



Sistem pemantau iklim mikro pada kandang ayam pedaging tertutup berbasis internet of things

Micro climate monitoring system in closed broiler cages based on the internet of things

Damar Wicaksono^{*)}, Taufiq Kamal

Program Studi Teknik Komputer, Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta
Jl. Lowanu No.47, Sorosutan, Kec. Umbulharjo, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia 55162

Cara sitasi: D. Wicaksono and T. Kamal, " Sistem pemantau iklim mikro pada kandang ayam pedaging tertutup berbasis internet of things," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 100-105, 2020. doi: [10.14710/jtsiskom.8.2.2020.100-105](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.2.2020.100-105), [Online].

Abstract – Smart agriculture has an emerged concept by using IoT sensors capable of providing various information about their field condition and conducting environmental monitoring to improve the yield of efficient crops. This research aims to develop a microclimate monitoring system in a closed house. The microclimate being monitored is the effective temperature, which is the temperature felt by broilers at that time in a fast area. In this research, IoT has been implemented using WeMos D1 R32 by sending sensor data to observe the effective temperature parameters as actual temperature, humidity, and wind speed into an MQTT cloud server. Microclimate control in the cage is based on effective temperature. The data can be displayed on a 16x4 LCD screen and accessed via an Android smartphone from anywhere and at any time.

Keywords – monitoring system; closed house; effective temperature; smart agriculture; crops

Abstrak – Pertanian cerdas merupakan konsep yang muncul di kalangan pertanian dengan menggunakan sensor IoT yang mampu memberikan berbagai informasi tentang kondisi pertanian dan peternakan di lapangan dan memantau lingkungan untuk meningkatkan hasil panen yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah sistem pemantauan iklim mikro pada kandang ayam tertutup. Parameter iklim mikro yang menjadi dasar adalah temperatur efektif, yaitu temperatur yang dirasakan ayam pedaging saat itu pada sebuah area yang cepat. Perangkat keras IoT diimplementasikan menggunakan WeMos D1 R32 untuk mengirimkan data pengamatan temperatur efektif berupa temperatur aktual, kelembapan, dan kecepatan angin saat itu ke dalam sebuah server cloud MQTT. Pengontrolan iklim dalam kandang dilakukan berdasarkan temperatur efektif. Data iklim yang

diperoleh dapat disajikan pada layar LCD 16x4 dan dapat diakses melalui smartphone Android dari mana dan kapan saja.

Kata kunci – sistem pemantau; kandang tertutup; temperatur efektif; pertanian cerdas; panen

I. PENDAHULUAN

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah paradigma komputasi dan komunikasi. Setiap objek dalam kehidupan sehari-hari telah dilengkapi dengan sensor, mikrokontroler, dan media pengirim untuk dapat menerima informasi tentang parameter lingkungan sekitar. Selain itu, komunikasi data yang dikirimkan antara satu dengan lainnya oleh pengguna telah menjadi kesatuan dari sistem Internet. Di dalam sistem ini, setiap objek yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dengan penanda unik yang terhubung satu sama lain sehingga dimungkinkan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa campur tangan manusia [1], [2].

Salah satu aplikasi yang digunakan saat ini pada agroindustri adalah dalam pengembangan sistem pada siklus peternakan ayam pedaging untuk memenuhi kebutuhan daging nasional. Peningkatan kebutuhan pasokan daging ayam pedaging untuk masyarakat menjadi aspek dasar dalam pemenuhan kebutuhan pasokan daging nasional. Agar dapat memenuhi semua permintaan konsumen tersebut, maka jumlah produksi perlu ditingkatkan. Efisiensi dibutuhkan dalam pengelolaan peternakan ayam sehingga dapat terhindar dari penyakit dan menghasilkan ayam yang berkualitas.

