

Sistem Monitoring *Real-Time* pada Pertanian Urban Mandiri Energi Terintegrasi *Internet of Things* (IoT)

Yusril Al Fath¹, Reza Akbar Pahlevi¹, Ahmad Muhaimin Abdillah¹, Moh. Hafidhuddin Karim¹, Markus Diantoro¹, Nasikhudin^{1*}, Aripriharta²

¹ Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Malang, Indonesia

² Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik, University Negeri Malang, Malang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 16 Oktober 2024
Direvisi: 20 November 2024
Diterima: 9 Januari 2025

Kata kunci:

Energi
IoT
Monitoring
Urban farming

Keywords:

Energy
IoT
Monitoring
Urban farming

Penulis Korespondensi:

Nasikhudin
Email: : nasikhudin.fmipa@um.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya penggusuran lahan pertanian memiliki dampak pada produksi komoditas pertanian saat ini. Sistem pertanian vertikal/hidroponik pada daerah urban yang terintegrasi dengan *Photovoltaic* (PV) adalah solusi alternatif untuk dua krisis, yaitu keterbatasan lahan dan konsep energi hijau. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat alat monitoring parameter lingkungan pada sistem pertanian urban mandiri energi yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT). Penelitian ini dimulai dengan (i) mendesain papan komponen elektronika dan interface dari sistem *Human Machine Interface* (HMI), (ii) merakit dan menginstalasi perangkat pada hidroponik, (iii) proses kalibrasi serta pengujian perangkat, dan (iv) proses integrasi dengan IoT. Prototipe smart urban farming controller berhasil dipasang dan diterapkan ke sistem hidroponik dengan 5 menu interaktif HMI. Perangkat monitoring dapat berjalan dalam dua mode: manual atau otomatis. Parameter yang dapat dipantau adalah pH air, TDS air, ketinggian air pada tangki, suhu, dan kelembaban. Data-data yang terinput pada perangkat juga dapat dimonitoring melalui platform grafana. Keakuratan pembacaan sensor pada perangkat mencapai lebih dari 98%.

Increased evictions of agricultural land have an impact on current agricultural commodity production. Vertical farming/hydroponic systems in urban areas integrated with Photovoltaic (PV) are an alternative solution to two crises, i.e. land constraints and the concept of green energy. The research carried out aims to create a tool for monitoring environmental parameters in an Urban Farming Energy-Independent system that is integrated with the Internet of Things (IoT). The research began with (i) designing the electronic component board and interface of the Human Machine Interface (HMI) system, (ii) assembling and installing devices on hydroponics, (iii) calibration processes as well as device testing, and (iv) integration process with IoT. The monitoring device can run in two modes: manual or automatic. Parameters that can be monitored are water pH, water TDS, water height in the tank, temperature, and humidity. The data entered on the device can also be monitored through the grafana platform. The accuracy of sensor readings on the device reaches over 98%.

