



## Pengukuran Karakteristik Tanah Menggunakan Sensor Berbasis *Web* dengan Arduino Uno untuk Peningkatan Kualitas Sayuran

Received  
12 May 2020

Revised  
13 June 2020

Accepted for Publication  
13 June 2020

Published  
15 June 2020

H Ali<sup>1</sup>, F B Adhetya<sup>1</sup>, dan N Hidayat<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia.

\*Email: nurul.hidayat.fmipa@um.ac.id



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

### Abstract

Production of vegetable commodities in Indonesia, such as tomatoes, chilies, and carrots, to date has not been matched by serious quality control efforts. The impact is many farmers suffer losses because their crops are unable to compete with imported vegetables. In fact, Indonesia has very potential natural resources, especially in the agrarian realm. Early efforts to prevent losses to farmers, plantation land must be controlled for quality by more efficient and effective methods using Arduino Uno based wireless sensor network systems. The important of soil characteristics to be monitored are soil temperature and humidity. Furthermore, air humidity, and light intensity around the soil (vegetables) also need to be monitored to maximize the quality of vegetables. In this study, the sensor readings on the four physical quantities are processed with Arduino Uno and the readings are sent to Thingspeak in real-time. Therefore the results of the design of this measuring instrument can provide solutions to minimize vegetable farmer's losses.

**Keywords:** Web-based sensor, Arduino Uno, Thingspeak, soil characteristics.

### Abstrak

Produksi komoditas sayuran di Indonesia seperti tomat, cabai, dan wortel, saat ini belum diimbangi dengan upaya kontrol kualitas yang serius. Dampaknya, banyak petani mengalami kerugian karena hasil panennya tidak mampu bersaing dengan sayuran impor. Padahal, Indonesia memiliki kekayaan alam yang potensial khususnya dalam ranah agraria. Sebagai salah satu upaya pencegahan dini terhadap kerugian petani, lahan perkebunan harus selalu dikontrol kualitasnya dengan metode yang lebih efisien dan efektif dengan menggunakan sistem jaringan sensor nirkabel berbasis Arduino Uno. Karakteristik tanah yang penting untuk terus dipantau adalah suhu dan kelembapan tanah. Selain itu, kelembapan udara dan intensitas cahaya di sekitar tanah (sayuran) juga perlu untuk terus dipantau dalam rangka memaksimalkan kualitas sayuran. Dalam penelitian ini, hasil pembacaan sensor pada empat besaran fisis tersebut diproses dengan Arduino Uno dan pembacaannya dikirim ke *Thingspeak* secara *real time*. Dengan demikian hasil dari rancang bangun alat ukur ini mampu memberikan solusi untuk meminimalisir kerugian petani sayuran.

**Kata Kunci:** Sensor berbasis *web*, Arduino Uno, *Thingspeak*, karakteristik tanah.

## 1. Pendahuluan

Meningkatnya jumlah penduduk di negara Indonesia berdampak pada meningkatnya kebutuhan pangan penduduk, terutama bahan pangan hasil bumi [1]. Situasi ini tentunya harus diimbangi dengan ketahanan dan keamanan pangan yang baik sebagai penjamin kualitas pangan untuk dikonsumsi. Jika dibandingkan dengan kualitas produksi hasil tanaman pangan negara lain, seperti Amerika dan Jepang, kualitas pangan di Indonesia masih tergolong rendah [2]. Padahal Indonesia memiliki potensi yang unggul di bidang pertanian dibandingkan dengan negara-negara lain [3].

Rendahnya kualitas pangan di Indonesia disebabkan karena metode pengelolaan lahan yang masih cenderung konvensional, sedangkan negara-negara maju sudah memanfaatkan teknologi dengan maksimal untuk mengontrol kualitas hasil panen, seperti sistem automasi berbasis android [4], *web server* [5], dan *internet of things* [6–8]. Metode-metode tersebut dinilai lebih efisien daripada metode konvensional untuk mengontrol parameter-parameter penting dalam pertanian [9].

