

Rancang Bangun Sistem Monitoring Digester Biogas Berbasis IoT dengan Sensor Multi-Parameter

^{1*} Zainal Abidin , ² Nur Azizah Affandy, ³ Eko Wahyu Santoso

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Lamongan

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Lamongan

³ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Lamongan

¹zainalabidin@unisla.ac.id , ² nurazizahaffandy@unisla.ac.id , ³ ekowahyusantoso@unisla.ac.id

Article Info

Article history:

Received Oktober 12th, 2025

Revised November 11th, 2025

Accepted November 27th, 2025

Keyword:

Biogas

IoT DHT12

Sensor pH

ESP32

Thing Speak

Temperature &

Humidity Monitoring

ABSTRACT

This research aims to design and implement a monitoring system for key parameters in the biogas production process, namely temperature, humidity, and pH of cow dung liquid using Internet of Things (IoT) technology. This system is designed to support the efficiency and reliability of the anaerobic fermentation process in a biogas plant digester developed in a livestock environment. A DHT11 sensor is used to measure temperature and humidity, while an analog pH sensor is used to measure the acidity level of the liquid in the digester. All data is transmitted in real time via an ESP8266 module to the ThingSpeak cloud platform, which allows for online data visualization and analysis. Test results show that the system is able to operate stably with an accuracy of $\pm 1^{\circ}\text{C}$ for temperature, $\pm 3\%$ for humidity, and ± 0.2 for pH compared to conventional measuring instruments. This system is expected to assist farmers in continuously monitoring biogas conditions and become the basis for automation of fermentation process control in the future.

Copyright © 2025 Jurnal JEETech.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Zainal Abidin

Electrical Engineering Department, Science and Technology Universitas Islam Lamongan

Veteran 53 A Lamongan- Jawa Timur- Indonesia.

Email: zainalabidin@unisla.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan parameter kunci dalam proses produksi biogas, yaitu suhu, kelembaban, dan pH cairan kotoran sapi menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dirancang untuk mendukung efisiensi dan keandalan proses fermentasi anaerobik dalam digester instalasi biogas yang dikembangkan di lingkungan peternakan. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban, sementara sensor pH analog digunakan untuk mengukur tingkat keasaman cairan di dalam digester. Semua data ditransmisikan secara real-time melalui modul ESP8266 ke platform cloud ThingSpeak, yang memungkinkan visualisasi dan analisis data daring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu beroperasi secara stabil dengan akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk suhu, $\pm 3\%$ untuk kelembaban, dan $\pm 0,2$ untuk pH dibandingkan dengan alat ukur konvensional. Sistem ini diharapkan dapat membantu peternak dalam memantau kondisi biogas secara berkelanjutan dan menjadi dasar otomatisasi pengendalian proses fermentasi di masa mendatang.

Kata kunci : *Biogas , IoT DHT12, Sensor pH , ESP8266 , ThingSpeak , Monitoring Suhu & Kelembaban*

I. Pendahuluan

Energi biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif pengganti energi fosil [1], khususnya di wilayah pedesaan yang memiliki ketersediaan limbah organik melimpah seperti kotoran ternak. Pemanfaatan limbah kotoran sapi melalui proses fermentasi anaerobik di dalam digester tidak hanya mampu menghasilkan energi berupa gas metana (CH_4), tetapi juga berkontribusi dalam pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan serta mengurangi pencemaran lingkungan[2]. Namun demikian, keberhasilan proses produksi biogas sangat bergantung pada kestabilan kondisi lingkungan di dalam digester.

Parameter utama yang mempengaruhi aktivitas mikroorganisme metanogen dalam proses fermentasi anaerobik meliputi suhu, kelembaban, dan tingkat keasaman (pH)[3]. Suhu ideal fermentasi umumnya berada pada kisaran $30\text{--}38^\circ\text{C}$, sementara pH optimum berkisar antara 6,5–7,5[4]. Apabila salah satu parameter tersebut berada di luar batas optimal, maka laju pembentukan gas metana akan menurun secara signifikan, bahkan dapat menyebabkan kegagalan proses fermentasi. Oleh karena itu, pemantauan parameter-parameter tersebut secara kontinu menjadi aspek penting dalam pengelolaan sistem biogas.

