

## **BAB 2 DASAR TEORI**

### **2.1 TINJAUAN PUSTAKA**

Penelitian berikut ini merupakan penelitian yang peneliti jadikan sebagai Acuan untuk penggunaan sensor dan *Mikrokontroler*. Pertama yaitu penelitian yang dilakukan oleh Judul penelitian oleh Adi Sapto Raharjo dan Zaidir Jamal adalah "Pengembangan Sistem Pengendalian dan Pengawasan Gas Amonia pada Peternakan Ayam Berbasis *Arduino* MEGA2560 R3" pada tahun 2019 penulis merancang sebuah sistem alat yang berfungsi untuk mengontrol gas amonia pada kandang ayam. Peneliti menggunakan Sensor MQ-135 berperan dalam mendeteksi konsentrasi gas amonia, sementara sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu lingkungan di dalam kandang. Dengan *Mikrokontroler Arduino* yang digunakan sebagai pemroses pembacaan dari sensor gas dan sensor suhu. Sistem ini juga mencatat konsentrasi gas amonia yang terdeteksi oleh sensor MQ-135 pada *database* aplikasi monitoring setiap menit, sehingga ketika konsentrasi gas amonia meningkat maka konsentrasi gas amonia dapat terdeteksi. Keluaran dari sistem ini menunjukkan kadar dan suhu gas amonia pada layar LCD 16x4 dan *Mikrokontroler* yang mengirimkan sinyal ke pengontrol *relay* untuk menyalakan kipas angin ketika kadar amonia yang terdeteksi melebihi 20 PPM dan melepaskan gas amonia ke luar kandang ayam dan menyalakan pemanas saat suhu yang terdeteksi di bawah 30°C untuk mengatur suhu. Hasil yang diperoleh melalui skenario pengujian 10 menit percobaan menunjukkan bahwa pada 5 menit pertama kadar amonia semakin bertambah hingga mencapai 20 ppm pada menit ke 5 sehingga kipas angin menyala pada saat menit ke 5 dan parameter suhu pada saat awal dinyalakan terdeteksi 25°C maka dari itu *heater* langsung menyala hingga menit ke 5 di mana suhu sudah mencapai 30°C sehingga menonaktifkan *heater*. Kemudian menit ke 6 hingga 10 kadar amonia menurun kembali hingga sebesar 13 ppm dan begitu juga dengan suhu yang terus konstan pada nilai 30°C sehingga berdasarkan kondisi tersebut kipas angin dan *heater* berada pada kondisi *nonaktif* [7].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Alwi dan kawan-kawan dengan judul penelitian "Perancangan Alat Pengawasan Dan Pengendalian Suhu Dan

Kelembaban Kandang Ayam Broiler Berbasis *Mikrokontroler*” pada tahun 2021 penulis merancang alat untuk monitoring suhu dan kelembaban pada kandang ayam. Alat dirancang dengan sistem berbasis IoT menggunakan *Wemos D1 mini* sebagai *Mikrokontroler* dan modul *Wifi* serta sensor DHT22 sebagai *input* data suhu dan kelembaban dan output data ditampilkan pada aplikasi telegram dan layar LCD. Tahap penelitian yang dilakukan penulis meliputi pengumpulan data yaitu melakukan *literature review* dan pengumpulan informasi melalui artikel. Dilanjutkan dengan tahap desain sistem yaitu melakukan desain blok alur kerja hingga skematik sebagai Acuan untuk merancang alat. Berikutnya yaitu tahap perancangan, yaitu tahap mengimplementasikan desain dari segi perangkat lunak maupun perangkat keras. Kemudian penulis juga melakukan tahap pengujian untuk menguji Akurasi sensor serta menguji tingkat keberhasilan alat. Setelah proses perancangan alat dimana menunjukkan bahwa alat menerima *inputan* dari sensor yang disimpan pada bagian dalam *prototype* kandang lalu diproses pada *Mikrokontroler* wemos dan menghasilkan output pada LCD dan telegram. Alat pun dapat dikontrol melalui telegram dengan beberapa perintah seperti cek suhu nyalakan pompa dan matikan pompa secara manual maupun otomatis. Penulis juga melakukan pengujian untuk dapat memastikan bahwa alat monitoring dan kendali suhu dan kelembaban pada kandang ayam bekerja sesuai dengan kehendak. Pengujian yang dilakukan berupa menyalakan alat selama 12 jam 30 menit yang menggunakan skenario pengambilan data setiap 15 menit sehingga diperoleh 50 sample data. Dari 50 sample tersebut diperoleh tingkat keberhasilan sebesar 98% yaitu sebanyak 49 sample dikategorikan berhasil dan 1 data gagal karena pada percobaan pertama sprayer masih dalam kondisi off pada saat suhu terdeteksi 30°C. Kemudian penulis juga melakukan pengujian Akurasi sensor suhu dan kelembaban DHT dengan cara melakukan perbandingan dengan alat *thermohygrometer*. Hasil yang diperoleh pada parameter suhu dan kelembaban dengan percobaan yang dilakukan sebanyak 50 kali diambil setiap 30 menit selama 2 hari menghasilkan Akurasi sensor sebesar 98.07% untuk parameter suhu, sedangkan parameter kelembaban menghasilkan Akurasi sebesar 99,30% [8] .

