

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan akan produk peternakan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk serta upaya peningkatan taraf kesehatan melalui penyediaan produk bergizi. Hal ini menjadi peluang besar untuk mengembangkan usaha di sektor peternakan. Di Indonesia, pengembangan usaha peternakan menjadi solusi atas berbagai tantangan dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan sumber protein hewani terutama dari peternakan unggas. Peningkatan kebutuhan terhadap unggas beserta hasil produksinya, seperti daging, telur, dan produk olahan lainnya menawarkan prospek pasar yang menjanjikan. Faktor pendukungnya meliputi produk unggas yang mudah diterima masyarakat, harga pasar yang terjangkau, hingga ketersediaan produk ternak yang mudah diakses karena telah menjadi kebutuhan publik (Sukmawati et al., 2021).

Secara umum peternak dihadapi dengan tantangan dalam manajemen pemeliharaan yang kurang optimal (Puryantoro & Istiqomah, 2021). Salah satunya terlihat pada peternakan ayam pedaging (broiler) yang dimana pengelolaan kandang sangat penting untuk menjaga kesehatan dan produktivitas ayam. Dalam proses produksi, keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh manajemen pemeliharaan di dalam kandang. Di Indonesia, masih banyak peternak ayam broiler yang menggunakan sistem kandang terbuka (*open house*). Namun, sistem ini belum memenuhi standar ramah lingkungan sehingga mempersulit pengendalian penyakit pada ternak. Untuk mengatasi kelemahan sistem kandang terbuka, maka dikembangkan sebuah inovasi berupa sistem kandang tertutup atau *closed house*. Sistem ini mampu mengontrol kondisi lingkungan kandang secara otomatis (Mulia et al., 2022).

Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam manajemen sistem kandang *closed house* mencakup faktor lingkungan kandang seperti suhu dan kelembapan yang berpengaruh pada pertumbuhan broiler (Fattah et al., 2023). Selain itu, pencahayaan juga menjadi faktor penting bagi kehidupan ayam broiler karena cahaya mengatur banyak proses fisiologis dan perilaku ayam (Sadi & Nuhon, 2022). Pada kandang *closed house* terdapat sebuah teknologi yang disebut *climate controller*, dikenal juga sebagai temptron atau thermohygrometer sebagai pengendali kondisi lingkungan kandang dengan mengontrol temperatur dan pencahayaan (Sadi & Nuhon, 2022). Rifandi dan Wisaksono (2024) dalam tulisannya juga menyatakan bahwa sistem ini bertindak sebagai pengendali fisik sehingga peternak hanya memantau kondisi sistem namun *climate controller* ini terkendala secara historis sehingga pengelola mengalami kesulitan.



lingkungan telah banyak diimplementasikan sebelumnya, namun masih terdapat kendala seperti sistem pemantauan konvensional yang

mengakibatkan data pemantauan tidak tersimpan secara otomatis, hingga keterbatasan dalam pemantauan jarak jauh. Dengan adanya perkembangan teknologi khususnya melalui *Internet of Things* (IoT) yang menawarkan solusi efektif untuk mengatasi kendala ini. Teknologi IoT ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan perangkat elektronik yang terhubung melalui jaringan internet kapan saja dan di mana saja (Jamal & Thamrin, 2021). Pertimbangan lainnya, pemantauan lingkungan secara konvensional juga membutuhkan banyak tenaga kerja, memakan waktu dan rentan terhadap informasi subjektif. Penerapan teknologi otomatis akan sangat membantu dalam mencapai pemantauan yang efisien (Parajuli et al., 2020 dalam Özentürk et al., 2024).

Berbagai penelitian tentang *Internet of Things* (IoT) telah dilakukan, terutama dalam konteks pemantauan lingkungan. Salah satunya adalah penelitian oleh Komara N et al., (2024) yang mengembangkan sistem pemantauan lingkungan kandang ayam pedaging berbasis IoT. Hasil dari penelitian ini mencakup perekaman data suhu dan kelembapan yang dapat langsung dibaca melalui monitor sensor dan diakses melalui *website*. Selain itu, Idofitriamadhan et al., (2023) juga melakukan penelitian mengenai perancangan *smart system* untuk peternakan ayam berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor suhu DHT11. Hasil dari penelitian ini berupa tampilan grafik dan tabel suhu yang dapat diakses di sebuah *website*. Penelitian lain oleh Masriwilaga et al., (2019) memanfaatkan IoT dalam sistem pemantauan peternakan ayam broiler dengan menggunakan sensor suhu DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta sensor MQ135 untuk mendeteksi kadar gas amonia. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke *website* Firebase dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Selain itu, Wibowo et al., (2022) juga melakukan penelitian mengenai implementasi IoT pada pengendali internal kandang, yang membahas pembuatan panel kontrol untuk pengaturan pencahayaan berselang (*intermittent lighting*) terhadap pengaturan suhu dan kelembapan.