Beberapa penelitian di Indonesia tentang sistem monitoring otomatis masih terus dikembangkan, seperti penggunaan *Raspberry pi* [10], *Banana pi* [11], Arduino Nano [12], dan NodeMCU [13], untuk transfer data sensor menggunakan NRF24L01+ [14], SIM900A [15], *Zigbee* [16], dan *Bluetooth* [17]. Namun, biaya penggunaan *Raspberry pi* dan *Banana pi* relatif mahal dibanding Arduino Nano dan NodeMCU [18]. Sedangkan Arduino Nano dan NodeMCU tidak memiliki adaptor bawaan yang memudahkan untuk terhubung ke sumber daya sehingga membutuhkan komponen tambahan dan konfigurasi tertentu untuk mengoperasikan Arduino Nano dan NodeMCU di luar ruangan [19]. Terlepas dari *microcontroller* dan *microprocessor* yang digunakan, data yang terbaca oleh sensor harus dapat diketahui oleh pengguna baik secara daring (seperti NodeMCU) maupun non-daring (seperti SIM900A, NRF24L01+, *Bluetooth*, dan *Zigbee*). Namun, penggunaan modul-modul non-daring tersebut masih memiliki kekurangan dalam hal jarak dan transfer data secara *real time* [20]. SIM900A masih bergantung pada ongkos kirim data ke pengguna. Apabila digunakan secara *real time* dan kontinyu, ongkos kirim yang diperlukan menjadi mahal walaupun SIM900A mampu mengirim data ke tempat yang jauh [21]. Sedangkan modul yang lain, seperti NRF24L01+, *Bluetooth*, dan *Zigbee*, memiliki jarak transfer data yang relatif pendek. Penelitian sebelumnya memaparkan bahwa NRF224L01+ hanya memiliki kemampuan tranfer data maksimal pada jarak 200 m. Bahkan perangkat *transmitter* dan *receiver* pada NRF224L01+ harus diatur sudut elevasinya. Perangkat akan bekerja dengan baik apabila besar sudut yang dibentuk antara *transmitter* dan *receiver* adalah  $26,56^\circ$ . Apabila sudut yang dibentuk kurang dari  $26,56^\circ$ , data yang dikirimkan oleh *transmitter* masih dapat diterima oleh *receiver* hingga sudut  $11,31^\circ$ . Namun dengan adanya penambahan *delay* penerimaan data oleh *receiver* sehingga data yang diperoleh lebih lambat [22]. Modul *Zigbee* lebih menguntungkan dibanding NRF24L01+ dalam hal kestabilan, namun kualitas *real time*-nya masih relatif rendah [20].