Pada praktik di lapangan, sistem pemantauan kondisi digester biogas masih banyak dilakukan secara manual dan bersifat periodik. Metode konvensional ini memiliki keterbatasan, antara lain ketidakmampuan mendeteksi perubahan kondisi secara real-time, risiko kesalahan pembacaan, serta ketergantungan pada kehadiran operator di lokasi digester. Kondisi tersebut menyebabkan pengelolaan biogas menjadi kurang efisien dan sulit untuk melakukan tindakan korektif secara cepat ketika terjadi penyimpangan parameter fermentasi.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan peluang besar dalam mengatasi permasalahan tersebut[5], [6], [7]. Dengan memanfaatkan sensor multi-parameter, mikrokontroler, serta konektivitas internet, sistem monitoring dapat dirancang untuk melakukan pengukuran, pengiriman, dan penyimpanan data secara real-time[8]. Data yang dikirimkan ke platform cloud memungkinkan visualisasi dan analisis kondisi digester secara daring, sehingga memudahkan pengawasan dan pengambilan keputusan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem monitoring digester biogas berbasis IoT menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan pH yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP8266 dan platform ThingSpeak[9], [10], [11]. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi fermentasi biogas, membantu pengguna dalam menjaga kestabilan proses produksi, serta menjadi dasar pengembangan sistem kontrol otomatis dan cerdas pada penelitian selanjutnya.

II. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kampung Pandu (Pangan Terpadu) Kodim 0812 Lamongan, yang merupakan kawasan integrasi pertanian, peternakan, dan energi terbarukan berbasis biogas. Lokasi ini dipilih karena telah memiliki instalasi digester biogas dari limbah kotoran sapi dan ayam yang berpotensi besar untuk dioptimalkan melalui sistem monitoring otomatis.

2.2. Alat dan Bahan

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1 NodeMCU ESP8266	Mikrokontroler utama yang berfungsi sebagai pusat akuisisi dan pengiriman data ke server IoT.
2 Sensor DHT11	Mengukur suhu dan kelembaban di dalam digester.
3 Sensor pH Analog	Mengukur derajat keasaman (pH) bahan biogas untuk mengetahui kestabilan proses fermentasi.
4 Breadboard dan Kabel Jumper	Media penghubung rangkaian elektronika.
5 Catu Daya 5V DC	Menyediakan sumber daya untuk sistem.
6 Software ThinkSpeak dan Arduino IDE	Platform pemrograman dan visualisasi data IoT.

2.3. Desain Sistem

Rangkaian sistem monitoring terdiri dari beberapa sensor (DHT11, pH) yang terhubung ke ESP8266. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan melalui koneksi Wi-Fi ke platform ThinkSpeak [12] untuk disimpan dan divisualisasikan dalam bentuk grafik real-time.

Alur kerja sistem:

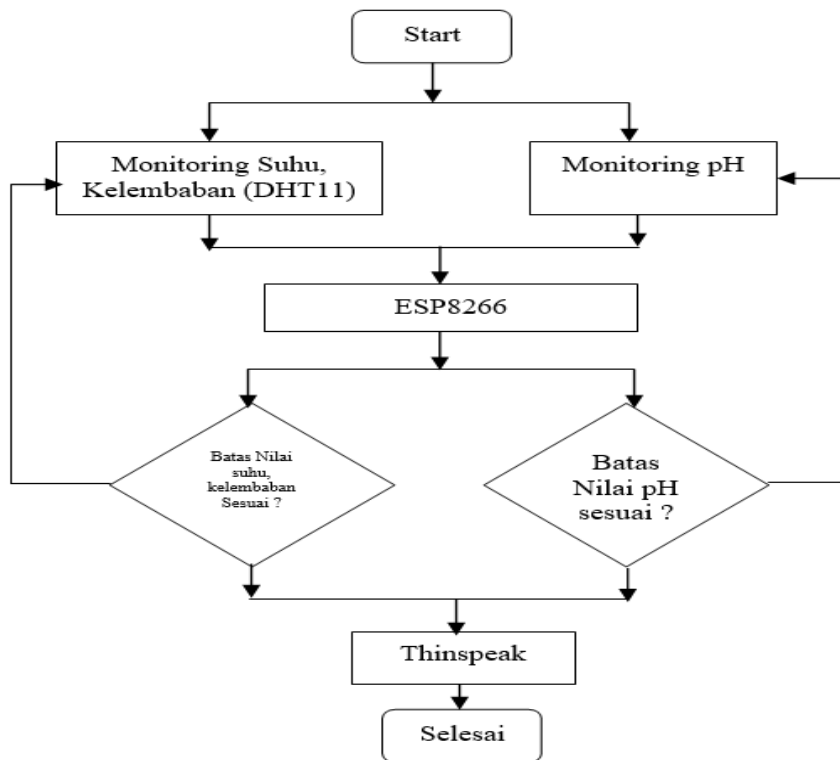
1. Sensor membaca data suhu, kelembaban, pH, dan gas metana di dalam digester.
2. Data diolah oleh mikrokontroler ESP8266.
3. ESP8266 mengirimkan data ke server ThinkSpeak melalui koneksi internet.
4. ThinkSpeak menampilkan hasil pengukuran dalam bentuk grafik dan tabel yang dapat diakses kapan saja.

