

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hasil Penelitian Terdahulu

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem monitoring di lingkungan peternakan menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian-penelitian ini menjadi landasan penting yang menunjukkan kelayakan dan manfaat penerapan teknologi serupa.

Penelitian oleh (Muhammad Rifqi Zulkarnain & Denny Irawan, 2024) berfokus pada perancangan "Sistem Monitoring Dan Pendeteksi Kebersihan Udara Pada Kandang Peternakan Sapi Berbasis Internet Of Things (IoT)". Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP8266 sebagai unit pemrosesan utama, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas secara umum, dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap. Data yang ditangkap oleh sensor diproses dan hasilnya dapat dipantau secara *real-time*. Sistem ini mampu memberikan peringatan melalui *buzzer* dan mengaktifkan *blower* secara otomatis ketika konsentrasi gas atau asap terdeteksi melebihi ambang batas yang telah ditentukan, misalnya 55.06 ppm yang dikategorikan sebagai level waspada.

Dalam konteks peternakan unggas, (Nur Ariefin, 2023) mengembangkan "Sistem Monitoring Kualitas Udara, Suhu dan Kebersihan Kandang Ayam Otomatis Berbasis Internet of Things". Penelitian ini menyoroti kesulitan peternak dalam melakukan pemantauan kondisi kandang secara manual dan intensif. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, mereka merancang

sebuah sistem otomatis yang dapat memonitor suhu dan kualitas udara secara *real-time*. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah peternak dalam menjaga kondisi kandang yang ideal, sehingga dapat mencegah timbulnya penyakit pada ayam dan mengoptimalkan hasil ternak. Data dari sensor dapat diakses kapan saja dan di mana saja melalui perangkat *smartphone*.

Penelitian lain yang lebih umum dilakukan oleh (Hasyim & Suharjo, 2024) yang merancang "Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP8266". Meskipun tidak spesifik untuk peternakan, penelitian ini relevan karena menggunakan arsitektur IoT yang serupa. Sistem ini menggunakan sensor MQ-9 dan MQ-135 untuk mengukur kadar gas CO dan CO_2 , serta sensor DHT11 untuk suhu dan kelembaban. Tujuannya adalah untuk memberikan peringatan dini terhadap polusi udara di lingkungan kerja. Data yang dikumpulkan dapat dipantau melalui aplikasi Blynk, yang memberikan notifikasi kepada pengguna.

Dari penelitian-penelitian tersebut, terlihat bahwa penerapan IoT untuk monitoring kualitas udara di lingkungan peternakan maupun industri sudah banyak dilakukan dan terbukti bermanfaat. Namun, penelitian yang ada umumnya masih berfokus pada satu jenis gas (misalnya amonia saja) atau belum mengintegrasikan solusi catu daya mandiri yang esensial untuk implementasi di lokasi peternakan terpencil. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada pengembangan sistem terintegrasi yang secara spesifik memantau gas amonia NH_3 dan metana CH_4 serta didukung oleh sumber energi

mandiri dari panel surya, yang merupakan sebuah kebaruan untuk mengatasi kendala di lapangan.

B. Landasan Teori

1. Pengertian Internet Of Thing

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep di mana berbagai jenis perangkat, baik perangkat keras maupun lunak, terhubung ke jaringan internet untuk berkomunikasi satu sama lain. Melalui konektivitas ini, pengguna dapat saling terhubung dan berkomunikasi untuk melakukan aktivitas tertentu, seperti mencari, mengolah, dan mengirimkan informasi secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan perangkat elektronik "pintar" dapat dikendalikan dari jarak jauh oleh pemiliknya kapan saja dan dari mana saja (Muafani, 2020.).