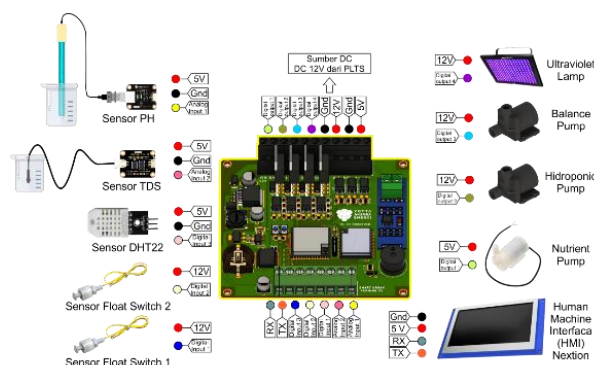
Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian dan ketahanan pangan nasional saat ini mengalami masalah cukup serius dikarenakan populasi manusia yang terus meningkat, sehingga banyak lahan pertanian mengalami transformasi fungsi menjadi pemukiman penduduk dan juga pabrik industri (Fauzi et al., 2016; Oh & Lu, 2023). Sistem pertanian vertikal berbasis hidroponik dapat menjadi opsi untuk menyelesaikan permasalahan lahan, khususnya di daerah urban. Sistem seperti ini dapat memproduksi kuantitas hasil pertanian yang sama atau bahkan lebih dibanding dengan sistem pertanian konvensional karena proses pertumbuhan yang terus berlangsung selama 24 jam (Setiawan et al., 2022; Waluyo et al., 2021). Sistem hidroponik juga dapat diintegrasikan dengan *Photovoltaic* (PV) untuk mendukung implementasi konsep pertanian mandiri energi (Karim et al., 2023; Lee et al., 2023). Di sisi lain, dari berbagai faktor gagalnya pertumbuhan tanaman, 80% sebabnya dipengaruhi oleh teknik atau cara penyiraman tanaman serta pemberian nutrisi yang tidak terkontrol (Irsyam, 2019; Ko et al., 2023). Hal ini menyebabkan air dan nutrisi yang diserap tanaman menjadi tidak seimbang. Pada akhirnya sistem pertanian urban tidak dapat berjalan sesuai yang diinginkan tanpa adanya perangkat monitoring dan otomatisasi secara *real-time*. Sistem yang ada masih memiliki celah besar dalam hal monitoring nutrisi dan ruang pertumbuhan tanaman seperti pH, air, suhu, kelembaban, dll. Penggunaan *Internet of Things* (IoT) juga menjadi salah satu solusi dalam menghadapi permasalahan yang terjadi pada penerapan teknologi yang berkaitan dengan budidaya tanaman dimana penggunaan teknologi ini dapat mempermudah proses monitoring jarak jauh (Amaducci et al., 2018; Fajri et al., 2022). Beberapa penelitian terkait monitoring hidroponik telah banyak dilakukan khususnya untuk monitoring parameter terkait pH air, suhu, nutrisi menggunakan modul nodeMCU ESP32 dan ESP8226 (Doni & Rahman, 2020; Fathurrahman et al., 2021; Hidayat & Amrullah, 2022; Hidayatullah et al., 2023). Sistem monitoring pada penelitian tersebut dilakukan secara online melalui platform *Blynk*, *Thingsboard* dan *whatsapp*. Namun penelitian sebelumnya perlu disempurnakan khususnya pada pembuatan perangkat monitoring fisik yang memudahkan komunikasi antara sistem dengan penggunanya. Di sisi lain, sistem hidroponik yang ada sekarang masih menggunakan sumber listrik eksternal sehingga diperlukan integrasi dengan energi terbarukan, seperti sel surya untuk mendukung program energi hijau (Pamuji et al., 2022; Samsurizal et al., 2021). Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan, konsep pertanian urban mandiri energi merupakan salah satu solusi untuk menjaga produktivitas komoditi pertanian ditengah masalah keterbatasan lahan. Namun, belum banyak dibuat perangkat fisik monitoring terintegrasi sel surya yang mampu mengontrol kondisi lingkungan, air, dan nutrisi yang masuk ke dalam tanaman secara *real-time* tanpa perlu sumber listrik dari luar. Oleh sebab itu, penelitian terapan ini akan melakukan pembuatan dan optimasi perangkat kontrol pada sistem *agrivoltaic urban farming*. Parameter yang akan dikontrol antara lain, pH air, TDS (*Total Dissolved Solid*) air, kelembaban, suhu, ketinggian air, serta otomatisasi pada pengaktifan pompa dan LED.