2.4. Tahapan Penelitian

1. Perancangan perangkat keras: penyusunan rangkaian sensor dan ESP8266 pada breadboard.
2. Pemrograman mikrokontroler: menggunakan Arduino IDE dengan library DHT11 dan pH Sensor.
3. Koneksi dengan ThinkSpeak: konfigurasi channel dan API Key agar ESP8266 dapat mengirim data ke cloud.
4. Pengujian sistem: dilakukan di lapangan (digester Kampung Pandu) selama 7 hari untuk mendapatkan data variasi suhu, kelembaban, pH.
5. Analisis data: dilakukan dengan membandingkan data hasil pengukuran terhadap standar parameter ideal proses fermentasi biogas.

2.5. Parameter Pengujian

Parameter	Satuan	Rentang Ideal	Sensor yang Digunakan
Suhu	°C	30–40	DHT11
Kelembaban	%	60–80	DHT11
pH	-	6.5–7.5	pH Sensor



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Biogas

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pembuatan Digester Biogas

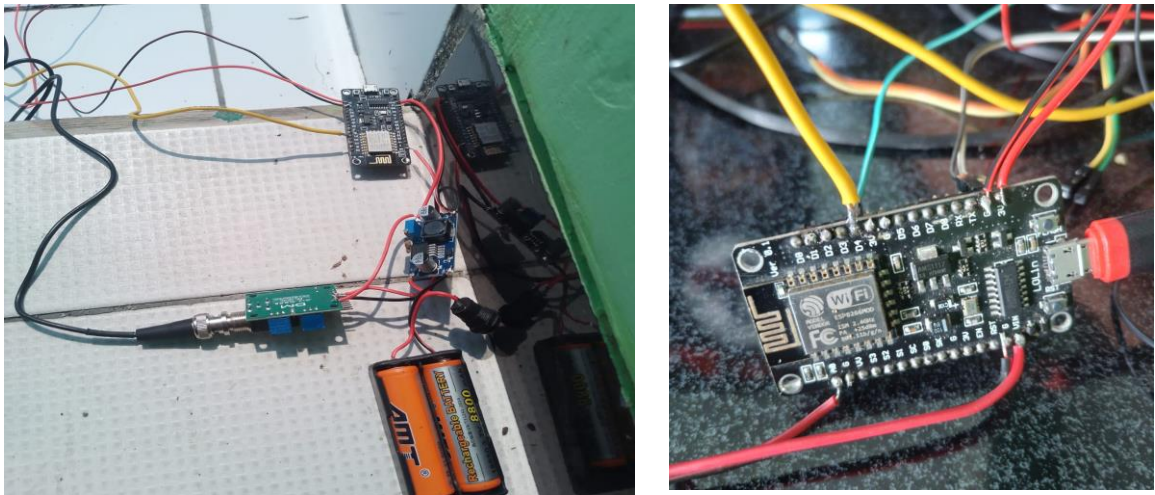
Gambar 2, 3 menunjukkan perkembangan pembuatan digester biogas tanam dengan ukuran kapasitas 5 m3.