Gambar 2. 1 Konsep dan Cara Kerja IoT
Sumber: (Dimpudus, 2020)

Pada dasarnya, cara kerja IoT melibatkan tiga komponen utama: sensor, *gateway* (gerbang), dan *cloud* (awan). Sensor bertugas untuk mengumpulkan data dari lingkungan fisik seperti suhu, kelembaban, atau konsentrasi gas. Data ini kemudian dikirim melalui *gateway* (seperti modem atau *router*) ke *cloud*, yaitu server di internet yang

berfungsi untuk menyimpan dan mengolah data. Data yang telah diolah kemudian dapat disajikan kepada pengguna melalui aplikasi di *smartphone* atau komputer, atau bahkan memicu aksi otomatis pada perangkat lain.

2. Pengertian ESP-NOW

ESP-NOW adalah protokol komunikasi nirkabel berdaya rendah yang dikembangkan oleh Espressif untuk memungkinkan perangkat ESP32 berkomunikasi secara langsung (*peer-to-peer*) tanpa memerlukan koneksi ke access point Wi-Fi. Protokol ini menggunakan mekanisme *802.11 Action Frames* sehingga mampu mengirimkan data dengan latensi sangat rendah dan stabil pada rentang jarak tertentu. Pada penelitian yang dipublikasikan (Sholicha & Budi, 2024),

Penelitian (Fajar Arofah et al., 2023) juga menunjukkan bahwa ESP-NOW sangat stabil untuk komunikasi master-slave dalam sistem *portable traffic light*. Pengujian jarak menunjukkan bahwa komunikasi ESP-NOW dapat bekerja optimal hingga **25 meter dengan halangan fisik** dan mencapai jarak hingga **55 meter tanpa halangan**, dengan tingkat keberhasilan penerimaan data mencapai 100% pada kondisi terbuka.

3. Pengertian Konsentrasi Gas

Konsentrasi adalah besaran yang menunjukkan jumlah atau kadar suatu zat terlarut di dalam zat pelarut. Dalam konteks kualitas

udara, konsentrasi gas mengacu pada jumlah partikel gas tertentu yang terkandung dalam volume udara. Salah satu satuan yang paling umum digunakan untuk menyatakan konsentrasi gas dalam jumlah yang sangat kecil adalah **ppm** atau *parts per million* (bagian per sejuta).

Satuan ppm merepresentasikan perbandingan antara satu bagian zat dalam satu juta bagian total campuran. Secara praktis, 1 ppm setara dengan 1 miligram zat per kilogram campuran (mg/kg) atau 1 miligram zat per liter larutan (mg/L). Satuan ini sangat penting dalam berbagai bidang, terutama untuk memantau kualitas udara dari polutan seperti karbon dioksida CO_2 dan metana CH_4 , menilai kualitas air dari kontaminan, serta memastikan keamanan pangan dari residu pestisida (Fitria Andriani, 2025).

C. Komponen – komponen yang digunakan

1. ESP32 DevKitC V4

ESP32 DevKitC V4 adalah sebuah papan pengembangan (*development board*) berukuran kecil yang diproduksi oleh Espressif Systems dengan modul ESP32-WROOM-32 sebagai intinya. Papan ini dirancang untuk mempermudah proses prototipe dengan menyediakan akses ke sebagian besar pin I/O (Input/Output) dari modul ESP32 melalui *pin header* di kedua sisinya. Modul ESP32 sendiri merupakan mikrokontroler yang sangat populer untuk aplikasi IoT karena telah terintegrasi dengan berbagai fitur canggih.

2. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sensor gas berbasis semikonduktor yang dirancang untuk mendeteksi berbagai jenis gas polutan dan gas berbahaya dalam udara, termasuk amonia (NH_3), nitrogen oksida (NO_x), alkohol, benzena, karbon dioksida (CO_2), dan asap. Sensor ini menghasilkan perubahan resistansi internal sebagai respons terhadap keberadaan gas dalam rentang konsentrasi tertentu yang dipengaruhi oleh jenis gas itu sendiri. (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., 2015).