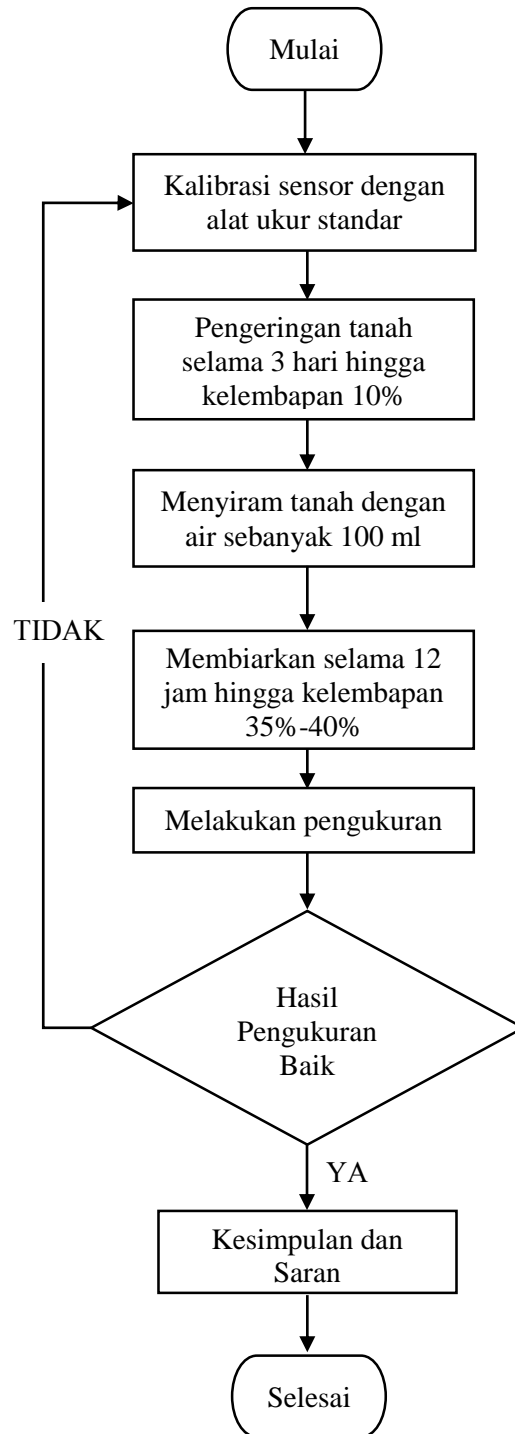
Guna mengatasi hal tersebut, artikel ini memaparkan karakteristik sistem *monitoring* tanah berbasis *web Thingspeak* yang merupakan *platform Internet of Things (IoT)* dengan Arduino Uno sebagai *microcontroller* [23]. Parameter-parameter yang dimonitor antara lain adalah kelembapan tanah, kelembapan udara, suhu, dan intensitas cahaya. Empat parameter inilah yang sangat memengaruhi kualitas tanaman pangan. Alasan ini juga diperkuat oleh penelitian sebelumnya bahwa suhu dan kelembapan udara memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap seluruh makhluk hidup [24]. Sebagai contoh, apabila kelembapan tanah terlalu tinggi maka akan terjadi peningkatan aktivitas *zoospora* yang disebabkan oleh *Phyrium sp* yang berimbas pada gangguan kesehatan tanaman [25]. Oleh karena itu, parameter-parameter tersebut harus dimonitor secara *real time* menggunakan *web Thingspeak* sehingga kegiatan *monitoring* bisa mencapai hasil optimal untuk meminimalisir kerugian yang dihadapi oleh pengelola lahan. Bahkan *monitoring* dengan metode ini mampu menunjukkan hasil yang lebih akurat daripada metode konvensional.

## 2. Metode Penelitian

Secara umum, sistem ini terdiri dari perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi sensor-sensor yang digunakan dan *microcontroller*. Sedangkan perangkat lunak meliputi perancangan *Thingspeak* sebagai penampil data sensor dan perancangan program *software* Arduino IDE yang akan diimplankan dalam Arduino. Modul-modul yang digunakan adalah sensor DHT11 untuk memonitor suhu dan kelembapan udara, sensor YL69 untuk memonitor kelembapan tanah, LDR untuk memonitor intensitas cahaya, dan *WiFi ESP8266* untuk mengirim data sensor ke *Thingspeak*.

Sebelum dilakukan pengambilan data, semua sensor dikalibrasi dengan alat ukur standar dengan konversi rentang nilai analog sensor terhadap rentang nilai alat ukur standar hingga setiap sensor memiliki nilai faktor konversi tertentu. Hal ini dimaksudkan agar data yang terbaca oleh sensor sesuai dengan data yang terbaca oleh alat ukur. Selanjutnya adalah pengambilan data yang dilakukan di dalam ruangan pada malam hari. Pemilihan waktu malam hari dikarenakan intensitas cahaya yang relatif stabil dibandingkan pada siang hari [26]. Penulis menggunakan media 5 pot dengan volume dan tanah yang sama dan dibiarkan selama 3 hari hingga alat ukur kelembapan tanah menunjukkan angka 10%. Kemudian tanah disiram dengan air sebanyak 100 ml dan dibiarkan selama 12 jam hingga kelembapan

tanah menunjukkan angka 35% – 40%, lalu dilakukan pengukuran. Langkah-langkah ini disajikan dalam bentuk diagram alir pada Gambar 1. Selama pengukuran, sampel diletakkan dalam kotak dengan penerangan yang cukup sehingga intensitas cahaya dapat dipertahankan tetap. Sedangkan variabel yang divariasikan adalah volume penyiraman air yakni sebanyak 100 ml, 75 ml, 50 ml, 25 ml, dan 0 ml sehingga tampak perbedaan nilai kelembapan tanah setiap pot. Masing-masing pot diukur selama 75 menit dan diambil data parameter suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya.