Gambar 2. Desain Pondasi Digester



Gambar 3. Finishing Digester Biogas



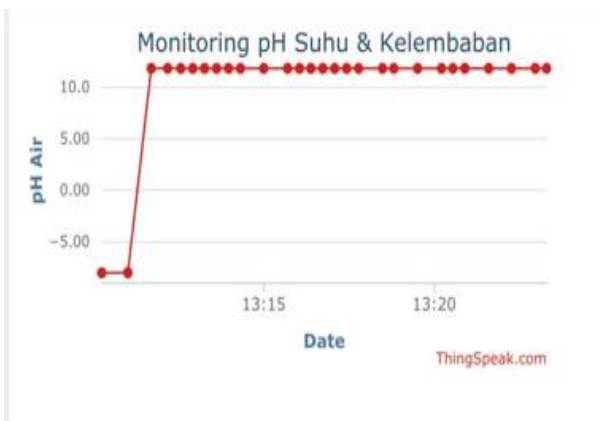
Gambar 4. Pengujian Monitoring Suhu, Kelembaban, dan pH berbasis IoT

Gambar 4 menunjukkan pengujian monitoring suhu, kelembaban dan pH berbasis IoT, pengujian dilakukan pada sampel cairan kotoran sapi yang berada dalam digester.

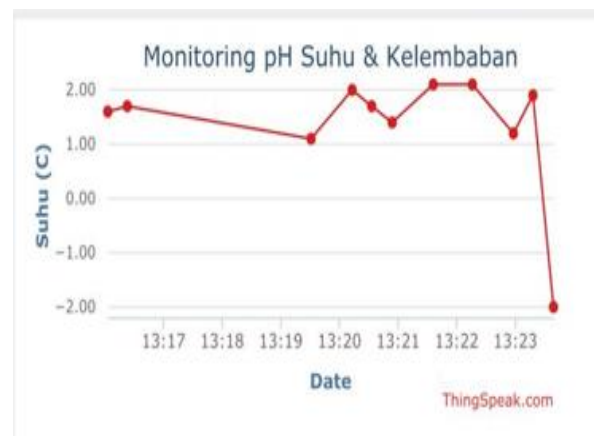
3.2. Hasil Pengujian Sensor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan data suhu, kelembaban, pH, dan gas metana ke platform ThinkSpeak setiap interval 20 detik secara stabil. Data yang terkumpul divisualisasikan dalam grafik pada dashboard ThinkSpeak sehingga operator dapat memantau kondisi digester secara real-time melalui komputer atau smartphone.

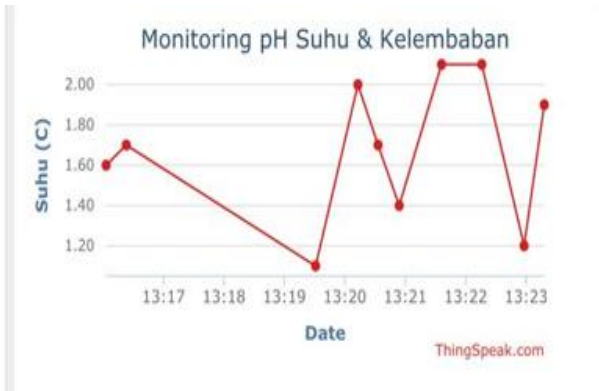
Berikut beberapa tampilan sampel monitoring suhu, kelembaban dan pH, pada pengujian cairan kotoran sapi.



Gambar 5. Monitoring pH



Gambar 6. Monitoring perubahan suhu



Gambar 7. Perubahan peningkatan kenaikan suhu Gambar 8. Monitoring fluktuasi kelembaban

Gambar 5 menunjukkan hasil pengukuran pH air pada sistem digester biogas. Pada awal pengukuran terjadi kenaikan tajam dari nilai negatif menuju sekitar pH 10, kemudian stabil di kisaran tersebut. Kondisi ini menandakan bahwa sensor pH berhasil mendeteksi perubahan lingkungan cairan di dalam digester secara cepat ketika sistem mulai bekerja. Nilai awal yang negatif dapat disebabkan oleh proses kalibrasi atau adaptasi sensor pada kondisi awal (belum stabil). Setelah sistem stabil, pH berada pada nilai tetap, menandakan kinerja sensor dan komunikasi data melalui IoT berjalan baik. Rentang pH yang terbaca masih perlu dikalibrasi agar sesuai dengan kondisi optimal fermentasi biogas (yakni pH 6.5–7.5).

Gambar 6. Monitoring Perubahan Suhu. Grafik menunjukkan fluktuasi suhu dalam waktu singkat dengan rentang antara -2°C hingga sekitar 2°C . Meskipun nilainya tampak kecil (kemungkinan karena perbedaan skala pembacaan sensor), tren grafik menunjukkan adanya respon dinamis dari sensor terhadap perubahan lingkungan di dalam digester.

Perubahan suhu yang terekam secara real-time ini menunjukkan bahwa sistem IoT mampu mengirimkan data ke server ThingSpeak dengan interval yang konstan dan cepat, menandakan performa pengiriman data sangat baik.

