

Implementation IoT-Based of an Air Quality Monitoring System and Automatic Thermal Control in Broiler Chicken Farming SMEs in Ketapang Regency

Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dan Pengendali Termal Otomatis Berbasis IoT Pada Ukm Peternakan Ayam Broiler Di Kabupaten Ketapang

Saifudin Usman^{1*}, Fachrul Rozie², Muh Anhar³

Politeknik Negeri Ketapang

saifudinu@politap.ac.id¹, frozie@politap.ac.id², aan@politap.ac.id³

ABSTRACT

The food crisis is a global problem that needs to be overcome. One effort is to increase the production of animal protein, especially broiler chickens. Small and Medium Enterprises (SMEs) broiler chicken farms have an important role in providing animal protein for the community. The high demand for chicken meat in Ketapang provides potential for local livestock SMEs to increase broiler chicken production. Based on the results of the situation analysis, several local livestock SMEs have started trying to switch to the closed-house cage model to increase the livestock population, but have not been able to increase production results due to the high mortality rate of chickens until harvest time. Through the Community Partnership Empowerment program, the solution offered by the PKM proposing team is the implementation of an air quality monitoring and thermal control system based on the Internet of Things (IoT), which is expected to be a solution in increasing broiler chicken production results. The results of implementing an IoT-based automatic air quality monitoring and thermal control system include increased broiler chicken production, reduced chicken mortality rates until harvest time and increased partner income at harvest time.

Keywords: Thermal, IoT, SME, Broiler, Protein

ABSTRAK

Krisis pangan merupakan salah satu masalah global yang perlu diatasi. Salah satu upayanya adalah dengan meningkatkan produksi protein hewani, khususnya ayam broiler. Usaha Kecil Menengah (UKM) peternakan ayam broiler memiliki peran penting dalam penyediaan protein hewani bagi masyarakat. Tingginya permintaan daging ayam di Ketapang menjadi potensi bagi UKM peternakan lokal untuk dapat meningkatkan produksi ayam broiler. Berdasarkan hasil analisis situasi, beberapa UKM peternakan lokal sudah mulai mencoba beralih ke model kandang closed-house untuk meningkatkan populasi ternak, namun belum dapat meningkatkan hasil produksi dikarenakan tingkat kematian ayam hingga masa panen yang masih tinggi. Melalui program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat, solusi yang ditawarkan oleh tim pengusul PKM adalah penerapan sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal berbasis Internet of Things (IoT), yang diharapkan mampu menjadi solusi dalam meningkatkan hasil produksi ayam broiler. Hasil penerapan sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal otomatis berbasis IoT diantaranya adalah dengan meningkatnya hasil produksi ayam broiler, turunnya tingkat mortalitas ayam hingga masa panen dan meningkatnya pendapatan mitra pada saat panen.

Kata Kunci : Termal, IoT, UKM, Broiler, Protein

1. Pendahuluan

Usaha peternakan unggas adalah usaha yang paling cepat dan efisien untuk menghasilkan bahan pangan hewani yang baik dan bergizi tinggi serta memiliki permintaan yang cukup tinggi. Ayam broiler adalah strain ayam pedaging yang efektif memproduksi daging karena pertumbuhannya cepat dan konversi ransumnya baik sehingga dapat dipanen dalam waktu yang cepat. Karena perumbuhannya cepat sehingga banyak dipelihara oleh peternak baik skala kecil maupun besar. Ayam broiler adalah salah satu sumber pangan populer di Indonesia,

sehingga Usaha Kecil dan Menengah (UKM) membudidayakannya sebagai sumber perekonomian. Mitra Sasaran PKM adalah masyarakat produktif secara ekonomi di desa sungai pelang, Kecamatan Matan Hilir Selatan Kabupaten Ketapang yang bergerak pada bidang peternakan ayam pedaging (*broiler*). Karena lokasi kandang yang jauh dari pemukiman penduduk serta tersedia listrik, jalan, dan infrastruktur lainnya yang memadai, maka kawasan ini sangat ideal untuk beternak ayam petelur dan ayam broiler. Selain beternak ayam *broiler*, kelompok masyarakat ini juga mengolah kotoran ayam menjadi pupuk.