Menurut penelitian yang dilakukan muhammad arifin dan kawan-kawan dengan judul penelitian “Monitoring kadar gas berbahaya pada kandang ayam dengan menggunakan protokol HTTP dan ESP8266” Pada tahun 2018, telah

dilakukan penelitian tentang pembuatan sistem pemantauan kualitas udara yang mencakup Sistem yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gas metana dan amonia di peternakan ayam terdiri dari *Arduino Uno* sebagai *Mikrokontroler*, dilengkapi dengan modul ESP8266 sebagai penyedia jaringan internet. Sensor MQ-4 dan MQ-135 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi metana dan amonia. Pengukuran hasil sensor tersebut ditampilkan melalui *Thingspeak*, yang berfungsi sebagai *webservice* dan alat pemantauan. Sistem ini beroperasi dengan mengirimkan data hasil pengukuran ke *server Thingspeak*. Namun, data akan ditampilkan hanya jika nilai yang terukur melebihi ambang batas tertentu, yaitu 30 untuk amonia dan 1500 untuk metana. Jika nilai hasil pengukuran berada di bawah ambang batas tersebut, sistem akan beralih ke mode sleep dan mengabaikan data pengukuran. Hasil pengujian telah menunjukkan bahwa rata-rata *delay* kemampuan alat ini untuk mengirimkan data hingga diterima di *server ThingSpeak* adalah antara 11.26 hingga 12.72 detik, dengan *delay* minimum sebesar 5 detik dan *delay* maksimum sebesar 15 detik. [9].

Berikutnya yaitu penelitian yang berjudul “Perancangan Sistem Monitoring Berat Ayam Berbasis Protokol MQTT” oleh Afifah Dwi Ramadhani dan kawan-kawan pada tahun 2021. Penelitian ini mengangkat topik analisa *Quality of Service* pada sistem monitoring berat ayam yang menggunakan protokol MQTT. Dalam sistem ini, sensor *loadcell* digunakan sebagai perangkat pendeteksi untuk membaca dan mengumpulkan informasi mengenai berat benda. Selain itu, *Mikrokontroler NodeMCU ESP8266* digunakan sebagai sistem kontrol dan sebagai media komunikasi *nirkabel* untuk perangkat I/O. *Mikrokontroler NodeMCU ESP8266* memproses data yang dikumpulkan oleh sensor *load cell*, yang kemudian dikirim ke *server*. Sistem yang dirancang juga akan diintegrasikan dengan local *webservice* yang dibuat dengan menggunakan *Node-Red*. Penelitian ini melibatkan pengujian ketepatan sensor dan analisis *Quality of Service* (QoS) terhadap pengiriman data menggunakan protokol MQTT. Dalam penelitian ini, parameter *Quality of Service* (QoS) yang digunakan sebagai indikator adalah waktu tunda (*delay*) dan kemampuan transfer data (*throughput*). Pengujian Akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor *loadcell* dengan alat ukur timbangan digital yang diujikan pada 1 ekor ayam dan diambil sampel data sebanyak 30 data. Hasil yang diperoleh yaitu perbandingan antara sensor *loadcell* yang menghasilkan