Saat ini para peternak konvensional masih melakukan pemeriksaan kondisi di dalam iklim kandang secara berkala dan melakukan pemantauan lokasi kandang secara langsung tanpa menggunakan bantuan instrumen otomatisasi industri. Hal ini menjadikan operasionalnya kurang efisien dan membutuhkan tenaga manual. Instrumen pengukuran temperatur aktual, seperti dalam [3], [4], dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi operasional kandang ayam pedaging. Hasil pengukuran ditampilkan dalam penampil layar LCD komputer pada [3]. Purwarupa

^{*)} Penulis korespondensi (Damar Wicaksono)
Email: damar@unu-jogja.ac.id

sistem kandang juga dapat berjalan otomatis untuk mendinginkan kandang berbasis temperatur aktual seperti [4]. Namun, instrumen-instrumen tersebut harus dioperasikan secara lokal di dalam kandang ayam. Demikian juga sistem dalam [5], yang bertujuan memberikan makan secara otomatis pada kandang ayam tertutup.

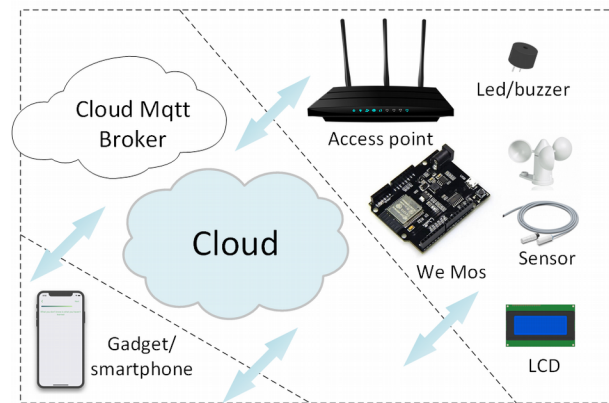
Di sisi lain, beragam sistem pemantau lingkungan menggunakan media nirkabel yang terhubung ke sebuah server telah dikembangkan untuk mengirimkan data pemantauan oleh sensor ke lokasi berjauhan. Seperti dalam [6]-[9], IoT digunakan dalam aplikasi pertanian cerdas untuk memantau kualitas tanah pertanian secara nirkabel dari jarak jauh. Kontrol irigasi menggunakan IoT juga dilakukan dalam [10], [11]. Dalam [12] dan [13], IoT diimplementasikan untuk memantau parameter lingkungan, seperti konsentrasi gas CO, NO₂, kelembapan, konsentrasi padatan debu, dan temperatur serta mengirimkan datanya ke sebuah server secara nirkabel menggunakan modul komunikasi NRF24I01. Beragam sensor digunakan, di antaranya adalah sensor MQ4 untuk memangau konsentrasi gas metana dalam produksi biogas [14], [15]. Aplikasi lain yang menggunakan IoT adalah untuk memantau dan mengendalikan ruang secara nirkabel dalam [16].

Secara khusus, penerapan teknologi terkontrol pada kandang ayam pedaging telah dilakukan dalam [3], [4], [17] untuk memantau temperatur kandang, dan dalam [5] untuk sistem pemberi makan otomatis. Berbeda dengan [3], [4] yang mengembangkan sistem pemantauan untuk temperatur aktual saja secara lokal, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantau multiparameter iklim mikro untuk temperatur efektif kandang tertutup secara lokal dan jarak jauh (berbasis MQTT *message broker*) menggunakan media nirkabel. Hal ini juga berbeda dengan [17] yang menggunakan temperatur aktual untuk mengontrol temperatur kandang secara nirkabel. Penelitian ini menggunakan temperatur efektif yang diperoleh dari suhu aktual, kelembapan udara, dan kecepatan angin dalam memantau iklim mikro dalam kandang tertutup ras ayam pedaging baru (Cobb 700).

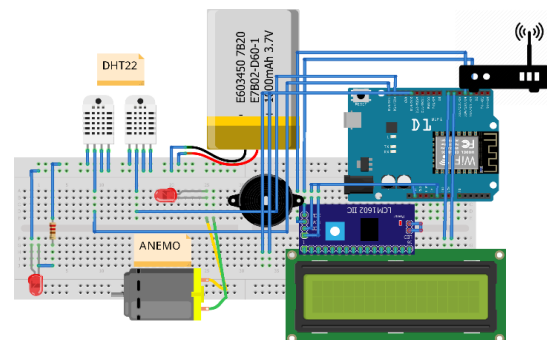
II. METODE PENELITIAN

Konsep yang diusulkan dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan para peternak terhadap pentingnya akses data iklim mikro menggunakan basis temperatur efektif dalam kandang ayam tertutup (Cobb 700) secara waktu nyata. Sensor memberikan informasi tentang parameter iklim mikro di dalam ruangan kandang ke server MQTT. Waktu pengambilan data sensor dapat diatur per periode tertentu tergantung kebutuhan para peternak. Bagan kerja sistem dapat dilihat seperti pada Gambar 1. Sistem terhubung ke penyedia jaringan wi-fi lokal yang menghubungkan ke dalam jaringan internet agar data sensor tersebut dapat disimpan di sebuah media *message broker*.