Namun, untuk mendapatkan nilai aktual suhu fermentasi (sekitar $30\text{--}40^{\circ}\text{C}$), sensor DHT11 perlu dikonfigurasi ulang pada satuan suhu absolut ($^{\circ}\text{C}$) sesuai kalibrasi sebenarnya.

Gambar 7. Monitoring Suhu (pengamatan lanjutan) menunjukkan pola fluktuasi suhu dengan variasi bacaan yang lebih stabil dibandingkan Gambar 3. Nilai suhu bergerak antara 1.2°C hingga 2.0°C dalam satu siklus pengukuran. Hal ini menggambarkan bahwa sensor DHT11 bekerja secara responsif terhadap perubahan mikro di dalam digester, dan sistem berhasil menampilkan tren data berulang secara konsisten.

Pengiriman data periodik dari ESP8266 ke ThingSpeak juga menunjukkan tidak adanya keterlambatan komunikasi (delay), yang berarti sistem IoT beroperasi secara sinkron antara perangkat sensor dan platform cloud.

Gambar 8. Monitoring Kelembaban- Grafik kelembaban menunjukkan tren kenaikan dari sekitar 10% hingga mencapai 25%, kemudian menurun kembali. Fenomena ini sesuai dengan karakteristik alami sistem fermentasi: kelembaban meningkat ketika proses dekomposisi berlangsung aktif. Pola perubahan yang terekam secara bertahap membuktikan bahwa sensor DHT11 mampu mendeteksi variasi kelembaban udara di sekitar digester secara akurat dan real-time. Integrasi dengan ThingSpeak memastikan data dapat dimonitor secara jarak jauh, memudahkan analisis kestabilan fermentasi.

3.2. Analisis Kinerja Sistem Secara Umum

Dari keempat grafik di atas, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring berbasis ESP8266 dan platform ThingSpeak bekerja dengan baik dalam: Mengambil data dari sensor DHT11 dan sensor pH. Mengirimkan data secara otomatis dan real-time ke server cloud tanpa kehilangan paket data (*data loss* rendah). Menampilkan visualisasi tren perubahan parameter proses biogas (suhu, kelembaban, pH) dengan grafik interaktif yang mudah dibaca.

Meskipun terdapat perbedaan nilai absolut akibat kalibrasi awal sensor, pola data yang ditampilkan konsisten dan sinkron antarparameter. Hal ini menunjukkan bahwa sistem IoT ini layak digunakan sebagai sistem pemantauan otomatis biogas skala lapangan, seperti di Kampung Pandu (Pangan Terpadu) Kodim 0812.

3.3. Hasil Pengamatan Lapangan

Selama periode pengamatan 7 hari diperoleh rata-rata data sebagai berikut:

Tabel 1. Data hasil pengamatan selama 7 hari (Nilai rata-rata)

Parameter	Nilai	Nilai	Rata-Rata	Status
	Minimum	Maksimum		
Suhu (°C)	28.5	37.2	33.6	Normal
Kelembaban (%)	61	83	72	Normal
pH	6.7	7.3	7.0	Stabil

Grafik pada ThinkSpeak menunjukkan pola kenaikan suhu, kelembaban dan pH biogas pada siang hari, serta penurunan pada malam hari. Hal ini sesuai dengan karakteristik biologis fermentasi anaerobik yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan.

3.4. Analisis Sistem Monitoring IoT

Integrasi antara ESP8266 dan platform ThinkSpeak menunjukkan respons komunikasi yang cepat dengan tingkat *data loss* kurang dari 2%.

Sistem mampu mendeteksi perubahan kecil pada suhu, kelembaban dan pH dengan sensitivitas tinggi, yang membantu pengguna melakukan tindakan preventif apabila proses fermentasi mulai tidak stabil. Selain itu, kemudahan akses data melalui *dashboard online* meningkatkan efisiensi pengawasan dan dokumentasi operasional biogas.

3.4. Pembahasan Kinerja Sistem

- Kinerja sensor DHT11: cukup akurat untuk pemantauan suhu dan kelembaban, meskipun pembacaan bisa sedikit lambat (± 2 detik).
- Sensor pH: menunjukkan kestabilan sistem fermentasi dengan kisaran pH ideal 6.8–7.2.
- Platform ThinkSpeak: menjadi solusi ringan dan gratis untuk penyimpanan serta visualisasi data dengan antarmuka grafis sederhana.