Dari penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa kurangnya instrumen yang mengintegrasikan sensor suhu, kelembapan dan intensitas cahaya dalam satu komponen. *Output* yang dihasilkan pun bervariasi; beberapa penelitian hanya menghasilkan grafik ataupun tabel data, sementara yang lain hanya menyajikan *gauge chart* sehingga analisis data bagi pengelola kandang masih terbatas. Pemantauan memerlukan data yang akurat, *real-time* dan dapat diakses dari jarak jauh agar pengendalian parameter lingkungan tersebut mampu dilakukan dengan cepat sehingga produktivitas ternak tidak terganggu. Pengelolaan data yang masih dilakukan secara konvensional dapat menimbulkan berbagai kendala terkait suhu, pencahayaan (Saefullah et al., 2019).



itu, diperlukan suatu perangkat elektronik yang mampu tiga parameter tersebut secara efisien. Pada penelitian ini akan h sistem pemantauan suhu, kelembapan dan intensitas cahaya m *closed house* secara *real time* dengan kemampuan pat dilakukan dari jarak jauh. Dengan memanfaatkan integrasi

teknologi *Internet of Things* (IoT), sistem ini menggunakan sensor yang mampu merekam data suhu, kelembapan dan intensitas di dalam kandang ayam *closed house*. Perekaman data dari ketiga parameter tersebut akan divisualisasikan melalui *website* yang dirancang khusus untuk menampilkan data perekaman secara *real-time*. Sistem ini dirancang untuk memberi kemudahan bagi pengelola kandang ayam *closed-house* dalam memantau kondisi lingkungan kandang ayam broiler. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data guna mempermudah analisis yang berkelanjutan, sehingga peternak dapat mengevaluasi kondisi kandang dan mengambil keputusan yang lebih baik berdasarkan data historis.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat sistem pemantauan lingkungan berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk merekam dan mengirimkan data suhu, kelembapan dan intensitas cahaya secara *real-time* di kandang ayam tipe *closed-house*, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin.
2. Memantau data secara jarak jauh di kandang ayam tipe *closed-house*, Fakultas Peternakan, Universitas Hasanuddin melalui koneksi internet dan mengkalibrasi sensor untuk memastikan akurasi pengukuran.

1.2.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah memperoleh data pemantauan suhu, kelembapan dan intensitas cahaya secara *real time* di kandang ayam *closed house* menggunakan teknologi berbasis IoT. Selain itu, penelitian ini mendukung pengembangan sistem pemantauan lingkungan secara jarak jauh yang dapat memudahkan pengelolaan kandang ayam *closed house* agar lebih terkontrol dan efisien.

1.3 Landasan Teori

1.3.1 Pemantauan Lingkungan

Pemantauan lingkungan (*environmental monitoring*) merupakan suatu proses yang melibatkan pengamatan, pencatatan, pengukuran, dan pendokumentasian baik secara verbal maupun visual, yang dilakukan sesuai dengan prosedur standar tertentu terhadap satu atau lebih komponen lingkungan. Proses ini menggunakan berbagai parameter sebagai acuan dan dilakukan secara terencana, terjadwal, serta pada siklus waktu yang ditentukan. Dalam konteks pemantauan lingkungan dilakukan untuk menghasilkan sebuah data yang digunakan dalam analisis pengamatan lingkungan (Oroh et al., 2020). Pemantauan atau *monitoring* adalah sistem pengawasan terhadap lingkungan yang menghasilkan sebuah informasi yang bermanfaat. Informasi ini dapat membantu dalam mengambil keputusan terkait kegiatan di lingkungan tersebut (Ahim & Solikhin, 2023).