Tahapan penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan



Gambar 1. Komunikasi antar bagian dalam sistem pemantauan iklim mikro



Gambar 2. Skema perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem pemantauan

untuk menjalankan sistem. Skema perangkat keras yang digunakan untuk membangun sistem ditunjukkan dalam Gambar 2. Sistem menggunakan papan kontroler Wemos D1 yang kompatibel dengan Arduino dan mempunyai modul Wi-fi 2,4 GHz ESP8266. Tampilan menggunakan modul I2C yang menghubungkan papan kontroler ke LCD alpanumerik 4 x 20 karakter. Sensor menggunakan DHT 22 untuk mengukur temperatur dan kelembapan aktual, dan sensor anemometer untuk mengukur kecepatan angin. Sistem mempunyai indikator buzzer yang berguna jika dalam kondisi bahaya sehingga beragam upaya dapat dilakukan untuk mencegah kondisi bahaya secara dini.

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan memasukkan kode Arduino ke dalam pengendali utama berbasis Wemos tersebut. Perancangan UI/UX untuk devais *mobile* menggunakan pengembang aplikasi Android, yakni Android Studio. Aplikasi ini mengambil data sensor DHT 22 dan anemometer dan mengolahnya untuk mendapatkan temperatur efektif. Nilai dari sensor ditampilkan di LCD dan dikirimkan ke server MQTT.

Aplikasi Android dijalankan dan dapat mengakses cloud Mqtt server yang menampung data iklim mikro pada kandang tertutup tersebut. Sistem ini juga dapat memberikan pemberitahuan melalui sebuah platform Android berupa notifikasi *pushbullet* untuk kondisi iklim ekstrim, yaitu dalam kondisi bahaya sehingga dapat mengingatkan pengguna agar melakukan upaya

pencegahan dini. Peringatan bahaya diberikan di kandang oleh bunyi indikator buzzer.

Pengujian kinerja sistem ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu pengujian *throughput* dan *packet loss*. *Throughput* menunjukkan banyaknya data yang dapat diterima oleh sebuah perangkat dalam waktu tunggu tertentu dan menitikberatkan pada besarnya trafik yang terdapat pada jaringan. *Throughput* dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$Tg\left(\frac{\text{byte}}{\text{second}}\right) = \frac{\text{data byte received}}{T(s)} \quad (1)$$

Packet loss menunjukkan banyaknya data yang hilang sehingga paket data tidak diterima oleh koordinator dengan banyaknya data yang telah dikirim oleh perangkat. *Packet loss* ini merupakan banyaknya data hilang sehingga paket data tidak diterima oleh perangkat dengan banyaknya data yang telah dikirimkan oleh perangkat pada satu pengukuran dengan variasi pada interval pengiriman. Perhitungan *packet loss* dinyatakan dalam Persamaan 2. Parameter PL_t menyatakan persentasi *packet loss*, $nt\ receive$ menyatakan jumlah data diterima dan $nt\ sent$ menyatakan jumlah data yang dikirim. Rata-rata perhitungan *packet loss* dalam presentasi dapat didefinisikan dengan Persamaan 3 dimana APL_r merupakan rata-rata *packet loss*.