II. METODE

Dalam proses pembuatan perangkat monitoring lingkungan pertanian urban, terdapat beberapa tahap yang dilakukan: (i) mendesain papan komponen elektronika dan interface dari sistem HMI, (ii) perakitan dan instalasi perangkat pada hidroponik, (iii) proses kalibrasi serta pengujian perangkat, dan (iv) proses integrasi dengan IoT. Desain papan komponen elektronika yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema perangkat keras monitoring pertanian urban

Perangkat monitoring urban farming terdiri lima menu utama, yaitu “Home“, “Hint“, “Setting“, “Controlling“, dan “Monitoring“. Untuk menu “Home” berisi uraian singkat deskripsi produk dan spesifikasi komponen yang digunakan. Mulai dari sensor hingga input maupun output yang ada pada alat. Selain itu, terdapat juga beberapa pengaplikasian pada alat dan juga keuntungannya, seperti time and cost saving serta monitoring otomatis. Di sisi lain, menu “Hint” berisi petunjuk singkat tiap menu termasuk bagaimana cara melakukan pemantauan, dan mengatur sistem otomatis/manual secara ringkas dan dengan bahasa yang mudah dipahami. Menu ini dibuat agar pengguna tidak kebingungan terkait pengoperasian alat dan bagaimana proses monitoring yang dijalankan. Menu “Setting” berisi mode yang digunakan pada perangkat, ada 2 pilihan otomatis dan manual. Ketika mode otomatis aktif, maka penjadwalan penyalan lampu LED dan pompa utama hidroponik dapat diatur waktunya sesuai kebutuhan. Lampu LED yang digunakan memiliki rentang panjang gelombang 460 – 470 nm (spektrum biru), yang cocok untuk memicu pertumbuhan vegetatif pada tanaman hijau seperti selada, bayam, pakcoy, dan lainnya pada malam hari. Sistem hidroponik yang dirancang memiliki 3 jenis pompa, hidroponik (H), balance (B), dan nutrisi (N). Pompa hidroponik (H) merupakan pompa yang ada pada tangki utama yang berfungsi untuk mengalirkan air dan nutrisi ke seluruh tanaman. Pompa balance (B) berada pada tangki yang hanya berisi air bersih. Di sisi lain, pompa nutrisi (N) berisi nutrisi tanaman yang dapat dipompa menuju tangki utama hidroponik. Pada saat mode otomatis diaktifkan juga terdapat beberapa program otomatisasi. Pertama, ketika pH pada air melewati rentang batas nilai yang ditetapkan maka pompa balance (B) dan pompa nutrisi (N) secara otomatis akan menyalurkan air dan nutrisi pada tangki terpisah menuju tangki utama untuk menyetabilkan pH nya (Mufida et al., 2020). Kedua, apabila TDS melebihi nilai yang ditetapkan maka secara otomatis pompa balance (B) akan menyalurkan air pada tangki terpisah menuju tangki utama untuk sehingga nilai TDS kembali stabil sesuai nilai yang ditetapkan (Istiqomah et al., 2020). Sistem ini sangat memudahkan dalam pengaplikasiannya apabila pengguna memiliki mobilitas tinggi dan memiliki komoditi tanaman yang mudah ditumbuhkan. Sedangkan apabila mode manual yang aktif, maka pengguna bisa berpindah ke menu “Controlling” untuk mengatur proses penyalan lampu, dan pompa pada sistem. Mode manual juga sesuai untuk komoditi tanaman tertentu yang proses pertumbuhannya membutuhkan kondisi khusus. Tampilan antarmuka HMI pada tiap menu diperlihatkan pada Gambar 2.

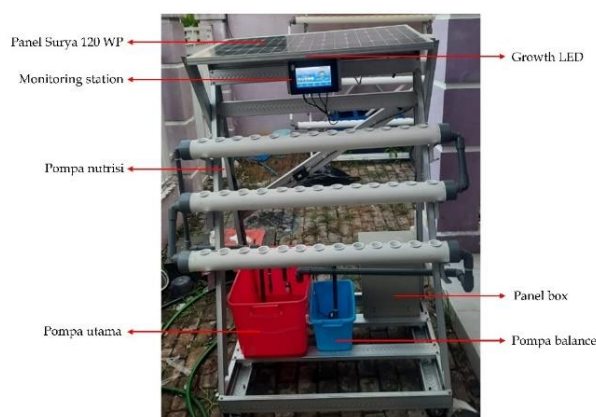


Gambar 2 Interface “Home”, “Hints”, “Setting”, “Controlling”, dan “Monitoring”

