerdas, hal ini membuktikan bahwa sektor pertanian sudah memasuki era digitalisasi dengan menerapkan teknologi IoT, sehingga untuk mewujudkan dan mendukung pertanian berkelanjutan dalam menyukseskan SDGs, sektor pertanian dapat diintegrasikan dengan teknologi IoT.

REKOMENDASI

Studi ulasan ini memberikan gambaran pesatnya teknologi IoT dalam bidang pertanian, namun, studi ini belum menganalisis penelitian-penelitian yang telah ada, sehingga diharapkan akan ada studi sistematis *review* dan *meta-analysis* terkait dengan penerapan teknologi IoT untuk mendukung pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hakim, Rosyid Ridlo, Islam, Ichsan N., Pangestu, Agung, Jaenul, Arief, Nugraha, Dian, Arief, Yanuar Zulardiansyah, & Ariyanto, Eko. (2021). Desain Sistem Kontrol Pemetaan Lahan Produksi Dari Tanam Hingga Panen dan Pengolahan Pasca Panen Berbasis Internet of Things. *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*.
- Al Hakim, Rosyid Ridlo, Pangestu, Agung, Jaenul, Arief, & Ropiudin. (2021). Desain Manajemen Irigasi Kontrol Jarak Jauh Berbasis IoT dengan Terintegrasi Android. *Seminar Nasional Perteta – FTIP Unpad 2021*, 1–4.
- Al Hakim, Rosyid Ridlo, Satria, Muhammad Haikal, Arief, Yanuar Zulardiansyah, Pangestu, Agung, Jaenul, Arief, Hertin, Revita Desi, & Nugraha, Dian. (2021). Aplikasi

- Algoritma Dijkstra dalam Penyelesaian Berbagai Masalah. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, 11(1), 42–47.
- Al Hakim, Rosyid Ridlo, Sidiq, Miftakhul Hafidz, Pangestu, Agung, Jaenul, Arief, Arief, Yanuar Zulardiansyah, Purnawan, Hendra, Aji, Rofingi, & Riyadi, Slamet. (2021). Design and Development Smart-iMbulance for Efficiency of Road Emergency Priorities. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 1(2), 167–172.
- Balas, Valentina E., Kumar, Raghvendra, & Srivastava, Rajshree. (2019). Recent Trends and Advances in Artificial Intelligence and Internet of Things. In *Intelligent Systems Reference Library*, 172.
- Boursianis, Achilles D., Papadopoulou, Maria S., Diamantoulakis, Panagiotis, Liopa-Tsakalidi, Aglaia, Barouchas, Pantelis, Salahas, George, Karagiannidis, George, Wan, Shaohua, & Goudos, Sotirios K. (2020). Internet of Things (IoT) and Agricultural Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in smart farming: A comprehensive review. *Internet of Things*, 18, 100187.
- Chirambo, Dumisani. (2018). Towards the achievement of SDG 7 in sub-Saharan Africa: Creating synergies between Power Africa, Sustainable Energy for All and climate finance in-order to achieve universal energy access before 2030. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 600–608.
- Data, Mahendra, Yahya, Widhi, & Kurniawan, Andika. (2020). Implementasi Teknologi Virtualisasi Berbasis Kontainer untuk Perangkat Internet of Things pada Pertanian Presisi. *CYBERNETICS*, 3(1).
- García, Laura, Parra, Lorena, Jimenez, Jose M., Lloret, Jaime, & Lorenz, Pascal. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and iot systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors (Switzerland)*, 20(4), 1042.
- Goap, Amarendra, Sharma, Deepak, Shukla, A. K., & Rama Krishna, C. (2018). An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 41–49.
- Islam, Md Monirul, Kashem, Mohammad Abul, & Uddin, Jia. (2022). An IoT framework for real-time aquatic environment monitoring using an Arduino and sensors An internet of things framework for real-time aquatic environment monitoring using an Arduino and sensors. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 12(1), 826–833.
- Jha, Kirtan, Doshi, Aalap, Patel, Poojan, & Shah, Manan. (2019). A comprehensive review