$$PL_t = \left(1 - \frac{nt\ receive}{nt\ sent}\right) \times 100\% \quad (2)$$

$$APL_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

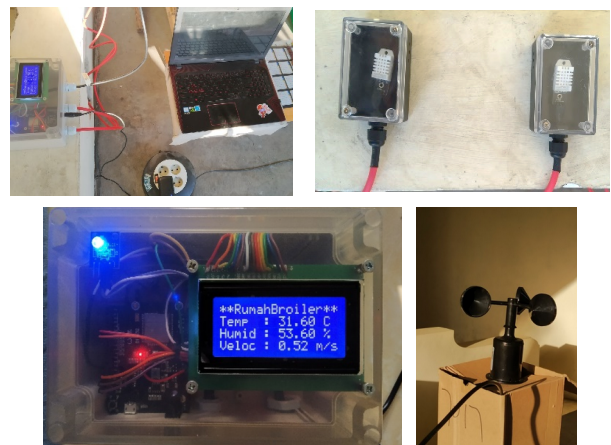
Penelitian ini telah dibuat purwarupa dengan komponen yang saling terhubung dan telah dipasang serta diuji pada kandang ayam pedaging tertutup berbentuk lorong. Dimensi kandang yang digunakan adalah panjang 95 meter, lebar 5 meter, dan ketinggian setinggi awak kandang 2 meter (Gambar 3). Masing-masing komponen telah terhubung dengan benar dan dapat mengirimkan data sensor secara kontinu ke *cloud* agar dapat diproses dan diterima oleh pengguna secara waktu nyata.

A. Implementasi perangkat keras

Purwarupa sistem yang diujikan ditunjukkan pada Gambar 4. Dalam purwarupa tersebut, sensor DHT 22 untuk mengukur temperatur dan kelembapan serta sensor anemometer untuk mengukur kecepatan angin sudah terpasang. Sebuah LCD 4 x 20 karakter terpasang untuk menampilkan data terukur yang bisa dilihat oleh peternak di kandang. Sistem ini mengontrol iklim mikro kandang ayam tertutup menggunakan basis temperatur efektif sesuai Cobbs-Vantress.



Gambar 3. Kandang ayam pedaging tertutup berbentuk lorong



Gambar 4. Purwarupa sistem yang telah diujikan pada kandang tertutup

Temperatur efektif merupakan temperatur yang dirasakan oleh tubuh ayam pedaging saat proses pembesaran ayam pedaging. Temperatur efektif ini merupakan ukuran dari tingkat kenyamanan bagi ayam tersebut yang dipengaruhi oleh tiga parameter iklim mikro, yaitu temperatur udara saat itu (*actual temperature*), kelembapan udara (*relative humidity*), dan kecepatan angin (*wind velocity*) pada area kandang ayam tertutup saat proses *breeding* (pembesaran).

Pada kondisi tertentu, kalibrasi untuk alat ukur iklim mikro dilakukan dan digunakan untuk pengambilan data primer sehingga dapat diperoleh data-data yang valid dan sesuai dengan rancangan kebutuhan penelitian ini, yaitu untuk menentukan temperatur efektif. Temperatur efektif ini menjadi dasar untuk pengontrolan iklim mikro kandang pada hari tertentu dan kecepatan tertentu untuk *exhaust fan* (kipas angin) yang berada pada ujung kandang dengan besar kecepatan tertentu (meter/detik). Hal ini berbeda dengan [17] yang menggunakan temperatur aktual. Notifikasi juga diberikan berdasarkan temperatur efektif ini.

Data *chilling* ayam diperoleh dalam proses pengambilan data menggunakan alat ukur manual yang dilakukan pada titik tengah dari panjang kandang dan setinggi badan ayam (15 cm). Data ini dinyatakan dalam

lampiran. Data pengamatan iklim mikro yang diperoleh merupakan data pengamatan primer yang diperoleh dari ayam pedaging masuk fase *chick in* (mulai pertama masuk kandang), yaitu mulai *day of chick* (DOC) hingga fase ayam tersebut siap untuk dipanen. Dalam lampiran, fase DOC dinyatakan dengan warna merah, sedangkan siap panen dengan warna hijau muda.

B. Implementasi perangkat lunak

Perangkat lunak sistem telah berhasil dikembangkan untuk dapat menjalankan keseluruhan sistem. Server MQTT yang digunakan pada penelitian ini telah berhasil dijalankan sesuai dengan rancangan penelitian. *Pattern* dan *topic* telah diimplementasikan sesuai dengan penyimpanan data pada server MQTT yang digunakan. *Pattern* digunakan sebagai alamat data yang disimpan oleh *cloud*, sedangkan *topic* merupakan judul dari media penyimpanan yang dipakai. Data dikirimkan secara kontinyu setiap 6 detik. Antarmuka untuk tampilan *mobile* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Mulai dari login bagi peternak yang hendak menggunakan aplikasi ini. Kemudian pada tampilan halaman utama dapat memilih opsi parameter iklim mana yang akan ditampilkan.