Gambar 2. 3 Sensor MQ - 135

Sumber: (Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., 2015)

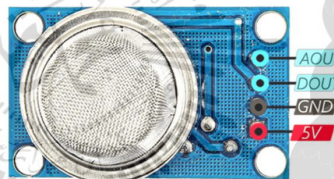
a. Prinsip Kerja

Sensor MQ-135 memiliki elemen pemanas internal yang memanaskan material sensitif SnO_2 hingga suhu operasional tertentu ($\sim 200\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}$) untuk mempercepat reaksi kimia antara gas target dan permukaan sensor. Dalam udara bersih, material SnO_2 memiliki resistansi yang relatif tinggi. Ketika gas polutan hadir di lingkungan sensor, molekul gas berinteraksi dengan permukaan SnO_2 , menyebabkan perubahan jumlah elektron bebas sehingga konduktivitas material meningkat dan resistansi menurun.

Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi **tegangan analog** melalui rangkaian pembagi resistansi sehingga dapat diukur oleh alat pembaca atau mikrokontroler.

3. Sensor MQ-4

Sensor *MQ-4* adalah sensor gas semikonduktor yang **sensitif terhadap gas yang mudah terbakar**, terutama **metana (CH_4)** dan gas alam (*natural gas*). Sensor ini mempunyai karakteristik respons yang tinggi terhadap keberadaan metana dalam rentang konsentrasi tertentu seperti 300 – 10 000 ppm. Material sensitif yang dipakai juga berupa SnO_2 dengan unsur pemanas internal yang menjaga suhu kerja optimal.



Gambar 2. 4 Sensor MQ - 04
Sumber: (IC Components Limited, 2025).

a. Prinsip Kerja

Secara prinsip, MQ-4 bekerja mirip dengan MQ-135, yaitu melalui efek perubahan resistansi pada material sensitif akibat interaksi dengan gas target. Ketika CH_4 atau gas mudah terbakar lain hadir di sekitar sensor, oksigen yang teradsorpsi di permukaan SnO_2 bereaksi dengan gas tersebut sehingga meningkatkan jumlah pembawa muatan (elektron) dan meningkatkan konduktivitas

sensor, yang ditandai dengan penurunan resistansi. Perubahan resistansi ini kemudian diterjemahkan menjadi sinyal analog output yang sebanding dengan konsentrasi gas. (IC Components Limited, 2025).

4. Baterai (Aki)

Baterai atau aki memegang peranan krusial dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tipe *off-grid*, yaitu sistem yang tidak terhubung ke jaringan listrik konvensional. Fungsi utamanya adalah sebagai perangkat penyimpan energi. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya selama siang hari akan disimpan di dalam baterai dalam bentuk energi kimia. Energi ini kemudian dapat digunakan untuk menyuplai daya ke perangkat elektronik pada malam hari atau saat kondisi cuaca mendung ketika panel surya tidak menghasilkan listrik.



Gambar 2. 5 Baterai Aki

Jenis baterai yang umum digunakan untuk aplikasi PLTS adalah *Valve Regulated Lead-Acid* (VRLA). Baterai jenis ini dianggap cocok karena memiliki ketahanan yang baik terhadap pengisian berlebih (*overcharging*) dan mampu beradaptasi dengan kondisi getaran, menjadikannya pilihan yang andal untuk mendukung sistem PLTS. Penggunaan baterai memungkinkan sistem monitoring untuk beroperasi secara kontinu tanpa terputus (Yuliana & Achmad, 2021).

5. Solar Panel

Panel surya atau photovoltaic (PV) merupakan suatu perangkat listrik yang berfungsi untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Panel surya tersusun atas beberapa sel surya (solar cell) yang dirangkai membentuk modul fotovoltaik. Prinsip konversi energi pada sel surya terjadi melalui efek fotovoltaik, yaitu proses penyerapan cahaya matahari yang menghasilkan pasangan elektron dan hole. Pergerakan elektron dan hole tersebut menimbulkan beda potensial, sehingga apabila rangkaian dibuat tertutup akan menghasilkan arus listrik.