Para peternak berjuang dengan metode lama dan teknologi yang terbatas. Pengendalian suhu kandang masih dilakukan dengan cara konvensional sehingga pengukuran suhu kandang menjadi tidak akurat dan efisien. Karena kualitas udara, suhu, dan kelembapan, banyak ayam yang mati karena kesulitan pernapasan, stres akibat panas, berat badan kurang, dan penyakit di kandang ayam. Selain suhu, kandang ayam mempunyai permasalahan kualitas udara. Kandang yang kotor memicu peningkatan gas amonia yang tinggi yang dapat membuat ayam kehilangan nafsu makan dan menghambat tumbuh kembangnya akibat kekurangan gizi. Kesalahan peternak ayam broiler dengan sistem kandang *closed-house* selama ini adalah hanya berfokus pada pengendalian suhu ruang, padahal yang harus didahulukan pertama adalah kebutuhan oksigen dan suhu tubuh ayam broiler yang sangat mempengaruhi metabolismenya. Selain itu peternak juga sering menggunakan pemanas dengan cara pembakaran menggunakan bahan bakar dan oli bekas pada masa brooding. Pemanas dengan cara pembakaran ini juga menghasilkan gas karbondioksida, yang bisa berdampak pada buruknya kualitas udara di kandang. Dengan terbatasnya gas bersubsidi bagi UKM, harga bahan bakar solar atau oli bekas yang juga semakin mahal, maka diperlukan penggunaan pemanas lain sebagai alternatif. Salah satunya adalah penggunaan pemanas listrik dengan jenis serat karbon yang dapat memancarkan gelombang panas dengan jarak yang jauh. Pemanas jenis ini sangat aman dan mudah digunakan dengan sumber listrik yang tersedia serta bisa lebih hemat biaya jika bisa dikendalikan secara otomatis menggunakan sistem automasi dan teknologi digital. Kesalahan lain yang juga sering dilakukan adalah terlalu padatnya jumlah ayam broiler yang tidak sesuai dengan luas kandang, yang menyebabkan suhu tubuh ayam saat ayam berumur 3 minggu hingga menjelang panen sangat tinggi, yang berakibat juga pada kualitas udara di kandang menjadi sangat buruk karena karbondioksida, amonia dan gas lainnya hasil dari metabolisme atau kotoran ayam itu sendiri.

Beberapa penelitian terkait tentang sistem monitoring dan pengendali pada peternakan ayam broiler sistem *closed-house* diantaranya adalah (Jamal dan Thamrin, 2021) merancang sistem monitoring dan kendali kandang ayam broiler berbasis *IoT*. Sistem ini menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan berat badan ayam untuk memantau kondisi kandang. Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan ditampilkan pada aplikasi smartphone. Sistem ini dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan ayam, kondisi kandang, dan kesehatan ayam secara real-time. Sistem kontrol kandang ayam broiler berbasis *IoT* menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan cahaya untuk memantau kondisi kandang (Fitriasari dkk., 2020). Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan digunakan untuk mengontrol suhu, kelembaban, dan lampu kandang secara otomatis. Sistem ini dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas ayam broiler hingga 10%. Sistem monitoring peternakan ayam broiler berbasis *IoT* menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan berat badan ayam untuk memantau kondisi kandang (Masriwilaga dkk., 2019). Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan ditampilkan pada aplikasi smartphone. Sistem ini dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan ayam dan kondisi kandang secara real-time. Sistem kendali otomatis di kandang ayam untuk meminimalkan gas amonia. Sistem ini menggunakan sensor gas amonia untuk memantau kadar gas amonia di dalam kandang (Supriyono dkk., 2021). Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan digunakan untuk mengontrol kipas ventilasi kandang. Sistem ini dapat digunakan untuk mengurangi kadar gas amonia di dalam kandang hingga 50%. (Wicaksono & Kamal, 2020) yang merancang sistem kontrol kandang ayam *closed-house* berbasis *IoT*. Sistem ini menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan gas amonia untuk memantau kondisi kandang. Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan

ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. mengembangkan sistem ini pemberian pakan otomatis dan mengendalikan suhu, kelembaban menggunakan kipas ventilasi kandang secara otomatis (Surahman dkk., 2021). Sistem monitoring dan kendali kandang ayam *broiler* berbasis *IoT* menggunakan *cloud computing* dan algoritma *Fuzzy* (Husein & Kharisma, 2020). Sistem ini menggunakan sensor suhu, kelembaban, dan cahaya untuk memantau kondisi kandang. Data sensor kemudian dikirim ke cloud untuk diolah dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Sistem ini dapat digunakan untuk memantau kondisi kandang secara *realtime* dan menghasilkan laporan analisis data.