**Gambar 1.** Diagram alir pengambilan data

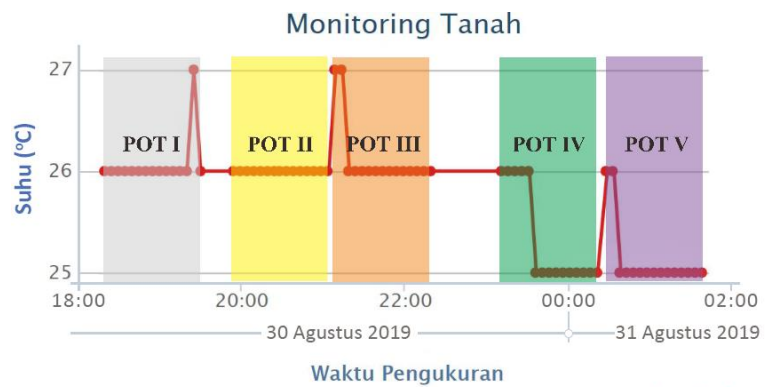
### 3. Hasil dan Pembahasan

Data yang didapatkan dari *serial monitor* dan *Thingspeak* diolah menggunakan *software Microsoft Office Excel* dan membandingkan data tersebut dengan alat ukur standar. Hasil monitoring menunjukkan adanya nilai suhu ruangan yang fluktuatif bekisar antara 25 °C hingga 27 °C seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Begitu juga dengan kelembapan udara dengan nilai bekisar antara 72% hingga 77% seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3.

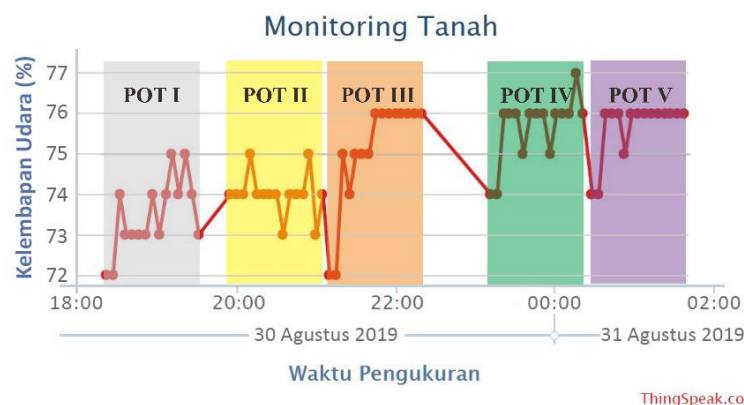
Dua variabel tersebut sangat sulit untuk dipertahankan konstan karena pengambilan data dilakukan di dalam ruangan biasa tanpa perangkat khusus untuk menjaga stabilitas suhu ruang. Walaupun demikian, nilai dua variabel tersebut masih dapat ditoleransi karena nilainya tidak lebih dari 10% dari nilai yang dikehendaki. Faktor lain yang menyebabkan nilai keduanya bersifat fluktuatif adalah ketelitian sensor DHT11 yaitu 1 °C, sehingga tidak mampu membaca nilai desimal. Nilai suhu yang seharusnya lebih kecil atau lebih besar dari suhu sebenarnya, sensor akan membaca nilai pembulatan secara otomatis sesuai tingkat ketelitian sensor.