Menu yang terakhir yaitu “Monitoring”, yang berisi parameter-parameter kondisi *real-time* pada lingkungan hidroponik dengan tampilan yang sederhana dan mudah dipahami. Parameter yang ditampilkan adalah posisi ketinggian air, pH, temperatur, kelembaban, serta kondisi lampu dan pompa apakah dalam keadaan nyala/mati. Informasi terkait parameter ini juga diintegrasikan pada platform grafana, sehingga dapat dilakukan monitoring *real-time* dari jarak jauh. Setelah proses pembuatan program dan interface pada HMI telah selesai, selanjutnya adalah proses kalibrasi sensor serta *packaging* produk serta penginstalasian perangkat pada sistem hidroponik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Proses kalibrasi sensor dilakukan dengan membandingkan nilai bacaan yang tercatat dengan nilai referensi dari kalibrator.

Perangkat monitoring dirakit dan dihubungkan dengan berbagai sensor pada set hidroponik. Selain itu, perangkat monitoring juga tidak perlu sumber listrik eksternal karena telah dihubungkan

dengan panel surya 120 WP dan panel box yang berisi baterai LiFePO₄ dan MPPT (Karim et al., 2023). Rekapitulasi terkait total daya yang diperlukan pada sistem hidroponik adalah 75 Watt, dengan rincian alat monitoring 18 W, pompa hidroponik (H) 22 W, pompa balance 22 W, pompa nutrisi 5 W, dan LED 8 W. Semua nilai parameter yang diambil dari sensor dapat dimonitoring secara *realtime* melalui platform grafana. Grafana merupakan salah satu platform *opensource* yang dikembangkan oleh grafana labs untuk memvisualisasikan data monitoring dalam bentuk grafik dan chart secara realtime (Darmawan, 2023; Ramadoni et al., 2021; Yudhy Kusuma & Oktiawati, 2022). Grafana mempunyai dukungan untuk menggunakan berbagai macam tipe datasource data seperti Prometheus, Elasticsearch, OpenTSDB and InfluxDB. Karena fleksibilitas pengaplikasiannya, grafana dapat diterapkan pada berbagai aplikasi seperti monitoring energi listrik, curah hujan, suhu, kelembaban, dan lain-lain (Anam et al., 2024; Arifianto & Prasetyani, 2022; Widagdo et al., 2019).



Gambar 3 Set hidroponik dengan perangkat monitoring

III. HASIL DAN DISKUSI

Setelah melalui rangkaian tahap perancangan program, komponen sensor pada perangkat monitoring *urban farming* kemudian dikalibrasi agar sesuai dengan kondisi sebenarnya. Terdapat beberapa proses pengujian perangkat, yaitu pengujian mode manual, pengujian mode otomatis, pengujian sensor pH, dan sensor TDS. Pengujian mode manual aktuator dilakukan untuk mengetahui respon aktuator melalui menu controlling pada HMI untuk 3 pompa, hidroponik (H), *balance* (B), dan nutrisi (N). Pengujian mode manual dilakukan berdasarkan hasil tekan tombol *on* dan *off* pada HMI dengan pengecekan respon pada kondisi aktual aktuator serta pada *dashboard*. Apabila respon aktuator dan hasil monitoring pada *dashboard* sama dengan data menu “*Controlling*” HMI, maka status respon control manual dapat dikatakan berhasil seperti yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Aktuator Secara Manual Melalui HMI

No	Kondisi pompa di HMI			Kondisi Pompa Sebenarnya			Dashboard			Status
	H	B	N	H	B	N	H	B	N	
1	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	Berhasil
2	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	Berhasil
3	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON	Berhasil
4	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	Berhasil
5	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	Berhasil

Pengujian mode otomatis pompa hidroponik dan lampu UV juga dilakukan untuk mengetahui kesesuaian respon *output* hidroponik terhadap *input* pada HMI. Proses pengujian dilakukan dengan cara memberikan input waktu *on* dan *off* dengan variasi waktu 0,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, dan 13,5 jam dengan total 5 data pengujian. Hasil pengujian mode otomatis ditunjukkan pada Tabel 2. Dari hasil pengujian Tabel 2, diketahui bahwa keseluruhan pengujian dengan beberapa variasi waktu memiliki hasil 100% sukses dengan ketepatan sesuai waktu pengaktifan yang telah dijadwalkan pada HMI.