Dari beberapa penelitian terkait sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring dan kendali untuk kandang ayam *broiler* sistem *closed-house* hanya menggunakan sensor suhu dan kelembaban, pengendali kipas ventilasi dan penggunaan layanan *IoT* berbasis cloud dengan jaringan internet. Dalam pelaksanaan pengabdian ini, sistem monitoring dan pengendalian kandang tidak hanya berfokus pada suhu kandang, namun juga pada kualitas udara dalam kandang. Penggunaan sensor SGP40 untuk mengukur total kandungan senyawa organik yang mudah menguap (TVOC) dan kandungan karbondioksida yang setara (eCO₂) sebagai indikator kualitas udara (Huang dkk., 2022) dalam kandang yang digunakan sebagai parameter dalam mengendalikan kipas ventilasi. Sistem pengendalian pada pelaksanaan pengabdian ini juga menambahkan pengendalian pompa pada *cooling-pad* dan lampu pemanas serat karbon saat periode *brooding* secara otomatis. Penerapan sistem monitoring dan pengendali termal ini juga didesain terpisah antara node sensor (*Sensor-Node*) dengan node pengendali (*Control-Node*), dan semua node terhubung secara tersentralisasi ke *Edge-Server* dengan komunikasi nirkabel. Penggunaan *Edge-Server* ini sebagai solusi atas keterbatasan jaringan internet di lokasi kandang, sehingga semua data sensor dan sistem pengendalian dapat dilakukan menggunakan jaringan *wifi* lokal maupun terintegrasi pada cloud jika memiliki akses internet yang memadai.

Tujuan dari kegiatan ini adalah penerapan teknologi tepat guna sebagai solusi untuk meningkatkan hasil produksi, menekan angka mortalitas dengan mencegah *heat-stress* pada ternak, menjaga dan memonitor kualitas udara secara *realtime* dengan sistem ventilasi udara yang berjalan secara otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat memudahkan peternak dalam hal pemantauan dan pengendalian. Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan yang ada seperti sulit mengendalikan suhu ruang, kelembaban, kualitas udara, dan unggas yang kurang produktif bisa menggunakan beberapa solusi yang telah dirancang dengan mendorong pengendalian kotoran ayam secara baik dengan memperhatikan indikator tingkat emisi karbondioksida dan gas amonia yang dihasilkan dari metabolisme unggas melalui perangkat *IoT* yang dihubungkan dengan peternak. Indikator keberhasilan setelah menerapkan sistem *IoT* adalah hasil produksi yang meningkat dengan angka mortalitas yang rendah, unggas lebih sehat dan cepat bertumbuh kembang, efisiensi waktu dan tenaga, serta kebutuhan pasar untuk daging ayam terpenuhi.

2. Metode

Kegiatan PKM ini dilakukan pada mitra yaitu kelompok peternak ayam *broiler* yang memiliki rata-rata populasi dibawah 5000 ekor ayam. Kelompok peternak yang menjadi mitra beralamat di desa sungai pelang, Kecamatan Matan Hilir Selatan Kabupaten Ketapang. Jumlah kandang *closed-house* yang akan diterapkan teknologi sistem monitoring dan pengendali termal berbasis *IoT* sebanyak 2 kandang, yang memiliki kapasitas sebanyak 3000 dan 3500 ekor ayam pedaging. Untuk mengembangkan perangkat *IoT* yang akan diterapkan, dilakukan beberapa tahapan awal seperti observasi lapangan, identifikasi masalah dan analisa kebutuhan sistem. Ada beberapa masalah dalam penerapan teknologi *IoT* di lokasi kandang, yaitu akses jaringan internet yang kurang memadai dan kurang baiknya kualitas tegangan listrik dari PLN.

Tabel 1. Daftar komponen yang digunakan pada perangkat *IoT*.