- on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1-12.
- Kamienski, Carlos, Soininen, Juha Pekka, Taumberger, Markus, Dantas, Ramide, Toscano, Attilio, Cinotti, Tullio Salmon, Maia, Rodrigo Filev, & Neto, André Torre. (2019). Smart water management platform: IoT-based precision irrigation for agriculture. *Sensors (Switzerland)*, 19(2).
- Kamienski, Carlos, Soininen, Juha Pekka, Taumberger, Markus, Fernandes, Stenio, Toscano, Attilio, Cinotti, Tullio Salmon, Maia, Rodrigo Filev, & Neto, Andre Torre. (2018). SWAMP: An IoT-based smart water management platform for precision irrigation in agriculture. *2018 Global Internet of Things Summit, GIoT 2018*.
- Leal Filho, Walter. (2020). Viewpoint: accelerating the implementation of the SDGs. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(3), 507–511.
- Lestari, Nina, Suwanto, Hadi, & Gunawan, Rudy. (2020). Sistem Pemantauan Kubikel Tegangan Menengah Berbasis Internet of Things. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 5(1), 37.
- Madushanki, A. A. Raneesh., Halgamuge, Malka N., Wirasagoda, W. A. H. Surang., & Syed, Ali. (2019). Adoption of the Internet of Things (IoT) in agriculture and smart farming towards urban greening: A review. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(4).
- Muzakir, Muzakir, Pangestu, Agung, Sapundani, Rum, Al Hakim, Rosyid Ridlo, Wilyanti, Sinka, Jaenul, Arie, & Nugraha, Dian. (2021). Design of Monitoring Tool for Baby While Sleeping Based On Internet of Things Using NodeMCU ESP8266. *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 1–4.
- Pangestu, Agung, Mohammed, M. N., Al-Zubaidi, S., Bahrain, Siti Humairah Kamarul, & Jaenul, Arie. (2021). An internet of things toward a novel smart helmet for motorcycle: Review. *AIP Conference Proceedings*, 2320(1), 050026.
- Pangestu, Agung, Yusro, Muhammad, Djatmiko, Wisnu, & Jaenul, Arie. (2020). The Monitoring System of Indoor Air Quality Based on Internet of Things. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 5(2), 141–152.
- Putri, Arisa Olivia, Ali, Musab A. M., Saad, Mohammad, & Hidayat, Sidiq Samsul. (2018). Wearable sensor and internet of things technology for better medical science: A review. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4), 1–4.
- Rajkumar, M. Newlin, Abinaya, S., & Kumar, V. Venkatesa. (2017). Intelligent irrigation

- system - An IoT based approach. *IEEE International Conference on Innovations in Green Energy and Healthcare Technologies - 2017, IGEHT 2017*.
- Rao, R. Nageswara, & Sridhar, B. (2018). IoT based smart crop-field monitoring and automation irrigation system. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2018*.
- Raszkowski, Andrzej, & Bartniczak, Bartosz. (2019). On the Road to Sustainability: Implementation of the 2030 Agenda Sustainable Development Goals (SDG) in Poland. *Sustainability*, 11(2), 366.
- Reas, Roxella T., Carcoza, Desiree L., & Hernandez, Melchor John S. (2019). Application of wireless sensor network for photosynthetically active radiation monitoring in coconut-cacao intercrop model with applied internet of things. *Innovative Technology and Management Journal*, 2, 21–27.
- Saraf, Shweta B., & Gawali, Dhanashri H. (2017). IoT based smart irrigation monitoring and controlling system. *RTEICT 2017 - 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information and Communication Technology, Proceedings*.
- Shakthidhar, S., Srikrishnan, P., Santhosh, S., & Sandhya, M. K. (2019). Arduino and NodeMcu based Ingenious Household Objects Monitoring and Control Environment. *5th International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM)*, 119–124.
- Sugiono, Indriyani, Tutuk, & Ruswiansari, Maretha. (2017). Kontrol Jarak Jauh Sistem Irigasi Sawah Berbasis Internet of Things (IoT). *INTEGER: Journal of Information Technology*, 2(2).
- Suryatini, Fitria, Maimunah, & Fachri, Ilman Fauzandi. (2018). Sistem Akuisisi Data Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Internet of Things. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
- Toh, Christopher, & P. Brody, James. (2021). Applications of Machine Learning in Healthcare. In *Smart Manufacturing - When Artificial Intelligence Meets the Internet of Things*.
- Udova, Lyudmyla. (2017). World Experience of Agricultural Start-up Development: Lessons for Ukraine. *The Scientific Journal of Cahul State University*, 1(1), 11–17.
- Vaishali, S., Suraj, S., Vignesh, G., Dhivya, S., & Udhayakumar, S. (2018). Mobile integrated smart irrigation management and monitoring system using IoT. *Proceedings*

of the 2017 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2017.

Wulandari, Elsa, Al Hakim, Rosyid Ridlo, Saputri, Lilis Dwi, Syahdiar, Isna Aulia, Pangestu, Agung, & Jaenul, Arie. (2021). Mr. Rytem, An IoT-Based Smart Irrigation System Application Design for Cultivation Engineering of *Allium sativum* Garlic in Lowland Conditions. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika*, 105–112.

Zikria, Yousaf Bin, Yu, Heejung, Afzal, Muhammad Khalil, Rehmani, Mubashir Husain, & Hahm, Oliver. (2018). Internet of Things (IoT): Operating System, Applications and Protocols Design, and Validation Techniques. *Future Generation Computer Systems*, 88, 699–706.