Nilai sensor DHT11 yang fluktuatif juga terjadi pada sensor LDR. *Thingspeak* mencatat nilai intensitas cahaya bekisar antara 190 Lux hingga 218 Lux seperti yang disajikan oleh Gambar 4. Sedangkan alat ukur intensitas cahaya menunjukkan nilai tetap 200 Lux. Selanjutnya, penulis mengambil nilai tengah dari rentangan nilai terukur sensor LDR untuk menghitung nilai *error* dan diperoleh nilai 204 Lux. Nilai ini memiliki selisih sekitar 2% dari pembacaan alat ukur standar. Alat ukur standar yang digunakan memiliki ketelitian 100 Lux sehingga alat ukur tersebut tidak mampu membaca nilai hingga satu satuan Lux.

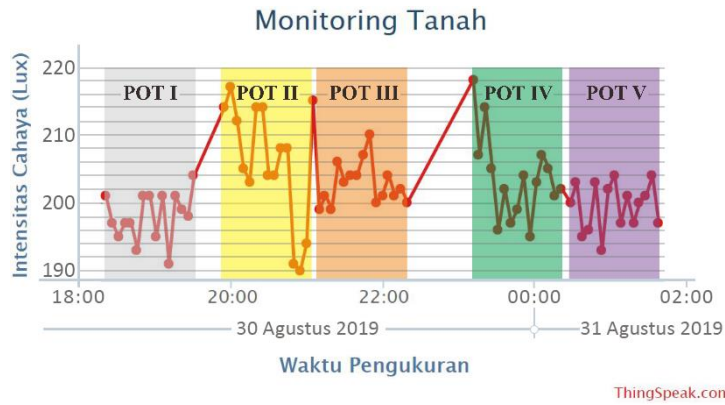
Nilai kelembapan tanah yang terukur oleh sensor YL69 yang disajikan dalam Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai kelembapan tanah selalu menurun karena pengukuran dimulai dari variasi 100 ml hingga 0 ml. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin sedikit jumlah volume penyiraman, maka pulsa analog yang terbaca oleh sensor YL69 akan semakin besar sehingga nilai hasil konversi sensor terhadap alat ukur menjadi semakin kecil. Hal tersebut juga diperkuat oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar air dalam tanah, maka pulsa analog yang terbaca oleh sensor akan semakin kecil sesuai dengan prinsip kerja sensor yaitu resistansi sensor menurun saat kadar air dalam tanah tinggi sehingga pulsa analog yang dihasilkan kecil [27].



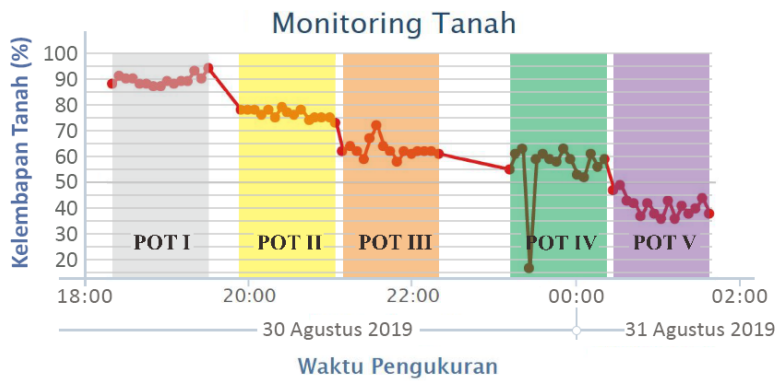
Gambar 2. Tampilan data *monitoring* suhu selama pengukuran pada *Thingspeak*.



Gambar 3. Tampilan data *monitoring* kelembapan udara selama pengukuran pada *Thingspeak*.