Perangkat	Komponen	Jumlah
Sensor-Node	MCU ESP32v4 + Ext. Antenna	2
	Charger Modul TP5000	2
	DC-DC Boost Converter	2
	Sensor MICS-6514	2
	Sensor BME-680	2
	Sensor SGP40	2
	Battery LifePO4 6Ah	4
	Epaper Ink 2.9Inch	2
	ABS Box	2
	Adaptor 5v	2
Control-Node	MCU ESP32v4 + Ext. Antenna	2
	Charger Modul TP5000	2
	DC-DC Boost Converter	2
	SSR 40DA	2
	SSR 4Ch High	2
	Battery LifePO4 6Ah	4
	Epaper Ink 2.9Inch	2
	ABS Box	2
	Adaptor 5v	2
Edge-Server	SBC Raspi 4B 8Gb	1
	LCD Touch IPS 7inch	1
	Charger Modul TP5000	1
	DC-DC Boost Converter	1
	Battery LifePO4 6Ah	4
	Adapator 5v	1
	ABS Box	1

Dengan masalah jaringan internet yang kurang memadai tersebut, maka penggunaan layanan *IoT* berbasis *cloud* sangat tidak mungkin diterapkan. Sebagai solusi untuk menanggulangi masalah tersebut adalah dengan menambahkan perangkat yang bertindak sebagai server lokal atau *Edge-Server* dan pemasangan *Wireless Gateway* untuk menghubungkan semua *Sensor-Node* dan *Control-Node* yang dipasang pada tiap kandang pada satu jaringan sensor nirkabel yang sama (Usman dkk., 2023). Adapun beberapa komponen yang digunakan pada perangkat *IoT* yang dikembangkan untuk 2 unit *Sensor-Node*, 2 unit *Control-Node* dan 1 unit *Edge-Server* dapat dilihat pada tabel 1.

Metode yang dilakukan pada pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat merupakan metode pemberdayaan yang melibatkan mitra sebagai peternak.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan

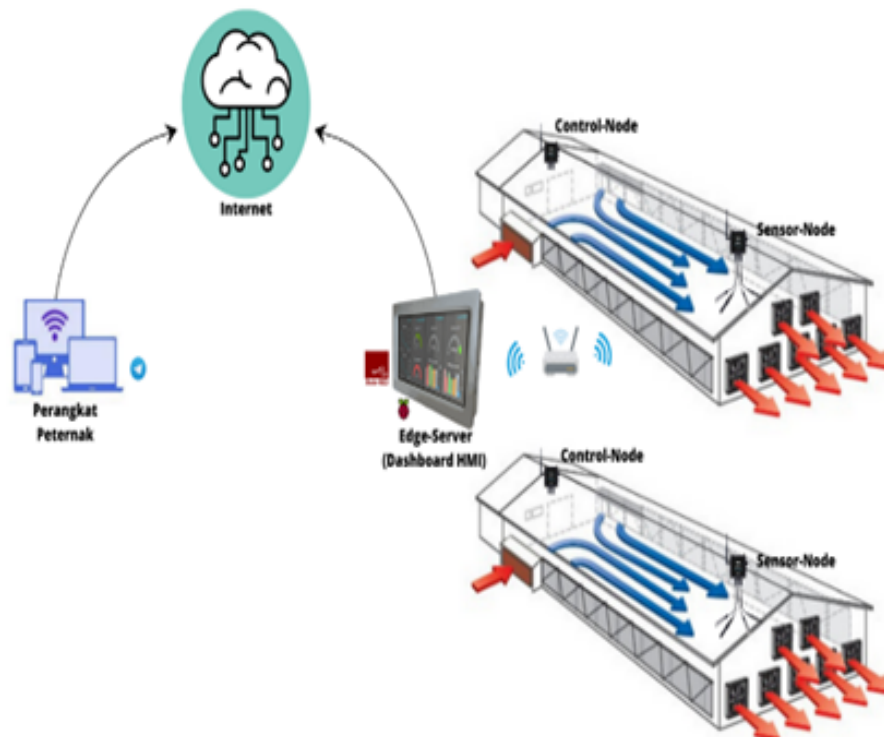
Berdasarkan pada diagram tahapan pelaksanaan dapat diuraikan langkah-langkah pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat sebagai berikut:

1. Analisis Situasi
Pada tahap ini, tim melakukan survei ke lokasi kandang peternakan ayam *broiler* untuk melakukan observasi tahap awal dan melakukan identifikasi masalah. Setelah mengidentifikasi dan menghimpun semua permasalahan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisa terkait masalah-masalah yang ada di lokasi kandang ayam *broiler*. Berdasarkan analisa diperoleh bahwa tingkat kematian pada ayam masih tinggi yang disebabkan keadaan suhu dan kualitas udara dalam kandang yang tidak baik sehingga berakibat kematian pada ayam.
2. Desain
Pada tahapan desain, tim melakukan perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak berdasarkan data dan informasi yang telah dikumpulkan agar sistem yang dirancang berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuannya yaitu sebagai sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal di dalam kandang.
3. Penerapan
Pada tahap ini, instalasi dan pemasangan perangkat seperti *Sensor-Node*, *Control-Node* dan *Edge-Server* dilakukan. Integrasi sistem monitoring kandang pada 4 parameter yaitu Suhu, Kelembaban, Gas Ammonia dan Indeks Kualitas Udara. Pengujian sistem dilakukan dan berfokus pada monitoring dan pengendalian kipas *blower* dan lampu pemanas yang berjalan secara otomatis berdasarkan nilai parameter suhu dan kualitas udara yang ditetapkan.
4. Pelatihan dan Pendampingan
Pada tahapan ini, dilakukan pelatihan penggunaan peralatan teknologi yang sudah berhasil di terapkan kepada mitra agar mendapatkan transfer pengetahuan tentang cara kerja, perawatan dan pengoperasian alat. Tim pengabdian juga melakukan

pendampingan dan dukungan untuk keberlanjutan penerapan teknologi yang dikembangkan untuk masyarakat.

3. Hasil Pelaksanaan

Berdasarkan hasil analisa permasalahan, kegiatan pengabdian yang dilaksanakan selama 4 bulan ini bertujuan untuk membantu mitra dalam mengatasi berbagai permasalahan usaha peternakan ayam dengan model kandang *closed-house*. Solusi yang diajukan oleh tim pengusul pengabdian antara lain adalah dengan penerapan sistem monitoring suhu dan kualitas udara secara *realtime*, serta menerapkan sistem automasi untuk mengendalikan pemanas dan kipas ventilasi udara berbasis *Internet of Things (IoT)*. Penerapan sistem monitoring dan automasi kandang berbasis *IoT* menggunakan *Edge-Server* yang dikembangkan sebagai solusi terhadap kurang memadainya jaringan internet di lokasi peternakan. Dengan *Edge-Server* yang dipasang pada jaringan wifi secara lokal, membuat sistem monitoring kandang tidak lagi tergantung pada koneksi internet atau layanan *Cloud IoT*. Gambaran penerapan lptek melalui sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal berbasis *IoT* di kandang ayam *closed-house* dapat dilihat pada gambar 2 berikut;



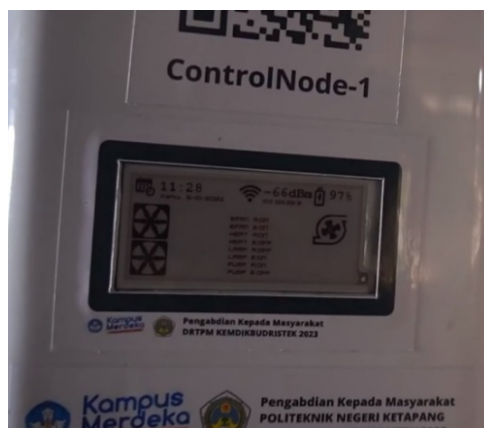
Gambar 2. Gambaran lptek

Sensor suhu dan kualitas udara dirakit menjadi perangkat yang disebut *Sensor-Node*. *Sensor-Node* yang dipasang sebanyak 1 unit tiap kandang, sebanyak 2 kandang. Perangkat *Sensor-Node* juga dilengkapi layar *E-ink* dan sumber daya *battery* LiFePO4, sehingga dapat menampilkan nilai suhu, kelembapan, gas NH3 dan indeks kualitas udara secara *realtime*. Pada layar juga ditampilkan status dari koneksi nirkabel dan sumber daya listriknya. Pada gambar 3 dapat dilihat hasil pemasangan dan pembacaan dari sensor dipasang di kandang.