Pengambilan data pengujian PH meter dilakukan dengan menggunakan 3 jenis kalibrator berupa PH *Buffer* asam (pH 4,01), netral (pH 6,86), dan basa (pH 9,18) dengan 5 kali pengulangan. Hasil nilai yang terukur pada sensor akan dibandingkan dengan nilai PH *Buffer* dan dihitung nilai galatnya.

Berdasarkan pengujian pada Tabel 3, diketahui nilai rata-rata galat sensor PH Meter diketahui sebesar 0,62%. Sehingga dari data pengujian ini diketahui akurasi nilai sensor PH meter adalah 99,38%. Keakuratan pembacaan nilai pH pada perangkat sudah sesuai dengan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan akurasi >94% (Alam & Nasuha, 2020; Pamungkas et al., 2021).

Tabel 2 Hasil Pengujian Mode Otomatis

No	Status	Pengaktifan LED dan pompa secara otomatis		Status
		Set melalui HMI (WIB)	Aktual (WIB)	
1	ON	12.30	12.30	Berhasil
	OFF	13.00	13.00	
2	ON	14.00	14.00	Berhasil
	OFF	16.00	16.00	
3	ON	18.00	18.00	Berhasil
	OFF	21.00	21.00	
4	ON	21.30	21.30	Berhasil
	OFF	23.59	23.59	
5	ON	00.30	00.30	Berhasil
	OFF	14.00	14.00	

Tabel 3 Hasil pengujian sensor pH

Kalibrator	pH	pH pada HMI	galat (%)
Buffer 1	4,01	4,05	0,998
		4,03	0,496
		4,09	1,956
		4,10	2,195
		4,02	0,249
Buffer 2	6,86	6,89	0,435
		6,86	0,000
		6,89	0,435
		6,90	0,580
		6,89	0,435
Buffer 3	9,18	9,18	0,000
		9,25	0,757
		9,20	0,217
		9,20	0,217
		9,21	0,326
Rata-rata galat (%)			0,620

Setelah melakukan pengujian sensor PH meter, pengujian terakhir adalah pengujian terhadap akurasi dari sensor TDS Meter. Pengambilan data pengujian TDS meter dilakukan dengan menggunakan 3 jenis kalibrator, yakni cairan dengan nilai TDS 500 PPM, 1000 PPM, dan 1382 PPM dengan pengulangan sebanyak 5 kali. Data terkait pengujian sensor pH ditunjukkan pada Tabel 4. Berdasarkan tabel 4, diketahui nilai galat pembacaan pada sensor TDS adalah sebesar 0,254 %. Sehingga akurasi nilai sensor dalam pembacaan TDS meter yakni 99,746 %. Dari beberapa penelitian yang dilaporkan, nilai tersebut sudah tergolong sangat baik untuk implementasi hidroponik karena nilai galatnya tidak lebih dari 8%(Alam & Nasuha, 2020; Gregoryan, 2019).

Setelah proses kalibrasi sensor dinilai sudah cukup memadai, selanjutnya yaitu proses instalasi dan pengujian alat monitoring pada hidroponik. Sebagai tambahan, untuk mengetahui kinerja sistem perangkat monitoring pada malam hari, lampu *growth* LED dinyalakan seperti yang ditunjukkan Gambar 4. Pengaplikasian dari *growth* LED ini berpotensi untuk meningkatkan efektivitas pertumbuhan

tanaman seperti tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, dan diameter batang dari tanaman hidroponik (Hutapea et al., 2023; Zakiyah et al., 2023).