pengukuran rata-rata sebesar 1.97 kg dibandingkan dengan timbangan digital yang menghasilkan pengukuran rata-rata sebesar 1.98 menunjukkan *Error rate* sebesar 0.3%, sehingga Akurasi sensor diperoleh adalah 99.7%. Hasil pengujian *Quality of Service* (QoS) dari penelitian ini menunjukkan bahwa parameter *delay* dalam protokol MQTT menunjukkan layanan yang sangat baik, dengan kisaran antara 107.101 hingga 129.544 ms. Pengujian pada parameter *throughput* menunjukkan rata-rata antara 29557.172 hingga 31401.873 *kbps*. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis mengambil beberapa kesimpulan diantaranya pengujian Akurasi sensor *loadcell* menghasilkan Akurasi yang sangat baik, yaitu pada saat pengukuran beban rata-rata 1,97 kg, tingkat kesalahan hanya 0,3% yang mana berarti nilai Akurasi sensor *loadcell* adalah 99,7%. Pengujian *Quality of Service* yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan protokol MQTT sangat sesuai untuk digunakan dalam alat pemantauan berat ayam broiler [10].

Berikutnya yaitu penelitian yang berjudul “Sistem monitoring suhu dan kelembaban pada kandang anak ayam broiler berbasis *Internet of Things*” oleh Try Hadyanto dkk pada tahun 2022. Penelitian ini bertujuan untuk memantau dan mengendalikan suhu dan kelembaban kandang ayam broiler secara jarak jauh dengan menggunakan sensor DHT11 yang terhubung ke *Internet of Things* (IoT). Suhu ideal dalam kandang ayam broiler berbeda sesuai dengan usia ayam. Oleh karena itu, perlu pengaturan suhu yang tepat berdasarkan *fase* pertumbuhan ayam. Untuk usia 1-7 hari, suhu ideal kandang adalah 34 derajat *Celsius*, usia 8-15 hari adalah 30 derajat *Celsius*, usia 16-23 hari adalah 28 derajat *Celsius*, dan usia 24-30 hari adalah 26,6 derajat *Celsius*.

Sistem yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan NodeMcu ESP32 sebagai *Mikrokontroler* yang berfungsi sebagai penyedia jaringan internet. Alat yang dirancang merupakan sistem kontrol otomatis dan pemantauan suhu kandang ayam menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) melalui halaman website terintegrasi dengan modul NodeMCU ESP32. Alat ini dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban untuk mendeteksi kondisi suhu dan kelembaban di dalam kandang. Selain itu, alat ini juga memiliki relay yang digunakan untuk mengatur lampu pemanas dan kipas, menghidupkan atau mematikannya sesuai dengan batas suhu yang telah ditentukan.

Dari uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat ini sangat sesuai untuk digunakan di peternakan ayam boiler guna meningkatkan hasil produksi ayam yang optimal melalui pemantauan dan pengendalian suhu kandang secara efektif [11].

**Tabel 2. 1 Kajian Pustaka**

No	Peneliti, Tahun Terbit	Metode
1	Peneliti : Adi Sapto Raharjo dan Zaidir Jamal Tahun Terbit : (2019)	Metode : menggunakan sensor DHT 11 dan MQ135.
2	Peneliti : Alwi dkk Tahun terbit : (2021)	Metode : menggunakan Wemos D1 mini, dan DHT22
3	Peneliti : Muhammad Arifin dkk Tahun terbit : (2018)	Metode : menggunakan protokol HTTP dan ESP8266.
4	Penelitian : Afifah Dwi ramadhani dkk Tahun terbit : (2021)	Metode: menggunakan <i>Mikrokontroler</i> NodeMCU dengan ESP8266.
5	Penelitian: Try Hadyanto dkk. Tahun terbit : (2022)	Metode: menggunakan NodeMCU ESP32 <i>Mikrokontroler</i> dan sensor DHT11

pada penelitian pertama oleh adi sapto raharjo dan zaidar jamal dengan tahun terbit 2019, dengan merancang bangun pengendalian dan pengawasan gas amonia pada peternakan ayam dengan menggunakan *Arduino* Mega 2560 R3, Penelitian ini merancang dan mengontrol gas amonia pada peternakan ayam menggunakan sensor DHT 11 untuk mengukur suhu pada kandang dan MQ 135 untuk mengukur kadar gas amonia. Dan *Arduino* Mega2560 R3.

Pada penelitian kedua oleh alwi dkk dengan tahun terbit 2021 dengan merancang alat untuk pengawasan dan pengendalian suhu serta kelembaban pada peternakan ayam broiler dengan menggunakan Wemos D1 mini, Penelitian ini merancang dan mengontrol suhu dan kelembaban pada kandang otomatis menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban , wemos D1Mini dan ESP32 sebagai *Mikrokontroler*.