Pemantauan lingkungan memiliki peranan yang krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem, melindungi sumber daya, dan mendukung kesehatan. Informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai berbagai faktor parameter cuaca sangat dibutuhkan untuk pengambilan keputusan yang solutif, perumusan kebijakan yang tepat serta respon cepat terhadap ancaman lingkungan. Oleh karena itu, penerapan sistem pemantauan lingkungan yang efisien dan ekonomis menjadi suatu keharusan untuk melestarikan warisan alam negara dan memastikan pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan (Setiawan et al., 2023).

Demikian pula sama halnya untuk meningkatkan manajemen lingkungan kandang unggas yang baik terutama pada peternakan ayam, pemantauan kandang secara terus-menerus sangatlah penting. Proses pemantauan lingkungan memberikan data yang berharga seperti kualitas udara peternakan, suhu, kelembapan, kecepatan udara, pencahayaan dan lainnya yang semuanya berperan penting dalam manajemen unggas serta penilaian kesehatan dan kesejahteraan ternak. Akuisisi data secara *real time* memudahkan pengambilan keputusan yang tepat, termasuk pemeliharaan kondisi lingkungan yang mendukung produksi optimal dan deteksi dini wabah penyakit. Selain itu, data dari pemantauan lingkungan juga berkontribusi penuh pada peningkatan produktivitas operasional ternak secara keseluruhan. Mengingat bahwa faktor lingkungan termasuk suhu, kelembapan, ventilasi, konsentrasi gas dan pencahayaan sangat memengaruhi kesehatan dan kinerja ternak (ElZanaty, 2014; Sarica et al., 2018; Zhang et al., 2016 dikutip dalam Özentürk et al., 2024).

1.3.2 Kandang Ayam *Closed House*

Ayam broiler merupakan salah satu jenis ayam yang menghasilkan daging dengan kandungan protein tinggi yang baik bagi tubuh manusia, representasi visual dari ayam broiler dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk meningkatkan produktivitas ayam broiler, kualitas pemeliharaan dapat ditingkatkan dengan menggunakan sistem pemeliharaan intensif di kandang (Manullang et al., 2024). Seiring berjalannya waktu, perubahan genetik pada ayam broiler mengharuskan peternak untuk menyesuaikan pola pemeliharaan mereka. Oleh karena itu, pemeliharaan secara intensif, baik yang konvensional maupun modern, menjadi hal yang perlu dipertimbangkan oleh peternak ayam broiler. Selain itu, faktor perubahan iklim dan kondisi alam yang kadangkala ekstrem turut mempengaruhi perkembangan ayam broiler, karena lingkungan sangat memengaruhi kinerja ayam (Farida et al., 2022).



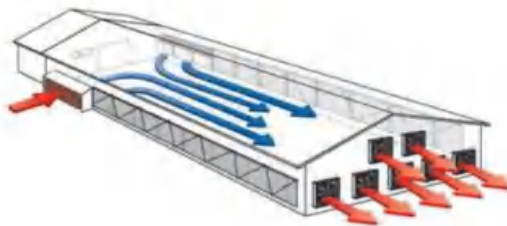
Pemeliharaan ayam broiler dapat dilakukan pada kandang dengan tipe *open* atau tipe kandang dengan dinding terbuka yang memungkinkan matahari dapat masuk ke dalam kandang. Di samping itu, ayam broiler juga dapat dilakukan pada kandang dengan tipe *closed* sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 2. Setiap tipe kandang memiliki kekurangannya masing-masing, namun kandang *closed* dinilai dapat meningkatkan performa ayam broiler. Tipe kandang ini

merupakan pengembangan dari kandang tipe *open house* dengan perbedaan yang terletak pada fitur dan teknologi yang diimplementasikan untuk membantu peternak dalam merawat ayam. Kandang *closed house* merupakan kandang sistem tertutup yang dapat menjamin keamanan biologis pada ayam menggunakan pengaturan ventilasi yang baik. Selain itu, faktor kelembapan, kecepatan angin, dan cahaya yang masuk ke dalam kandang dapat diatur dengan lebih presisi, menciptakan kondisi yang lebih nyaman bagi ayam dan mengurangi risiko stres yang berlebihan (Wibowo et al., 2024).