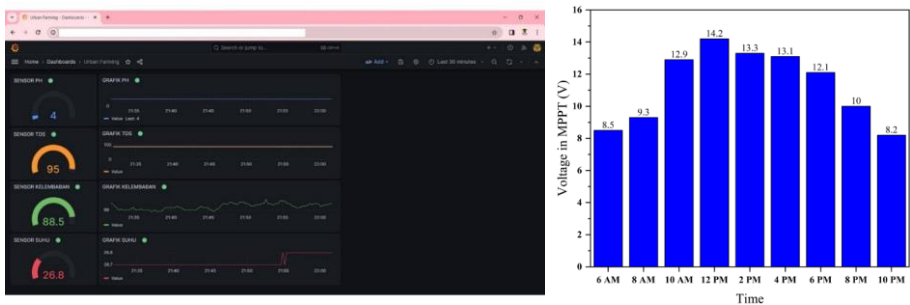
Tabel 4 Hasil Pengujian Sensor TDS.

Calibrator	TDS (ppm)	TDS in HMI	galat (%)
TDS 500 PPM	500	503,50	0,700
		505,30	1,049
		498,80	0,241
		502,20	0,438
		501,90	0,379
TDS 1000 PPM	1000	998,00	0,200
		999,45	0,055
		998,20	0,180
		1000,90	0,090
		1000,35	0,035
TDS 1382 PPM	1382	1383,3	0,094
		1385,15	0,227
		1381,00	0,072
		1382,10	0,007
		1382,5	0,036
Rata-rata galat (%)			0,254



Gambar 4 Kondisi real-time perangkat monitoring pada malam hari.

Data-data dari perangkat monitoring pada hidroponik terkait parameter pH, TDS (ppm), kelembaban (%) dan suhu (°C) dapat diamati melalui platform grafana (via situs web) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 (kondisi belum dilakukan penanaman tumbuhan). Data tersebut dapat diakses kapanpun, dimanapun, dan dapat dikumpulkan dalam bentuk “*.csv*” untuk dianalisis pada rentang waktu tertentu. Penggunaan IoT ini tentu saja sangat memudahkan penggunaanya apabila tidak sempat melakukan pengecekan secara langsung.



Gambar 5. Tangkapan layar monitoring data melalui platform grafana (kiri) dan Data monitoring sistem tenaga surya 06.00 – 22.00 WIB (kanan)

Untuk memastikan sistem berjalan dengan baik, dilakukan pemantauan sistem berdasarkan nilai voltase yang tercatat pada MPPT tiap 2 jam dari pukul 06.00 – 22.00 WIB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Pada saat sistem dinyalakan, voltase yang tercatat sebesar 8.5 V. Nilai tersebut kemudian bertambah seiring dengan frekuensi penyinaran matahari yang semakin tinggi. Voltase optimum didapatkan sebesar 14.2 V pada saat tengah hari (pukul 12.00). Setelah itu nilai voltase mulai menurun secara perlahan sampai pukul 18.00. Pada saat kondisi tidak ada sinar matahari sama sekali (pukul 18.00), sisa daya yang dihasilkan sistem masih mampu bertahan selama 4 jam sampai sistem mati total (pukul 22.00). Dari pemaparan data yang telah dijelaskan, sistem pertanian urban mandiri energi mampu berjalan optimal dan efektif selama 16 jam dalam 1 hari.