Pada penelitian ketiga oleh muhammad arifin, dkk. Dengan tahun terbit 2018, dengan memonitoring gas berbahaya pada peternakan ayam dengan menggunakan protokol HTTP dan ESP8266. Penelitian ini memonitoring tingkat kadar gas berbahaya pada kandang menggunakan protokol HTTP dan menggunakan protokol MQTT dan ESP8266 sebagai *Mikrokontroler*.

Pada penelitian keempat oleh afifah dwi ramadhani, dkk dengan tahun terbit 2021. Dengan merancang sistem monitoring berat ayam dengan berbasis protokol MQTT. Penelitian ini merancang dan memonitoring berat ayam broiler yang ada dikandang berbasis protokol MQTT dengan menggunakan *Mikrokontroler* NodeMCU sebagai *Mikrokontroler* dan ESP8266 sebagai media transmisi nirkabel menggunakan protokol MQTT.

Pada penelitian kelima oleh try hadyanto dkk, dengan tahun terbit 2022, dengan monitoring suhu dan kelembaban pada peternakan ayam broiler berbasis IoT. Penelitian ini memonitoring tingkat suhu dan kelembaban di dalam kandang ayam secara otomatis menggunakan sensor DHT11, Relay DC 5V, kipas, lampu pijar dan NodeMCU ESP32 sebagai *Mikrokontroler*

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 PETERNAKAN AYAM PEDAGING**

Ayam pedaging adalah ayam ras yang memiliki pertumbuhan yang cepat, sehingga mampu menghasilkan daging dalam waktu relatif singkat, sekitar 5-7 minggu. Ayam pedaging memiliki peran penting sebagai sumber protein hewani. Ciri-ciri ayam pedaging yang baik meliputi kesehatan dan aktivitas yang baik, bentuk tubuh bulat dengan kondisi fisik yang gemuk, bulu yang bersih dan berkilau, hidung bersih, mata tajam dan bersih, serta dubur yang bersih [12].



**Gambar 2. 1 Lokasi Peternakan Ayam Broiler**

Pada gambar 2.1 Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada saat beternak ayam pedaging berdasarkan kondisi teknis yang ideal yaitu:

1. Lokasi Kandang. Kandang yang optimal adalah yang berlokasi jauh dari permukiman penduduk, mudah diakses dengan transportasi, memiliki pasokan air, dan berorientasi secara timur-barat.
2. Ventilasi Dalam Kandang. Untuk proses pernapasan dan pengeluaran karbon dioksida, ayam membutuhkan akses oksigen yang memadai. Oleh karena itu, ventilasi kandang harus berfungsi dengan baik untuk memastikan kebutuhan oksigen selalu terpenuhi.
3. Kemudahan Fasilitas Produksi. Lokasi kandang sebaiknya dekat dengan toko unggas atau fasilitas peternakan.
4. Suhu Udara Di Dalam Kandang. Suhu ideal tergantung pada usia kandang yang dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2.2 Suhu Kandang Ideal [12]**

<b>Umur (hari)</b>	<b>Suhu (°C)</b>
01 – 07	34 – 32
08 – 14	29 – 27
15 – 21	26 – 25
21 – 28	24 – 23
29 – 35	23 – 21

Pada tabel 2.2 dapat dilihat saat membakar energi dari makanan, baik hewan maupun manusia membutuhkan oksigen di udara. Namun, kualitas udara yang dihasilkan di dalam kandang seringkali tidak memenuhi harapan ayam-ayam ternak di lahan garapan petani lapangan. Akibatnya, peternakan ayam khususnya unggas hidup tidak dapat mencapai tingkat optimal.

Ayam broiler membutuhkan lingkungan dengan suhu stabil dan sesuai agar dapat tumbuh secara baik dan optimal selama masa pertumbuhannya. Suhu optimal untuk ayam broiler pada periode *brooding* (usia 14 hari) berada dalam kisaran 27-29°C. Salah satu tantangan yang menghambat pencapaian produksi yang maksimal adalah faktor lingkungan, genetik, dan manajemen. Dengan adanya pengaruh suhu dan kadar gas terhadap kualitas dan tingkat produksi ayam broiler di Indonesia maka diperlukan suatu alat yang dapat membantu para peternak untuk memantau

tingkat suhu dan kadar gas amonia serta metana yang terdapat pada kandang ayam[13].