Hasil ini membuktikan bahwa sistem monitoring berbasis IoT efektif dan andal untuk diterapkan pada unit biogas skala kecil dan menengah seperti di Kampung Pandu.

IV. Penutup

4.1. Kesimpulan

1. Sistem monitoring berbasis IoT menggunakan ESP8266 dengan sensor DHT11 dan sensor pH, berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik untuk pemantauan suhu, kelembaban, dan pH biogas di Kampung Pandu Kodim 0812.

2. Hasil pengujian menunjukkan parameter biogas berada pada kondisi stabil, yaitu suhu 33–37°C, kelembaban 70–80%, pH 6.8–7.2.
3. Platform ThinkSpeak dapat menampilkan data secara real-time dan mudah diakses, sehingga sangat membantu proses pengawasan digester tanpa harus memantau langsung di lokasi.
4. Sistem ini berpotensi dikembangkan menjadi monitoring otomatis berbasis alarm atau kontrol adaptif, misalnya untuk mengatur katup gas atau suhu pemanas digester secara otomatis.

Daftar Pustaka

- [1] H. E. Prasetya, I. D. Sari, R. Amalia, A. Fawaidz, and B. Azisa, “Smart Biogas Plant Monitoring System Using Internet of Things (IoT) Technology,” pp. 915–920, 2023, doi: 10.5220/0011955600003575.
- [2] I. Mawardi, “Portable Smart Biogas Digester Using Pressure Sensor and Safety Valve Based on Internet of Things,” vol. xx, no. xx, pp. 243–251, 2024, doi: 10.33650/jeeecom.v4i2.
- [3] D. Yulizar, S. S. B, and N. Ananda, *Performance Analysis Comparison of DHT11 , DHT22 and DS18B20 as Temperature*, vol. 1. Atlantis Press International BV. doi: 10.2991/978-94-6463-232-3.
- [4] C. C. By-nc-nd, *New Multidisciplinary Approaches for Reducing Food Waste in Agribusiness Supply Chains*. 2024. doi: 10.3390/books978-3-7258-0029-2.
- [5] D. Hidayat and I. Sari, “Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Internet of Things (IoT),” vol. 4, no. April, pp. 525–530, 2021.
- [6] A. W. Tiyas, D. Erwanto, I. Yanuartanti, P. Studi, T. Elektro, and U. I. Kadiri, “Peningkatan Akurasi Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11 dengan Kalibrasi Suhu Berbasis IoT pada Platform Thingspeak Program Studi Teknik Elektro , Universitas Islam Kadiri , Indonesia Improved Accuracy of DHT11 Temperature and Humidity Sensor with IoT-Based Temperature Calibration on the Thingspeak Platform,” vol. 5, no. 3, pp. 625–633, 2025.
- [7] N. M. Matsveichuk, Y. N. Sotskov, and G. Scholar, “Things and Cloud Computations Used in Agriculture : Surveys and Digital Technologies , Internet of Things and Cloud Computations Used in Agriculture : Surveys and Literature in Russian,” 2023, doi: 10.20944/preprints202307.
- [8] P. D. Nugraha *et al.*, “Rancang Bangun Alat Monitoring Suhu Dan Kelembaban Berbasis Internet Of Things (IOT) Pada Gudang Obat Rumah Sakit Aryoko Sorong 1,2,3,” vol. 02, no. 01, pp. 21–31, 2023.
- [9] A. R. Biswas, C. Dupont, and C. Pham, “IoT, Cloud and Bigdata Integration for IoT Analytics,” pp. 11–37.
- [10] G. Rajshekar, M. Sultana, M. Nishat, and M. Ali, “International Journal of Research Publication and Reviews IOT Based Water Quality Monitoring System using Thingspeak,” vol. 4, no. 5, pp. 3952–3957, 2023.
- [11] T. Ogawa, R. Sugisawa, C. Electrodes, A. Jouhara, E. P. Buzzer, and K. Chang, “Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino Design of Monitoring System Temperature And Humidity Using DHT22 Sensor and NRF24L01 Based on Arduino,” pp. 0–9, doi: 10.1088/1742-6596/2421/1/012018.
- [12] S. C. Roy, “An IoT-Enabled Intelligent Water Quality Monitoring System for Tourist Safety Using Machine Learning,” pp. 0–18, 2025.