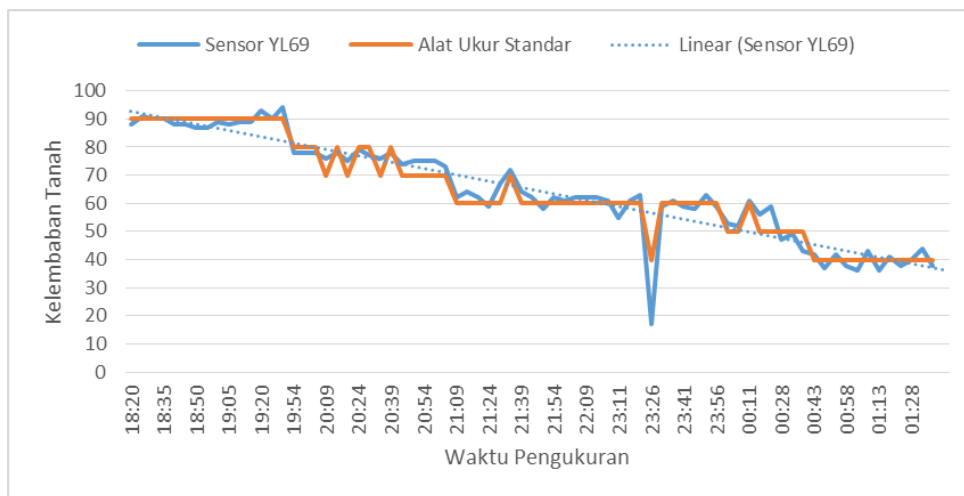
Gambar 4. Tampilan data *monitoring* intensitas cahaya selama pengukuran pada *Thingspeak*.



Gambar 5. Tampilan data *monitoring* kelembapan tanah selama pengukuran pada *Thingspeak*.

Nilai kelembapan tanah yang terbaca oleh sensor selanjutnya dibandingkan dengan nilai kelembapan tanah yang terbaca oleh alat ukur standar. Hasil menunjukkan bahwa sensor sudah bekerja sesuai dengan alat ukur standar dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Alat ukur standar yang digunakan memiliki ketelitian mencapai 10% sedangkan sensor YL69 mampu membaca kadar air hingga 1%. Hasil ini juga relevan dengan penelitian sebelumnya bahwa sensor YL69 memiliki nilai *error* tidak lebih dari 5% terhadap alat ukur standar [28].

Perbandingan hasil ukur sensor YL69 dengan alat ukur standar ditampilkan pada Gambar 6 dan ditampilkan secara lebih rinci pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa rata-rata selisih hasil pengukuran sensor YL69 dengan alat ukur standar menunjukkan nilai sekitar 2,88%. Nilai ini masih di bawah nilai *error* yang dapat ditoleransi yaitu 5% [28].



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai hasil pembacaan sensor YL69 dengan alat ukur standar

**Tabel 1.** Rata-rata selisih hasil ukur dari alat ukur kelembapan tanah standar dengan sensor YL69

Volume Air (ml)	Rata-Rata Hasil Ukur dari Alat Ukur Kelembapan Tanah Standar (A) dengan Sensor YL69 (B) dalam % pada menit ke-															Rata-Rata Selisih Hasil Ukur dari Alat Ukur Kelembapan Tanah Standar dengan Sensor YL69 (%)
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
100	2	1	0	0	2	2	3	3	1	2	1	1	3	0	4	1,67
75	2	2	2	6	2	5	1	3	6	2	4	5	5	5	3	3,53
50	2	4	2	1	7	2	4	2	2	2	1	2	2	2	1	2,40
25	5	1	3	23	1	1	1	2	3	1	3	2	1	6	9	4,13
0	3	1	7	2	3	2	2	4	3	4	1	2	0	4	2	2,67
	Rata-Rata Selisih															2,88

#### 4. Kesimpulan

Pengukuran karakteristik tanah menggunakan sensor berbasis *web* dengan Arduino Uno untuk peningkatan kualitas sayuran ini telah sesuai dengan alat ukur standar dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibanding alat ukur standar. Hasil monitoring menunjukkan adanya nilai suhu ruangan yang fluktuatif berkisar antara 25 °C hingga 27 °C. Nilai kelembapan udara berkisar antara 72% hingga 77%. Nilai intensitas cahaya berkisar antara 190 Lux hingga 218 Lux, yang selanjutnya diambil nilai tengahnya yaitu 204 Lux. Nilai ini memiliki selisih sekitar 2% dari pembacaan alat ukur standar. Nilai kelembapan tanah yang terukur oleh sensor YL69 menunjukkan bahwa nilai kelembapan tanah selalu menurun karena pengukuran dimulai dari variasi 100 ml hingga 0 ml. Rata-rata selisih hasil pengukuran sensor YL69 dengan alat ukur standar menunjukkan nilai sekitar 2,88%. Sistem yang diajukan pada artikel ini juga memiliki keunggulan berupa fleksibilitas, sederhana, keandalan, biaya rendah, penggunaan yang mudah, serta lebih efisien dibandingkan dengan metode konvensional.