Panel surya memiliki beberapa jenis berdasarkan material dan proses pembuatannya, antara lain sebagai berikut:

- a. Monokristalin (Mono-crystalline): Panel surya monokristalin merupakan jenis panel surya dengan tingkat efisiensi tertinggi dibandingkan jenis lainnya. Panel ini mampu menghasilkan daya

listrik yang lebih besar dengan nilai efisiensi sekitar 15%. Namun, panel surya monokristalin sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari dan kinerjanya akan menurun secara signifikan pada kondisi cuaca berawan atau ketika intensitas cahaya rendah.

- b. Polikristalin (Poly-crystalline): Panel surya polikristalin memiliki struktur kristal yang tersusun secara acak karena diproduksi melalui proses pengecoran. Tingkat efisiensi panel surya jenis ini lebih rendah dibandingkan panel monokristalin. Akan tetapi, biaya produksinya lebih murah sehingga harga panel surya polikristalin relatif lebih terjangkau.
- c. Thin Film Photovoltaic: Panel surya thin film merupakan panel surya berlapis tipis yang umumnya terdiri dari material mikrokrystalin silikon dan silikon amorf. Panel ini memiliki efisiensi modul hingga sekitar 8,5%, sehingga membutuhkan luas permukaan yang lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama dibandingkan panel monokristalin dan polikristalin.

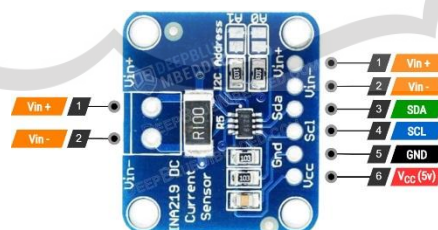
Panel surya yang digunakan dalam penelitian ini adalah panel surya monokristalin VISERO 20 Wp dengan tegangan kerja maksimum sebesar 17,5 V dan arus maksimum 1,14 A, sedangkan tegangan sirkuit terbuka mencapai 21 V dan arus hubung singkat sebesar 1,28 A.



Gambar 2. 6 Panel Surya

6. Sensor INA219

INA219 adalah sebuah sensor cerdas yang berfungsi sebagai *current shunt and power monitor* (pemantau arus dan daya) dengan antarmuka komunikasi I2C. Modul ini mampu mengukur beberapa parameter kelistrikan secara presisi, termasuk tegangan bus (*bus voltage*) hingga 26V DC dan arus (*current*). Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus, modul ini juga dapat menghitung nilai daya (*power*) dalam satuan Watt.



INA219 DC Current Sensor Pinout

Gambar 2. 7 Sensor INA219

Sumber: (Adafruit INA219 Current Sensor Breakout, 2018)

Prinsip kerja INA219 adalah dengan mengukur penurunan tegangan yang sangat kecil pada sebuah resistor *shunt* (resistor dengan resistansi rendah yang dipasang secara seri dengan beban). Sebuah penguat presisi (*precision amplifier*) di dalam chip akan mengukur tegangan ini, kemudian dengan menggunakan Hukum Ohm $I = V/R$, chip akan menghitung besarnya arus yang mengalir.³⁰ Keunggulan utama INA219 adalah kemampuannya untuk melakukan pengukuran pada sisi *high-side*, artinya sensor ditempatkan di antara sumber daya positif dan beban, sehingga tidak mengganggu jalur *ground* sirkuit. Dalam penelitian ini, INA219 digunakan untuk memantau tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya serta yang dikonsumsi oleh sistem (Adafruit INA219 Current Sensor Breakout, 2018).

7. OLED 0.91

OLED 0.91 adalah modul layar kecil yang menggunakan teknologi *Organic Light-Emitting Diode*. Layar ini memiliki ukuran diagonal 0.91 inci dengan resolusi 128x32 piksel. Salah satu keunggulan utama teknologi OLED adalah sifatnya yang *self-illuminating*, artinya setiap piksel dapat menghasilkan cahayanya sendiri tanpa memerlukan lampu latar (*backlight*) seperti pada layar LCD. Hal ini membuat layar OLED memiliki konsumsi daya yang lebih rendah, kontras yang sangat tinggi (warna hitam yang pekat), dan bentuk yang lebih tipis.