Selain itu, jika aliran udara yang tidak memadai dalam kandang terus berlanjut, risiko terkena penyakit pernapasan akan meningkat. Tantangan dalam produksi ayam pedaging saat ini meliputi ketidakpastian perubahan iklim, variasi suhu yang signifikan antara siang dan malam, serta tingkat kelembapan yang relatif tinggi. Ketiga tantangan ini berdampak langsung pada kinerja dan hasil ternak broiler. Sirkulasi udara yang baik menghasilkan oksigen yang baik bagi ternak. Oleh karena itu, peternak harus memperhatikan manajemen ventilasi, agar sirkulasi udara di dalam kandang selalu terjaga dengan baik. Kehadiran ventilasi ini juga membantu mengurangi dampak suhu ekstrem, kelembapan berlebih, dan polusi udara pada batas toleransi yang diizinkan. Dengan ventilasi yang baik, asupan oksigen menjadi optimal dan konsentrasi patogen di udara juga berkurang. Beberapa isu yang timbul berhubungan dengan kandungan amonia di sekitar tempat penampungan ayam. Kehadiran zat amonia ini mampu merangsang timbulnya penyakit pada ayam dan memiliki potensi mengancam pertumbuhan mereka. Apabila kandungan amonia mencapai 25 ppm dan ayam terpajan pada tingkat tersebut selama 15 menit, maka tanda-tanda penyakit akan muncul pada ayam jenis broiler. Faktor pokok yang mengakibatkan kandungan amonia melonjak adalah sirkulasi udara yang tak sepenuhnya optimal. Keadaannya bisa lebih kritis bila lapisan sekam di dalam kandang jarang diganti atau terjaga kebersihannya, maka menjaga sanitasi kandang menjadi suatu hal yang mutlak. Tidak hanya itu, temperatur juga berperan besar dalam mempengaruhi proses tumbuh kembang ayam broiler. Suhu yang berlebihan tinggi akan mengurangi hasrat makan ayam dan mendorong mereka lebih banyak minum daripada mengonsumsi pakan[14].

Selain itu, selain memerhatikan suhu dalam kandang, kadar gas didalam kandang juga harus diperhatikan. gas yang dihasilkan dari *fases* dan *urine* unggas yang dapat menimbulkan pencemaran gas pada kandang yang dapat mengganggu kesehatan ternak, manusia dan lingkungan Gas berbahaya yang muncul dari peternakan unggas meliputi gas metana, karbon dioksida, dan amonia. Tingkat konsentrasi yang tinggi dari gas-gas ini di dalam kandang unggas dapat memiliki efek Negatif pada produktivitas dan kesehatan ternak, serta menyebabkan munculnya berbagai penyakit. Dampaknya juga dapat mempengaruhi sistem



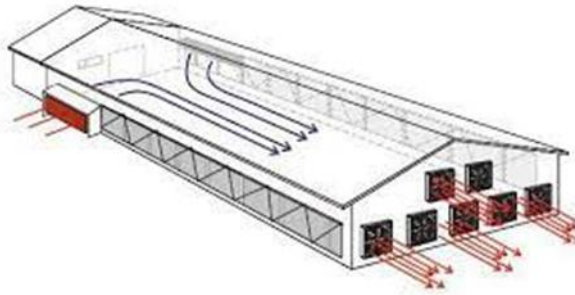
pernapasan hewan ternak maupun manusia di sekitarnya. Secara global, polusi udara yang disebabkan oleh gas-gas tersebut dapat menyebabkan dampak serius seperti peningkatan risiko penyakit jantung, stroke, dan kanker, yang mengakibatkan sekitar 7 juta kematian setiap tahun. Jika kandungan gas amonia dari feses dan urine unggas berlebihan, hal ini dapat mencemari udara dan menimbulkan masalah lingkungan, serta menjadi penyumbang emisi gas amonia dan metana terbesar [15].