Gambar 3. Instalasi *Sensor-Node*

Pemasangan perangkat pengendali termal atau *Control-Node* dipasang dekat dengan panel listrik pengendali manual yang sudah dimiliki sebelumnya. Beberapa output dari relay yang ada di *Control-Node* digunakan untuk mengendalikan kipas *blower* ventilasi udara, pompa coolingpad dan lampu pemanas. *Control-Node* yang dipasang jumlahnya sebanyak 1 unit tiap kandang, sebanyak 2 kandang. Gambar 4 menunjukkan tampilan dari status kipas *blower* ventilasi dan pompa coolingpad yang sedang menyala. Sedangkan pada gambar 5, menunjukkan lampu pemanas dipasang untuk kandang yang disiapkan untuk masa *brooding*.



Gambar 4. Tampilan Layar *Control-Node*



Gambar 5. Pemasangan Lampu Pemanas

Tiap *Sensor-Node* dan *Control-Node* yang telah terpasang di kandang, dikoneksikan ke *Edge-Server* menggunakan jaringan nirkabel menggunakan *WiFi Access Point* yang dipasang di area peternakan. Sebanyak 2 kandang berhasil di integrasikan ke *Edge-Server* agar dapat dimonitoring secara *realtime* dan dikendalikan secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas dari suhu dan indeks kualitas udara yang telah ditetapkan. Selain dapat dipantau dari layar monitor *Edge-Server*, peternak juga dapat memantau dan mengendalikan secara manual melalui

ponsel pintar dengan koneksi jaringan lokal nirkabel di area peternakan. Pemasangan *Edge-Server* disalah satu kandang, dapat dilihat pada gambar 6 berikut;



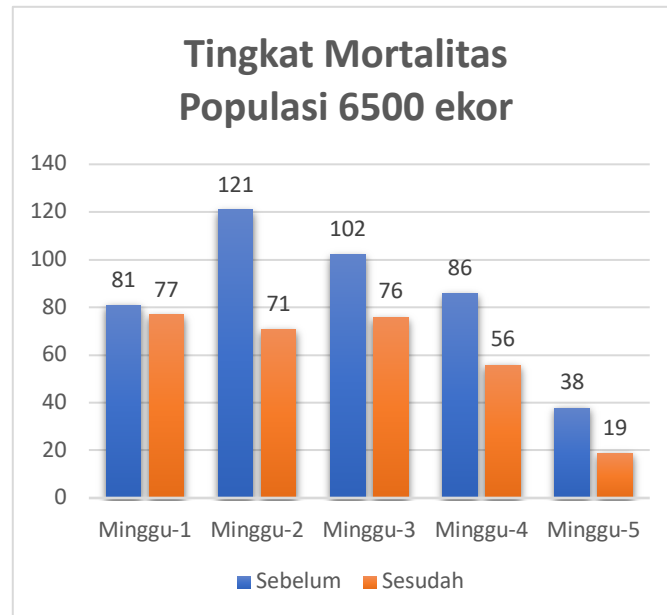
Gambar 6. Instalasi *Edge-Server*

Setelah sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal berbasis *IoT* berhasil diterapkan dikandang milik mitra, tim pengabdian melaksanakan pelatihan mengenai pengoperasian dan pemeliharaan perangkat teknologi tepat guna. Selain itu, tim pengabdian juga melakukan evaluasi terhadap hasil produksi peternakan ayam *broiler* pada mitra dari pelaksanaan pengabdian.

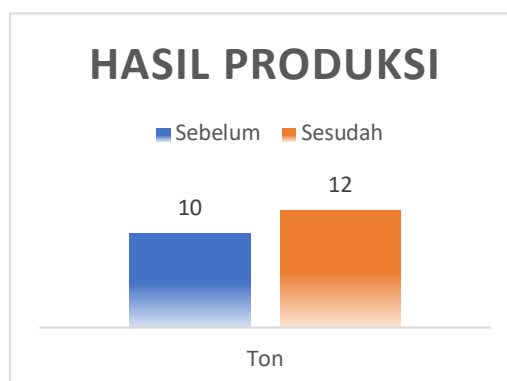


Gambar 7. Pelatihan penggunaan perangkat

Sebelum diberikan intervensi teknologi berupa sistem monitoring dan pengendali termal berbasis *IoT*, tingginya kematian ayam hingga masa panen adalah sekitar 400 ekor ayam. Tingkat mortalitas ayam *broiler* turun menjadi sekitar 300 ekor ayam sampai masa panen. Secara keseluruhan tingkat mortalitas ayam hingga masa panen setelah penerapan sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal otomatis berbasis *IoT* juga mengalami penurunan.