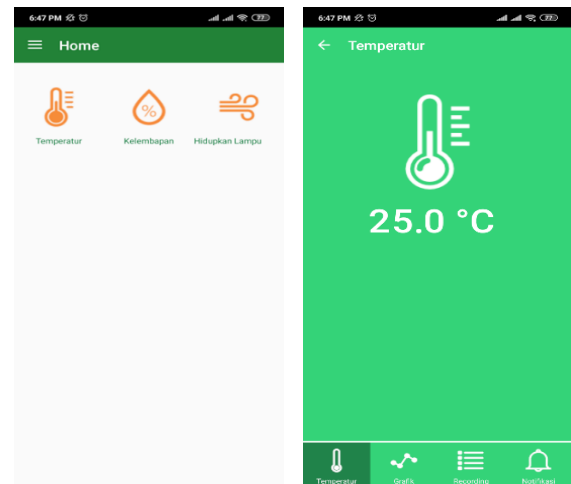
Sistem ini juga telah dapat mengirimkan notifikasi bahaya saat iklim mikro berada pada posisi ekstrem (suhu di atas 35 °C) melalui media *push bullet* seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Informasi ini dapat diperoleh bagi pengguna yang memasang media komunikasi *push bullet*. Notifikasi ini berguna jika dalam kondisi bahaya sehingga beragam upaya dapat dilakukan oleh peternak untuk mencegahnya secara dini.

Sistem telah dapat menampilkan kondisi iklim mikro yang ada pada kandang. Sensor aktif bertindak sebagai MQTT publisher dan mengirim data dari sensor iklim yang dipasang di lapangan, diterima oleh MQTT server dengan *topic* “*unu/iot/rumahbroiler*”. Untuk dapat menyimpan data yang masuk ke MQTT ke dalam basis data, diperlukan penghubung. Pada penelitian ini telah dibuat aplikasi berbasis Android untuk dapat menyalurkan data dari sensor yang diterima di MQTT ke dalam tampilan *mobile*.

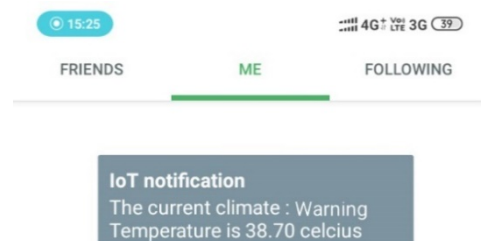
C. Pengujian sistem

Pengujian sistem meliputi pengujian *throughput* dan *packet loss* pengiriman data sensor ke server MQTT. Dari jumlah paket data yang masuk dan lamanya pengambilan data, dapat diketahui *throughput* pada suatu jaringan seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1. Parameter waktu menunjukkan waktu dimana kontroler mengirimkan data ke *access point* terkoneksi dengan jaringan internet pada posisi ujung kandang yang digunakan pada penelitian. Peningkatan *throughput* terjadi seiring dengan berlangsungnya waktu pengiriman paket data yang dikirimkan ke *access point*.

Hasil pengujian PL_t ditunjukkan pada Tabel 2. Data dikirim setiap 6 detik selama 1 menit. Dalam pengirimannya dilakukan dengan variasi data dalam setiap percobaan. Pembaruan data setiap 6 detik ini



Gambar 5. Hasil pemantauan untuk perangkat lunak Android pada sistem berjalan



Gambar 6. Peringatan pada kondisi temperatur ekstrem

Tabel 1. Pengujian jarak dan *throughput* yang dihasilkan oleh sistem

| Nomor | Waktu (detik) | Jarak (meter) | Data Terkirim | <i>Throughput</i> (byte) |
|-------|---------------|---------------|---------------|--------------------------|
| 1 | 12 | 10 | Ya | 1255 |
| 2 | 24 | 20 | Ya | 1988 |
| 3 | 36 | 30 | Ya | 3215 |
| 4 | 48 | 40 | Ya | 4255 |
| 5 | 60 | 50 | Ya | 6550 |
| 6 | 72 | 60 | Ya | 8504 |
| 7 | 84 | 70 | Ya | 10562 |