Keunggulan genetik ayam pedaging dan nutrisi yang baik memungkinkan produksi yang optimal. Selain faktor genetik dan nutrisi, lingkungan kandang berperan penting dalam menentukan performa ayam pedaging dan keuntungan peternak. Kondisi kualitas udara kandang yang ideal harus mencakup 19,6%, kelembaban 45-65%, 0,3% CO<sub>2</sub>, 10ppm CO, 10ppm NH<sub>3</sub> dan 3,4 mg/m<sup>3</sup> debu. Dengan bahaya kadar gas yang timbul dari penumpukan sampah dan pembusukan sampah maka menghasilkan nilai kadar gas diatas nilai normal yaitu 200 - 10000 ppm untuk gas metana, 0-5 ppm untuk gas amonia. Sementara suhu ayam di Indonesia normalnya bisa naik hingga 27-34 derajat pada siang hari [16].

### **2.2.2 CLOSED HOUSE**

Kandang tertutup, atau yang sering disebut *closed house*, adalah suatu sistem pengelolaan kandang yang didesain dengan tujuan utama memberikan kualitas udara yang optimal. Faktor-faktor seperti komposisi udara, kecepatan aliran udara, dan jumlah udara yang tepat diatur untuk menciptakan kenyamanan bagi ayam dalam kandang. Pendekatan *closed house* ini bertujuan untuk mengurangi dampak fluktuasi kondisi lingkungan yang sering terjadi.

Prinsip utama dari konsep *closed house* adalah menciptakan lingkungan yang optimal bagi hewan ternak, terutama ayam. Hal ini dicapai melalui pengaturan yang cermat terhadap proses pengeluaran panas yang dihasilkan oleh tubuh ayam, pengendalian suhu udara yang masuk ke dalam kandang (jika perlu), menjaga tingkat kelembapan yang sesuai, serta menghilangkan gas-gas berbahaya seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan amonia (NH<sub>3</sub>). Semua langkah ini dapat diotomatisasi untuk kemudahan pengelolaan. Keuntungan ini sering menjadi faktor yang menarik untuk beralih dari kandang terbuka (*open house*) menjadi *closed house*[17].

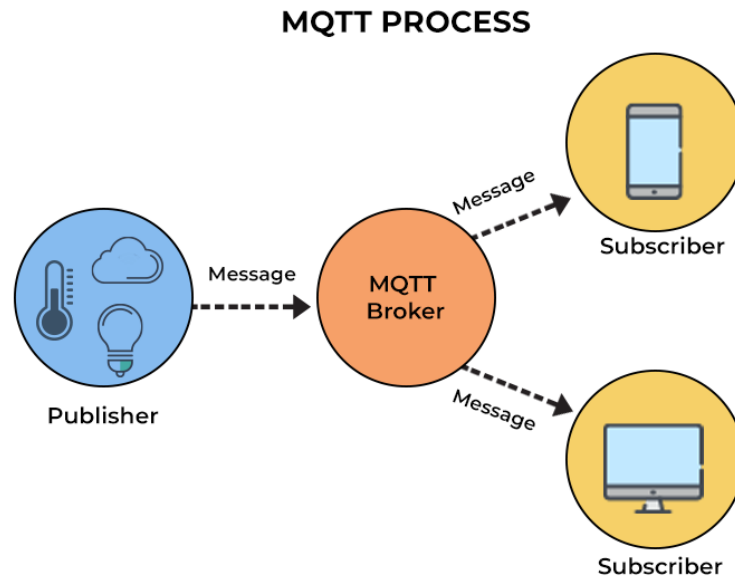


**Gambar 2. 2 Ilustrasi closed house tipe Tunnel dengan colling pad [18]**

Pada gambar 2.2 tipe kandang tertutup (*Closed House*) yaitu tipe *tunnel* (terowongan) *Closed House* tipe *tunnel*. *Tunnel* yang juga dikenal sebagai terowongan, menggambarkan jenis kandang tertutup yang memiliki penampilan menyerupai sebuah terowongan. Udara diarahkan untuk memasuki melalui inlet di bagian depan, kemudian mengalir ke bagian belakang untuk menyebar di sepanjang kandang, dan pada akhirnya dikeluarkan melalui bantuan *exhaust fan*