Gambar 1. Ayam Broiler

Kandang jenis ini juga berfungsi untuk memastikan keamanan biologis ayam dengan membatasi interaksi ayam dengan organisme lain di luar kandang. Salah satu keunggulan kandang tertutup adalah kapasitasnya yang dapat menampung ternak 2-3 kali lebih banyak dibandingkan kandang *open house*. Dengan kapasitas yang lebih besar ini, peternak dapat memperoleh hasil yang lebih banyak dengan luasan kandang yang sama. Dari sisi ekonomi, perawatan kandang lebih terjangkau serta daya tahan kandang lebih lama.



Gambar 2. Kandang Ayam *Closed House* (Efendi et al., 2024)

Pengaturan suhu dan Kelembapan dalam kandang dilakukan menggunakan perangkat pengontrol iklim (*climate controller*), biasanya juga dikenal dengan



hygrometer yang mampu secara otomatis dan manual mengatur lampu di dalam kandang. Temptron adalah mikrokontroler untuk pengelolaan iklim pada kandang ternak. Cara kerjanya sangat sederhana, temptron akan mengaktifkan kipas untuk mendinginkan ketika suhu menurun, kipas akan dimatikan dan *central heater* dinyalakan untuk menghangatkan kandang (Efendi et al.,

1.3.3 Internet of Things (IoT)

Perkembangan teknologi di bidang informasi, internet, dan perangkat elektronik telah membuat banyak perangkat yang awalnya tidak dapat terhubung ke internet kini memiliki kemampuan tersebut (Vanelli & Silvia, 2017 dalam Pereira et al., 2020), hal ini membuka jalan *Internet of Things* (IoT) yang pertama kali dicetuskan oleh Kevin Ashton untuk mengenalkannya kepada khalayak luar (Uckelmann et al., 2011 dalam Pereira et al., 2020).

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memungkinkan pengendalian sistem elektronik secara berkelanjutan melalui koneksi internet. Contohnya adalah mesin yang terhubung dengan *device* yang dapat menjalankan instruksi tertentu berdasarkan program yang telah ditentukan sebelumnya. Cara kerja IoT melibatkan perangkat yang saling terhubung dan berkomunikasi secara otomatis tanpa memerlukan intervensi dari pengguna, selama perangkat tersebut tetap terhubung ke internet. Komponen utama dalam sistem IoT terdiri dari perangkat keras, koneksi internet, dan pusat data berbasis *cloud*. Dalam sistem ini, tanggung jawab pengguna hanya sebatas memastikan bahwa perangkat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan (Ningrum et al., 2023).

1.3.4 Suhu, Kelembapan dan Intensitas Cahaya terhadap Ayam Broiler

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tumbuh kembangnya ayam pada peternakan ayam broiler. Selain ketersediaan pakan, faktor mikroklimat kandang berperan penting dalam mempengaruhi performa ayam (Fajaryani et al., 2024). Salah satu aspek yang berpengaruh ialah suhu di dalam kandang. Suhu menjadi faktor yang paling menentukan karena dapat memengaruhi nafsu makan ayam. Misalnya, ketika suhu kandang terlalu tinggi, ayam akan mengonsumsi lebih banyak air dibandingkan dengan kondisi normal. Jika suhu kandang rendah, ayam cenderung akan makan lebih banyak (Efendi et al., 2024) tetapi jika suhu terlalu rendah ayam broiler cenderung mengalami stres termal (Smith & Teeter, 2015 dalam Maulana et al., 2024). Suhu dalam kandang ayam broiler tidak selalu konstan, hal ini dikarenakan adanya amonia di dalam kandang yang menyebabkan suhu dapat meningkat (Alam et al., 2023).

Kelembapan merupakan faktor lain yang dapat memengaruhi perkembangan ayam. Kelembapan yang tinggi dapat menyulitkan ayam untuk mengeluarkan panas dari tubuh, sehingga menyebabkan akumulasi panas bersamaan dengan tingginya kadar amonia di dalam kandang. Kondisi ini dapat mengakibatkan stres pada ayam dan berdampak pada kualitas daging yang dihasilkan (Alam et al., 2023). Sebaliknya, kandang dengan kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan penurunan berat badan pada ayam broiler sehingga produktivitas juga akan terganggu (Alam et al., 2022).