IV. KESIMPULAN

Perangkat monitoring terkait parameter lingkungan pertanian urban berhasil dirakit untuk mengetahui nilai pH air, TDS air, ketinggian air dalam tangki, serta suhu dan kelembaban lingkungan hidroponik. Set perangkat yang dirakit diintegrasikan dengan panel surya 120 WP (mampu berjalan optimal selama 16 jam dalam 1 hari) dan dibuat fleksibel dengan roda untuk membuat sistem yang mandiri energi. Keakuratan pembacaan sensor pada perangkat mencapai lebih dari 98%. Perangkat monitoring juga diintegrasikan dengan platform grafana agar mudah dilakukan pengecekan secara real-time tanpa perlu melihat langsung kondisi hidroponik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Negeri Malang yang telah memberikan dana Hibah Internal dengan keterangan No. 5.4.574/UN32.20.1/LT/2023 untuk skema penelitian Prototipe Industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, R. L., & Nasuha, A. (2020). Sistem Pengendali pH Air dan Pemantauan Lingkungan Tanaman Hidroponik menggunakan Fuzzy Logic berbasis IoT. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 5(1), 11–20. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v5i1.34587>
- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220(February 2018), 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Anam, K., Rofi, D. N., & Meiyanti, R. (2024). *Production Room Temperature and Humidity Sensor Monitoring System Using Node-Red and Grafana*. 20(1), 133–147.
- Arifianto, M. J. F., & Prasetyani, L. (2022). Sistem Pemantauan dan Kontrol Energi Listrik Menggunakan Platform Node-RED, Influxdb dan Grafana melalui Jaringan WiFi dan Lora. *Jurnal Fokus Elektroda : Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendali*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.33772/jfe.v7i1.23440>
- Darmawan, R. T. (2023). *Implementasi Grafana untuk Auto-Scaling pada NGINX Web-Server di Lingkungan Docker Container*. 7(7), 3163–3167.
- Doni, R., & Rahman, M. (2020). Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Iot (Internet of Thing) Menggunakan Nodemcu ESP8266. *Jurnal Sains Komputer dan Informatika*, 4(2), 516–522. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.112.270033>
- Fajri, T. I., . M., & . R. (2022). Design of a Hydroponic Smart Farm System with Web-Based IoT in Bireuen Regency. *International Journal of Research and Review*, 9(9), 391–397. <https://doi.org/10.52403/ijrr.20220945>
- Fathurrahman, I., Saiful, M., & Samsu, L. M. (2021). Penerapan Sistem Monitoring Hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(2), 283–290. <https://doi.org/10.29408/ab.v2i2.4219>
- Fauzi, A. R., Ichniarsyah, A. N., & Agustin, H. (2016). Pertanian Perkotaan : Urgensi, Peranan, Dan Praktik Terbaik Urban Agriculture : Urgency, Role, and Best Practice Ahmad Rifqi Fauzi1)*, Annisa Nur Ichniarsyah1), Heny Agustin1) 1) Program Studi Agroekoteknologi, Universitas Trilogi, Jakarta Jalan Kampus Tri. *Jurnal Agroteknologi*, 10(01), 49–62.
- Gregoryan, M. (2019). Sistem Kontrol dan Monitoring Ph Air serta Kepekatan Nutrisi pada Budidaya Hidroponik Jenis Sayur dengan Teknik Deep Flow Techcnique. *Jurnal Infra*, 7(2), 1–6.