Tabel 2. Pengujian PL_t untuk sistem berjalan dengan berbagai variasi interval waktu

| Interval (detik) | Byte / menit | | PL_t (%) |
|------------------|-------------------|----------------|------------|
| | <i>nt receive</i> | <i>nt sent</i> | |
| 6 | 640 | 640 | 0,00 |
| 12 | 1150 | 1205 | 4,56 |
| 18 | 1345 | 1450 | 7,24 |
| 24 | 1885 | 1950 | 3,33 |
| 30 | 2146 | 2280 | 5,88 |
| 36 | 2877 | 3150 | 8,67 |
| 42 | 3575 | 3850 | 7,14 |
| 48 | 4120 | 4250 | 3,06 |
| 54 | 5565 | 5781 | 3,74 |
| 60 | 6110 | 6540 | 6,57 |

sudah cukup memadai dengan perubahan nilai PL_t untuk pengiriman data iklim mikro dalam kandang

tertutup dengan rentang waktu yang tidak ekstrem (lambat). Untuk menghemat jumlah data terkirim ke broker MQTT, interval waktu pengiriman juga bisa diatur sesuai kebutuhan. Rata-rata *packet loss* yang diperoleh cukup rendah, yaitu 5,02 %. Adanya *packet loss* ini disebabkan faktor *floating* yang mempengaruhi konversi pada mikrokontroler dan faktor *noise* saat pengiriman dan penerimaan data di titik pemasangan.

Sistem pemantauan berbasis jaringan internet sangat diperlukan agar unjuk kerja sistem untuk dapat memantau keseluruhan parameter iklim dapat berjalan seperti pada [3], [4], namun dapat dipantau melalui Internet seperti pada [17]. Penggunaan Internet dan media *smartphone* mengatasi kendala peternak dalam memantau kandangnya dari jarak jauh. Parameter temperatur efektif dalam sistem ini digunakan sebagai dasar pengontrolan kandang ayam daripada [17] yang menggunakan temperatur aktual. Pengembangan lain perlu dilakukan menggunakan arsitektur sensor multinode seperti pada [13], [16]. Sistem pemantauan juga dapat dilengkapi dengan sensor citra kamera seperti [7] atau PIR seperti [8], [16] untuk mengamati pergerakan manusia yang dapat memasuki kandang agar dapat terdeteksi untuk keamanan kandang.