dan kelembapan, pencahayaan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan ayam broiler karena hal tersebut berperan penting dalam pertumbuhan dan produksi. Intensitas cahaya dapat mengatur

pertumbuhan ayam, meningkatkan efisiensi pakan, serta meminimalkan angka kematian. Selain itu, pencahayaan yang tepat juga dapat mengurangi masalah pada kaki, menurunkan risiko penyakit ascites, mengurangi kejadian mati mendadak, dan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup ayam, serta berbagai aspek lain (Sadi & Nuhon, 2022). Berikut adalah Tabel 1 yang menunjukkan suhu, kelembapan dan intensitas cahaya yang optimal bagi ayam broiler:

Tabel 1. Suhu, Kelembapan dan Intensitas Cahaya yang Optimal Bagi Ayam Broiler di Kandang *Closed House* (Asih & Anwar, 2022; Efendi et al., 2024; Listyasari et al., 2022) (Asih & Anwar, 2022; Hadyanto & Amrullah, 2022; Listyasari et al., 2022; Paputungan et al., 2020)

Umur	Suhu (C)	Kelembapan (%)	Intensitas Cahaya (lux)
1 - 7 hari	32-34	60 - 70	2.69 - 53.8
8 - 14 hari	27-29	60 - 70	2.69 - 53.8
15 - 21 hari	25-26	60 - 70	2.69 - 53.8
22 - 28 hari	23-24	60 - 70	2.69 - 53.8
29 - 35 hari	21-23	60 - 70	2.69 - 53.8

1.3.5 Sensor BME280 dan TMT6000



Gambar 3. Sensor BME280 (Kiri) dan Sensor TMT6000 (Kanan)

Sensor BME280 dan sensor cahaya TMT6000 seperti yang terlihat pada Gambar 3 merupakan dua komponen elektronika yang memiliki peran penting dalam pemantauan lingkungan. Sensor BME280 adalah produk dari Bosch Sensortec yang mengkombinasikan beberapa fungsi dalam satu perangkat yaitu pengukuran temperatur, kelembapan relatif, tekanan, dan ketinggian. Sensor ini didesain dengan ukuran kecil dan konsumsi daya yang rendah sehingga sangat praktis untuk digunakan dalam berbagai aplikasi yang memerlukan daya baterai (Rachmawati et al., 2024). Keunggulan BME280 terletak pada kemampuannya untuk mengukur parameter-parameter tersebut dengan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan modul sensor sejenis yang sering kali memiliki toleransi kesalahan yang lebih besar (Triawan et al., 2023). Di sisi lain, sensor cahaya TMT6000 yang dirancang

untuk mengukur intensitas cahaya dengan sudut sensitivitas kurang dari 60°. Semakin banyak cahaya yang diterima, semakin besar tegangan yang dihasilkan. Sensor ini beroperasi dalam spektrum tampak, yaitu antara 390 nm hingga 780 nm. Sensor ini memiliki luas permukaan tangkap sebesar 2,45 x 2,00 mm. Dengan sensor ini, pembacaan dapat dicapai secara optimal pada jarak sekitar 4-5 volt. Selain itu, sensor ini memiliki waktu respon sekitar 1 ms (Rachmawati et al., 2022).



Sensor BME280 memiliki prinsip kerja yang berbeda di tiap parameter. Dalam pembacaan nilai suhu, sensor bekerja pada prinsip dioda yang dimana saat terjadi perubahan suhu maka tegangan atau *forward voltage* pada dioda juga akan ikut berubah. Misalnya ketika terjadi kenaikan suhu, maka tegangannya akan mengalami penurunan. Sedangkan pada pembacaan nilai kelembapan, sensor menggunakan teknologi kelembapan kapasitif yang dimana terdapat lapisan berpori pada permukaan sensor yang mampu menangkap molekul air dari udara. Saat kelembapan meningkat, konstanta dielektrik dari lapisan tersebut berubah sehingga dapat pula mengubah nilai kapasitansi. Data suhu dan kelembapan yang terukur kemudian dikirim ke pusat kendali melalui komunikasi I2C (Alfaifi et al., 2016).

Sedangkan sensor TEMT6000 yang merupakan sensor analog yang bekerja layaknya fototransistor yang dimana komponen tersebut mengubah intensitas Cahaya menjadi tegangan. Sensor ini menggunakan *silicon NPN epitaxial planar photo transistor*. Sensor ini sangat peka terhadap spektrum cahaya yang dapat terlihat. Ketika cahaya mengenai permukaan sensor, intensitas cahaya akan mempengaruhi jumlah arus listrik yang mengalir. Semakin terang cahaya yang diterima, maka semakin besar arus yang mengalir. Arus ini kemudian mengalir melewati resistor pada rangkaian sehingga menghasilkan tegangan analog (Waruni & Sumadi, 2017).