#### Daftar Rujukan

- [1] Y. A. Adnantha and W. A. Kusuma, "Implementasi Wireless Sensor Network untuk Otomatisasi Suhu Ruang dan Kelembapan Tanah pada Greenhouse Berbasis Web Server," *J. Online Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 14–21, 2018.
- [2] B. Haryanto, N. Ismail, and E. J. Pristiano, "Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Secara Nirkabel pada Budidaya Tanaman Hidroponik," *J. Online Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 47–54, 2018.
- [3] A. Budiardi, "Wireless Sensor Network (WSN) untuk Monitoring Tanaman dan Otomatisasi Smart Greenhouse," Diploma Thesis, Department of Computer Engineering/Computer Systems, Faculty of Engineering and Computer Science, Universitas Komputer Indonesia, 2017.
- [4] G. S. Wedpathak, "Agriculture System Using Android Device - A Review Paper," *World J. Tech., Eng. and Research*, vol. 2, no. 1, pp. 227–231, 2017.
- [5] I. W. Mustika *et al.*, "Perancangan Sistem Komunikasi dengan SMS Tersandi dan Pelacakan Posisi Berbasis Web untuk Mendukung Sistem Monitor Laju Paparan Radiasi pada Transportasi Zat Radioaktif," in *The 5<sup>th</sup> Annual Engineering Seminar*, pp. 25–30, 2013.
- [6] H. M. Jawad *et al.*, "Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 8, p. 1781, 2017.
- [7] A. Husdi and R. K. Haba, "Penggunaan IoT (Internet of Things) Untuk Mengatur Kelembapan Tanah pada Tanaman Holtikultura Menggunakan Arduino Uno Menuju Smart Farm," *J. Multek*, vol. 3, pp. 567–573, 2018.
- [8] P. P. Jayaraman, D. Georgakopoulos, and A. Morshed, "Internet of Things Platform for Smart Farming: Experiences and Lessons Learnt," *Sensors (Basel)*, vol. 16, no. 11, p. 1884, 2016.
- [9] D. Nuswantara, "Desain Sistem Monitoring Pengontrolan Suhu, Kelembapan dan Sirkulasi Air Otomatis pada Tanaman Anggrek Hidroponik Berbasis Arduino Uno," Undergraduate Thesis, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Jember, 2017.