Gambar 8. Tingkat Mortalitas Ayam pasca penerapan Sistem



Gambar 9. Hasil Produksi pasca penerapan Sistem

Peningkatan hasil produksi mitra juga mengalami peningkatan sekitar 2 ton pasca penerapan sistem monitoring dan pengendali termal berbasis *IoT* sebagai dampak positif dari menurunnya tingkat mortalitas ayam hingga musim panen. Selain itu, peningkatan pendapatan mitra juga mengalami kenaikan karena penghematan operasional seperti biaya listrik dan pembelian gas LPG untuk pemanas pada masa *brooding*.

4. Penutup

Hasil dari penerapan teknologi sistem monitoring kualitas udara dan pengendali termal berbasis *IoT* pada peternak ayam *broiler* dengan model *closed-house* antara lain adalah menurunnya tingkat mortalitas pada ayam, meningkatnya hasil produksi dan meningkatnya omzet mitra saat panen. Mitra juga dapat dengan mudah menjaga dan mengontrol kandang di area peternakan pasca penerapan sistem monitoring suhu dan kualitas udara pada kandang ayam *broiler*.

Ucapan Terima Kasih

Tim Pelaksana Pengabdian Kepada Masyarakat mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi (DRTPM) dan Direktorat Akademik Pendidikan Vokasi (APTV) KEMDIKBUDRISTEK, yang telah memberikan dukungan pendanaan untuk pelaksanaan PKM tahun 2023.

Daftar Pustaka

- Fitriasari, F., Zuhrie, M. S., Rusimamto, P. W., & Kholis, N. (2020). Perancangan Sistem Monitoring dan Controlling Kandang Ayam Berbasis Internet of Things. *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*, 3(1), 17–27. <https://doi.org/10.26740/inajet.v3n1.p17-27>
- Huang, H.-W., De Gruijl, D., Fritz, P., Kemkar, A., Ballinger, I., Selsing, G., Chai, P. R., & Traverso, G. (2022). Encapsulation of Gas Sensors to Operate in the Gastrointestinal Tract for Continuous Monitoring. *2022 IEEE Sensors*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/SENSOR52175.2022.9967279>
- Husein, J., & Kharisma, O. B. (2020). Internet of Things (IOT) Development for The Chicken Coop Temperature and Humidity Monitoring System Based on Fuzzy. *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.24014/ijaidm.v3i1.9294>
- Jamal, J., & Thamrin, T. (2021). Sistem Kontrol Kandang Ayam Closed House Berbasis Internet Of Things. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, 9(3), 79. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v9i3.113430>
- Masriwilaga, A. A., Al-hadi, T. A. J. M., Subagja, A., & Septiana, S. (2019). Monitoring System for Broiler Chicken Farms Based on Internet of Things (IoT). *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v7i1.1641>
- Supriyono, H., Suryawan, F., Bastomi, R. M. A., & Bimantoro, U. (2021). Sistem Monitoring Suhu dan Gas Amonia untuk Kandang Ayam Skala Kecil. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 9(3), 562. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v9i3.562>
- Surahman, A., Aditama, B., Bakri, M., & Rasna, R. (2021). Sistem Pakan Ayam Otomatis Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 2(1), 13. <https://doi.org/10.33365/jtst.v2i1.1025>
- Usman, S., Darmanto, D., & Rozie, F. (2023). Desain dan Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel berbasis IoT dengan komunikasi LoRa untuk Sistem Monitoring Kualitas Daya dan Energi Listrik. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 12(1). <https://doi.org/10.30591/smartcomp.v12i1.4588>
- Wicaksono, D., & Kamal, T. (2020). Micro climate monitoring system in closed broiler cages based on the internet of things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 8(2), 100–105. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.8.2.2020.100-105>