- Hidayat, M. A. J., & Amrullah, A. Z. (2022). Sistem Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Nodemcu ESP32. *Jurnal SAINTEKOM*, 12(1), 23–32. <https://doi.org/10.33020/saintekomp.v12i1.223>
- Hidayatullah, P., Orisa, M., & Mahmudi, A. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (Iot). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 1200–1207. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5433>
- Hutapea, C. I. G., Kalesaran, L., & Ludong, D. P. M. (2023). Kajian Penggunaan LED pada Pertumbuhan Tanaman Kailan dengan Sistem Hidroponik Dalam Ruangan. *Jurnal Bios Logos*, 13(2), 84–91. <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i2.46426>
- Irsyam, M. (2019). Sistem Otomasi Penyiraman Tanaman Berbasis Telegram. *Sigma Teknika*, 2(1), 81. <https://doi.org/10.33373/sigma.v2i1.1834>
- Istiqomah, F., Regitasari, Y. Y., Roshita, A. N., & Susila, J. (2020). Rancang Bangun Sistem Kontrol Otomatis Dan Monitoring pH Larutan Nutrisi Kebun Sayur Hidroponik Berbasis Android. *El Sains : Jurnal Elektro*, 2(1). <https://doi.org/10.30996/elsains.v2i1.3673>
- Karim, M. H., Diantoro, M., Nasikhudin, N., & Lestari, S. R. (2023). Implementation of agricultural technology urban farming agrivoltaic based system to increase productivity and empowerment of farmer women's community. *Journal of Community Service and Empowerment*, 4(1), 184–195. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jcse/article/view/25103>
- Ko, D. Y., Chae, S. H., Moon, H. W., Kim, H. J., Seong, J., Lee, M. S., & Ku, K. M. (2023). Agrivoltaic Farming Insights: A Case Study on the Cultivation and Quality of Kimchi Cabbage and Garlic. *Agronomy*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/agronomy13102625>
- Lee, S., Lee, J. hyuk, Jeong, Y., Kim, D., Seo, B. hun, Seo, Y. jin, Kim, T., & Choi, W. (2023). Agrivoltaic system designing for sustainability and smart farming: Agronomic aspects and design criteria with safety assessment. *Applied Energy*, 341(April), 121130. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121130>
- Mufida, E., Anwar, R. S., Khodir, R. A., & Rosmawati, I. P. (2020). Perancangan Alat Pengontrol pH Air untuk Tanaman Hidroponik Berbasis Arduino Uno. *INSANtek*, 1(1), 13–19.
- Oh, S., & Lu, C. (2023). Vertical farming - smart urban agriculture for enhancing resilience and sustainability in food security. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 98(2), 133–140. <https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2141666>
- Pamuji, F. A., Riawan, D. C., Soedibyo, S., Suryoatmojo, H., & Ashari, M. (2022). Automatic Solar Hidroponik Berbasis Energi Surya dengan Kontrol pH dan Nutrisi Guna Meningkatkan Produktivitas Kelompok Hidroponik Simomulyo, Kota Surabaya. *Sewagati*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i1.116>
- Pamungkas, L., Rahardjo, P., & Raka Agung, I. G. A. P. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Hidroponik Nft (Nurtient Film Tehcnique) Berbasis Iot. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(2), 9. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p2>
- Ramadoni, Mahmud Zunus Amirudin, Rifki Fahmi, Ema Utami, & Muhammad Syukri Mustafa. (2021). Evaluasi Penggunaan Prometheus dan Grafana Untuk Monitoring Database MongoDB. *Jurnal Informatika Polinema*, 7(2), 43–50. <https://doi.org/10.33795/jip.v7i2.530>
- Samsurizal, S., Aji, M. T., & M, K. T. (2021). Pemanfaatan Tenaga Surya Pada Photovoltaic Jenis Polycrystalline Untuk Catu Daya Tanaman Hidroponik. *Energi & Kelistrikan*, 13(1), 58–66. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i1.984>
- Setiawan, D., Hamzah, Siswati, L., Ariyanto, A., & Guntoro. (2022). Water pump control system in hydroponic plants using the ebb and flow method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012020>
- Waluyo, M. R., Nurfajriah, Mariati, F. R. I., & Rohman, Q. A. H. H. (2021). Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas Bagi Karang Taruna Desa Limo. *Ikraith-Abdimas*, 4(1), 61–64. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/IKRAITH-ABDIMAS/article/download/881/669>
- Widagdo, K. T., Bayu, I., & Susetyo, Y. A. (2019). Pemodelan Sistem Monitoring Sensor Curah Hujan Menggunakan Grafana. *ICM (Indonesian Journal of Computing and Modeling)*, 2(2), 1–8.

- Yudhy Kusuma, G., & Oktiawati, U. Y. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Performa Aplikasi Menggunakan Opentelemetry dan Grafana Stack. *Journal of Internet and Software Engineering*, 3(1), 26–35. <http://34.128.121.13:5000/v1/campaigns>
- Zakiah, E., Prihandono, T., & Yushardi, Y. (2023). Pengaruh Daya Lampu Ultraviolet Light Emitting Diode (Led) Growth Terhadap Pertumbuhan Fisika Tanaman Selada Sistem Hidroponik. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 12(2), 68. <https://doi.org/10.19184/jpf.v12i2.38754>