- [10] R. Erfan *et al.*, “Sistem Automasi Perkebunan dan Pemantauan Cuaca Menggunakan AWS Berbasis Raspberry Pi,” *J. Tekno. Inf. dan Ilmu Komp. (JTIK)*, vol. 5, no. 6, pp. 711–716, 2018.
- [11] A. Wijaya and M. Rivai, “Monitoring dan Kontrol Sistem Irigasi Berbasis IoT Menggunakan Banana Pi,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. A288–A292, 2018.
- [12] R. A. Najikh, M. H. H. Ichsan, and W. Kurniawan, “Monitoring Kelembapan, Suhu, Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan ESP8266 dan Arduino Nano,” *J. Pengembangan Tekno. Info. dan Ilmu Komp.*, vol. 2, no. 11, pp. 4607–4612, 2018.
- [13] S. Siregar and M. Rivai, “Monitoring dan Kontrol Sistem Penyemprotan Air untuk Budidaya Aeroponik Menggunakan NodeMCU ESP8266,” *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. A380–A385, 2018.
- [14] M. S. Dzulkifli and M. Rivai, “Rancang Bangun Sistem Irigasi Tanaman Otomatis Menggunakan Wireless Sensor Network,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 261–266, 2016.
- [15] W. Sintia, D. Hamdani, and E. Risdianto, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembapan Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900A dan Arduino Uno,” *J. Kumparan Fis.*, vol. 1, pp. 60–65, 2018.
- [16] A. S. Putra, H. Sukri, and K. Zuhri, “Sistem Monitoring Realtime Jaringan Irigasi Desa (JIDES) dengan Konsep Jaringan Sensor Nirkabel,” *Indo. J. Electro. Inst. Syst. (IJEIS)*, vol. 8, no. 2, pp. 221–232, 2018.
- [17] Z. R. Saputra, “Perancangan Monitoring Suhu Ruangan Menggunakan Arduino Berbasis Android di PT. Tunggal Idaman Abdi Cabang Palembang,” *J. Tekno. Info. MURA*, vol. 8, no. 2, pp. 29–37, 2016.
- [18] G. Lencse and S. Répás, “Benchmarking Further Single Board Computers for Building a Mini Supercomputer for Simulation of Telecommunication Systems,” *J. Adv. in Telecom., Electrotech., Signals, and Sys.*, vol. 5, no. 1, pp. 29–36, 2016.
- [19] R. P. W. Putra, M. Mukhsim, and F. Rofii, “Automatic Transfer Switch (ATS) Module Monitoring and Control System Through Android Based on Arduino,” *J. Telekom., Elektronika, Komputasi, dan Kontrol (TELKA)*, vol. 5, no. 1, pp. 43–54, 2019.
- [20] B. Fajriansyah, M. Ichwan, and R. Susana, “Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01 + sebagai Transceiver Nirkabel,” *J. Tek. Energi Elektrik, Tek. Telekom., & Tek. Elektronika (ELKOMIKA)*, vol. 4, no. 1, pp. 83–97, 2016.
- [21] J. P. Sipani, R. H. Patel, T. Upadhyaya, and A. Desai, “Wireless Sensor Network for Monitoring & Control of Environmental Factors using Arduino,” *Int. J. Interactive Mob. Techno. (iJIM)*, vol. 12, no. 2, pp. 15–26, 2018.
- [22] P. Asriya and M. Yusfi, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Menggunakan Wireless Sensor Berbasis Arduino Uno,” *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 4, pp. 327–333, 2016.
- [23] Y. Setiawan, H. Tanudjaja, and S. Octaviani, “Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik,” *J. Tek. Elektro (TESLA)*, vol. 20, no. 2, pp. 175–182, 2019.
- [24] I. A. Abdulrazzak, H. Bierk, and L. A. Aday, “Humidity and Temperature Monitoring,” *Int. J. Eng. & Techno.*, vol. 7, no. 4, pp. 5174–5177, 2018.
- [25] A. B. Setyawan, M. Hannats, and G. E. Setyawan, “Sistem Monitoring Kelembapan Tanah, Kelembapan Udara, dan Suhu Pada Lahan Pertanian Menggunakan Protokol MQTT,” *J. Pengembangan Tekno. Info. & Ilmu Komp. (JPTIHK)*, vol. 2, no. 12, pp. 7502–7508, 2018.
- [26] N. Wijayanto, “Intensitas Cahaya, Suhu, Kelembapan dan Perakaran Lateral Mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) di RPH Babakan Madang, BKPH Bogor, KPH Bogor,” *J. Trop. Silviculture*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2012.
- [27] D. T. Andariesta *et al.*, “Sistem Irigasi Sederhana Menggunakan Sensor Kelembapan untuk Otomatisasi dan Optimalisasi Pengairan Lahan,” *Proc. in Seminar Kontribusi Fisika (SFK)*, pp. 89–93, 2015.
- [28] D. E. D. G. Pollo, “Automatic Watering Device for Tomato Using Soil Moisture Sensor,” *Proc. in The First International Conference And Exhibition On Sciences And Technology (ICEST) 2018*, p. 152, 2018.