1.3.6 Mikrokontroler ESP32



Gambar 4. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat kendali untuk semua komponen elektronika. Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 4, ESP32 bertanggung jawab dalam kontrol dan pemrosesan data yang di mana hasil pengukuran yang sebelumnya direkam oleh sebuah sensor akan diterima dan selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ini. Setelah data diproses, ESP32 akan mengirimkan informasi tersebut dan menampilkannya di aplikasi *monitoring* (Hidayah et al., 2024). *Espressif System* memperkenalkan ESP32 sebagai pengganti



umnya, yaitu ESP8266 dengan fitur-fitur yang lebih lengkap. an utama ESP32 adalah integrasi modul *WiFi* dan *Bluetooth*, pembuatan sistem IoT dengan memerlukan koneksi nirkabel ah, 2024). Selain itu, ESP32 dapat diprogram menggunakan arja dan bahasa pemrograman, seperti bahasa pemrograman IDE atau PlatformIO sebagai yang paling umum digunakan

1.3.7 Arduino IDE

Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah aplikasi resmi dari Arduino yang dirancang untuk mengendalikan *microcontroller single-board* yang bersifat *open source*. Ini berarti desain perangkat keras dan perangkat lunaknya dapat diakses, dimodifikasi, dan didistribusikan secara bebas oleh siapa saja. Aplikasi ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam membuat, membuka, mengompilasi, dan mengunggah program ke *board* Arduino (Junaidi dan Prabowo, 2018 dalam Nizam et al., 2022). Arduino IDE menawarkan antarmuka yang ramah pengguna dan mendukung bahasa pemrograman C/C++. Selain itu, IDE menyediakan berbagai fungsi dan pustaka yang memudahkan pengembangan program untuk mengontrol *hardware*. Arduino dapat diterapkan dalam beragam aplikasi, mulai dari robotika dan kendali otomatis, hingga instalasi seni interaktif. Selain itu, Arduino juga digunakan dalam aplikasi yang lebih serius, seperti prototipe perangkat IoT, sistem pengendalian industri, dan alat-alat di bidang kesehatan (Fitra et al., 2024).

1.3.8 Cloud System InfluxDB dan Grafana

Grafana adalah alat yang digunakan untuk pemantauan, namun memerlukan sumber data atau *data source* sebagai input untuk menampilkan informasi. Data ini dapat berasal dari berbagai jenis *database* (pangkalan data), salah satunya yang paling umum digunakan adalah InfluxDB. InfluxDB adalah *database* tidak terstruktur yang dirancang khusus untuk menyimpan data historis dan mampu memproses data dalam bentuk matriks untuk analisis. Karena termasuk dalam kategori *database* tidak terstruktur, InfluxDB memiliki format yang berbeda dan dioptimalkan untuk meningkatkan performa, terutama dalam menangani data *time series*. Selain itu, InfluxDB juga menyediakan *Application Programming Interface* (API) yang mendukung berbagai bahasa pemrograman serta *platform* IoT (Noprianto et al., 2023). *Database* ini dikhususkan untuk menangani data *time series* dan menawarkan kecepatan tinggi dalam membaca dan menulis data, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan pemrosesan *real-time*. Hal ini menjadikannya ideal untuk penerapan model *machine learning* serta penyimpanan data dari perangkat IoT (Hendra & Andriyani, 2020).

Grafana juga berfungsi sebagai perangkat lunak visualisasi dan analitik *open source* yang dirancang untuk menampilkan data dan menjelajahi metrik yang disimpan di berbagai tempat. Dengan Grafana, pengguna dapat membuat *dashboard* (tampilan) dinamis yang dilengkapi dengan berbagai menu dan *template* untuk bel data. Alat ini sangat mendukung visualisasi data dalam Dalam banyak kasus, Grafana digunakan untuk menampilkan isasi sensor industri, implementasi IoT, pengamatan cuaca, dan yang sedang berlangsung. Untuk menciptakan desain visual menarik, Grafana menawarkan berbagai panel, termasuk *time t*, *gauge*, *bar gauge*, *table*, *geomap*, dan lainnya. Selain itu, kung berbagai *data source* (Yulvianda & Ismail, 2023).