Gambar 2. 8 Oled 0.91 Pinout

Sumber:(0.91inch OLED Module User Manual, n.d.)

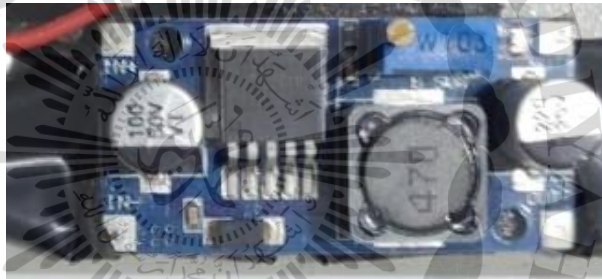
Modul ini umumnya menggunakan *driver chip* SSD1306 dan berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*), yang hanya memerlukan dua jalur data (SDA dan SCL). Karena ukurannya yang ringkas dan konsumsi daya yang rendah, layar ini sangat cocok untuk proyek IoT yang memerlukan tampilan informasi lokal, seperti menampilkan data pembacaan sensor secara langsung di perangkat. Modul ini dapat beroperasi pada tegangan 3.3V hingga 5V(0.91inch OLED Module User Manual, n.d.).

8. Step Down DC to DC (LM2596)

Buck Converter adalah konverter daya yang digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan DC dengan amplitudo yang lebih kecil seperti trafo AC yang biasa dikenal dengan trafo *step-down*. *Buck Converter* bekerja dengan menggunakan sakelar aktif terus menerus (*on/off*) yang disebut PWM (*Pulse Width Modulation*) dan siklus kerja mengontrol frekuensi kerja sakelar.

Modul tersebut termasuk kedalam modul rangkaian buck converter dc to dc dikarenakan didalam rangkaianannya memiliki beberapa komponen penyusun. Komponen tersebut antara lain

komponen switching, control drive (IC LM2596), serta komponen lainnya seperti dioda, induktor, kapasitor, dan Resistor load. Regulator LM2596 adalah merupakan IC monolitik yang menyediakan semua fungsi aktif untuk regulator switching step-down (buck), dengan beban arus maksimum 3A. LM2596 beroperasi pada frekuensi switching 150 kHz, sehingga membutuhkan komponen filter berukuran lebih kecil dari yang diperlukan dengan regulator switching frekuensi yang lebih rendah. Bentuk aktual ic LM2596 ada 2 yaitu 7-pin TO-220 standar dan tersedia dalam bentuk IC 7-pin TO-263.



Gambar 2. 9 Modul Step Down DC to DC LM2596

9. Solar Charger Controller

Solar Charge Controller (SCC) adalah perangkat elektronik esensial dalam sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tipe *off-grid*. Fungsi utamanya adalah untuk mengatur tegangan dan arus listrik yang berasal dari panel surya menuju ke baterai.



Gambar 2. 10 Solar Charger Controller

Perangkat ini memastikan baterai tidak mengalami pengisian berlebih (*overcharging*) saat matahari terik dan panel surya menghasilkan banyak daya. Sebaliknya, beberapa SCC juga dapat melindungi baterai dari pengosongan berlebih (*over-discharge*) dengan memutuskan beban jika tegangan baterai turun di bawah level aman. SCC secara terus-menerus memantau voltase baterai; ketika baterai hampir penuh, SCC akan mengurangi arus pengisian untuk mencegah kerusakan dan memperpanjang umur baterai. Ini menjadikan SCC sebagai pengendali arus listrik yang vital, baik untuk arus masuk dari panel surya maupun arus yang digunakan oleh beban (Solar-Electric.com Learning Center, 2022).