IV. KESIMPULAN

Sistem pemantauan iklim mikro berupa temperatur efektif dalam kandang tertutup berbasis IoT telah berhasil dikembangkan untuk mengukur iklim mikro berdasarkan temperatur, kelembapan, dan kecepatan angin di dalam kandang tertutup. Data pengukuran telah dapat ditampilkan di layar LCD 16X4 sebagai layar pemantauan lokal dan dikirimkan ke server MQTT untuk pemantauan jarak jauh yang dapat diakses melalui aplikasi Android secara dengan rata-rata *packet loss* sebesar 5,02 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh DRPM Ditjen Penguatan Risbang termasuk BOPTN melalui LLDIKTI V dan Universitas Nahdlatul Ulama Yogyakarta yang menyediakan tempat dalam pengujian hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Abdurrahman, G. M. Gebru and T. T. Bezabih, "Sensor based automatic irrigation management system," *International Journal of Computer and Information Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 532-535, 2015.
- [2] T. Cao-hoang, C. N. Duy, "Environment monitoring system for agricultural application based on wireless sensor network," in *Seventh International Conference on Information Science and Technology*, Da nang, Vietnam, Apr. 2017, pp. 99–102. doi: [10.1109/ICIST.2017.7926499](https://doi.org/10.1109/ICIST.2017.7926499)
- [3] A. Alimuddin, K. B. Seminar, I. D. M. Subrata, N. Nomura, and S. Sumiati, "Temperature control system in closed house for broilers based on ANFIS," *Telkonnika*, vol. 10, no. 1, pp. 75–82, 2012. doi: [10.12928/telkonnika.v10i1.762](https://doi.org/10.12928/telkonnika.v10i1.762)
- [4] R. Prihandanu, A. Trisanto, and Y. Yuniati, "Model sistem kandang ayam closed house otomatis menggunakan Omron Sysmac CPM1A 20-CDR-A-V1," *Electrician*, vol. 9, no. 1, pp. 54–62, 2015
- [5] P. Dewanto, M. Munadi, and M. Tauvqiirahman, "Development of an automatic broiler feeding system using PLC and HMI for closed house system," *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, vol. 58, no. 1, pp. 139-149, 2019.
- [6] S. R. Prathibha, A. Hongal, and M. P. Jyothi, "IoT based monitoring system in smart agriculture," in *International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology*, Bangalore, India, Mar. 2017, pp. 81-84. doi: [10.1109/ICRAECT.2017.52](https://doi.org/10.1109/ICRAECT.2017.52)
- [7] J. Boobalan, V. Jacintha, J. Nagarajan, K. Thangayogesh, and S. Tamilarasu, "An IoT based agriculture monitoring system," in *2018 International Conference on Communication and Signal Processing*, Chennai, India, Apr. 2018, pp. 594–598. doi: [10.1109/ICCSP.2018.8524490](https://doi.org/10.1109/ICCSP.2018.8524490)
- [8] R. Dagar, S. Som, and S. K. Khatri, "Smart farming – IoT in agriculture," in *2018 International Conference on Inventive Research in Computing Applications*, Coimbatore, India, Jul. 2018, pp. 1052–1056. doi: [10.1109/ICIRCA.2018.8597264](https://doi.org/10.1109/ICIRCA.2018.8597264)
- [9] F. Tong-ke, "Smart agriculture based on cloud computing and IoT," *Journal of Convergence Information Technology*, vol. 8, no. 2, pp. 210–216, 2013.
- [10] S. Millan, J. Casadesus, C. Campilio, M. J. Monino, and M. H. Preto, "Using soil moisture sensors for automated irrigation scheduling in a plum crop," *Water*, vol. 11, no. 10, pp. 1-18, 2019. doi: [10.3390/w11102061](https://doi.org/10.3390/w11102061)
- [11] P. A. Bhosale and V. V. Dixit, "Water saving-irrigation automatic agricultural controller," *International Journal of Scientific and Technology Research*, vol. 1, no. 11, pp. 118-123, 2012.
- [12] N. Maulana, O. D. Nurhayati, and E. D. Widiyanto, "Perancangan sistem sensor pemonitor lingkungan berbasis jaringan sensor nirkabel," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 353-360, 2016. doi: [10.14710/jtsiskom.4.2.2016.353-360](https://doi.org/10.14710/jtsiskom.4.2.2016.353-360)
- [13] E. D. Widiyanto, A. F. Rochim, and O. D. Nurhayati, "WSN infrastructure for green campus development," in *International Conference On Information Technology Systems and Innovation*, Bali, Indonesia, Nov. 2015, pp. 1-5. doi: [10.1109/ICITSI.2015.7437731](https://doi.org/10.1109/ICITSI.2015.7437731)
- [14] I. Sugriwan, A. Rachmattullah, O. Soesanto, and A. D. Harnawan, "Desain dan fabrikasi alat ukur kadar gas metana (CH₄) pada lahan gambut menggunakan

- sensor TGS2611 berbasis ATmega8535," *Jurnal Neutrino*, vol. 8, no. 1, pp. 11-20, 2015. doi: [10.18860/neu.v0i0.3165](https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.3165)
- [15] R. Alfanz, A. Nurhadi, and J. A. Laksmono, "Perancangan dan implementasi sistem monitoring produksi biogas pada biodigester," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 128–134, 2016. doi: [10.25077/jnte.v5n1.216.2016](https://doi.org/10.25077/jnte.v5n1.216.2016)
- [16] F. Z. Rachman, A. Armin, N. Yanti, and Q. Hidayati, "Implementasi jaringan sensor nirkabel zigbee menggunakan topologi mesh pada pemantauan dan kendali perangkat ruang," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 3, pp. 201-206, 2017. doi: [10.25126/jtiik.201743438](https://doi.org/10.25126/jtiik.201743438)
- [17] T. R. M. Saputra, M. Syaryadhi, and R. Dawood, "Penerapan wireless sensor network berbasis internet of things pada kandang ayam untuk memantau dan mengendalikan operasional peternakan ayam," in *Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro*, Banda Aceh, Indonesia, Oct. 2017, pp. 81-88.