### **2.2.3 MQTT INTERNET PROTOCOL**

*Message Queuing Telemetry Support* (MQTT) adalah protokol mesin-ke-mesin *bandwidth* rendah yang membantu perangkat IoT berbicara satu sama lain dengan persyaratan pengkodean minimal dan persyaratan jaringan minimal. Tujuan asli MQTT adalah untuk memungkinkan penyiaran dari perangkat pemantauan ke *server* jarak jauh. Perangkat pengawasan ini secara teratur digunakan di lokasi terpencil dengan koneksi tetap, kabel, atau *nirkabel* yang terbatas. MQTT adalah solusi cerdas untuk koneksi nirkabel dengan latensi variabel karena pemadaman *broadband reguler* atau koneksi yang tidak dapat diandalkan. Cocok untuk menghubungkan perangkat dengan ruang kode kecil. Standar ini digunakan di beberapa industri, termasuk otomotif, listrik, dan komunikasi. Protokol berjalan pada protokol *Internet* seperti *Transmission Control Protocol* (TCP/IP) dan memungkinkan komunikasi dua arah yang terstruktur dan lancar. MQTT-SN v1.2, juga dikenal sebagai MQTT untuk Jaringan Sensor (MQTT-S), adalah versi protokol yang dirancang untuk sistem tertanam pada jaringan *non-TCP/IP*.



**Gambar 2. 3 Proses komunikasi MQTT [19]**

Pada gambar 2.3 merupakan proses strategi komunikasi *publish/subscribe* (Pub/Sub) MQTT, yang bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan *bandwidth*, menggantikan arsitektur konsumen tradisional yang berinteraksi langsung dengan titik akhir. Namun, *pub/sub-paradigma* memisahkan klien (*publisher*) yang mengirimkan berita dari klien (*subscriber*) yang menerima informasi. Karena baik penulis maupun klien tidak berkomunikasi secara langsung satu sama lain, interaksi mereka ditangani secara internal oleh pihak ketiga yang dikenal sebagai *broker*. *Publish* dan *subscribe* adalah dua jenis klien MQTT, bergantung pada apakah klien menerbitkan atau menerima pesan. Dapat menggabungkan dua fungsi dalam satu klien MQTT. Selama penerbitan, perangkat (atau *client*) ingin mengirim data ke *server* (atau *broker*). Klien mencakup *publish* dan *subscribe*. *subscriber* berlangganan berita atau informasi penting, memfilter berdasarkan topik, konten, atau jenis dimungkinkan. Topik dapat diatur dalam urutan yang logis. *Publisher* dan *subscriber* tidak perlu mengidentifikasi diri mereka saat menggunakan struktur *publish/subscribe*. Adapun pengaturan dan sinkronisasi, keduanya tidak bergantung satu sama lain. Distribusi berita bersifat *one-to-many* dan dapat disesuaikan dengan jumlah *subscriber* tanpa membuat *publisher* bekerja secara berlebihan [20].

Salah satu kemungkinan komunikasi MQTT adalah menggunakan struktur pesan yang ringkas dan terdefinisi dengan baik. Setiap pesan berisi *header dua byte* tetap. Deteksi *header* opsional meningkatkan jumlah pesan. Muatan pesan dibatasi

hingga 256MB. Administrator jaringan dapat memilih antara membatasi lalu lintas dan memaksimalkan keandalan menggunakan tiga tingkat *Quality of Services* (QoS) yang berbeda, termasuk:

1. QoS Level 0

QoS level ini merupakan cara termudah dan termurah untuk mengirim pesan. Klien hanya mengirim pesan, tidak ada konfirmasi dari broker.

2. QoS Level 1

Metode ini menjamin pesan berhasil terkirim ke broker paling tidak satu kali. Broker mengirimkan konfirmasi kembali ke pengirim, tetapi jika pesan hilang, pengirim tidak menyadari pesan telah sampai dan mengirim ulang pesan tersebut. Pelanggan akan kembali sampai menerima pesan dari broker yang berarti pengiriman dijamin, meskipun pesan mungkin sampai di broker lebih dari satu kali.

3. QoS Level 2

Level ini adalah tingkat layanan tertinggi di mana ada rangkaian empat pesan antara pengirim dan penerima, untuk mengkonfirmasi bahwa pesan utama telah terkirim, dan penerimaan tanda terima. Saat konfirmasi selesai, pengirim dan penerima yakin bahwa pesan telah dikirim tepat satu kali.

Penentuan level QoS sangat penting untuk aplikasi *Internet of Things* karena berkaitan dengan pengiriman data dan *Power consumption*. QoS 0 adalah biaya terendah dalam hal volume transfer data. Ini cocok jika perangkat dan broker memiliki komunikasi data yang aman. Hal yang harus mempertimbangkan juga yaitu apakah aplikasi IoT dapat mentoleransi hilangnya pesan sesekali. Misalnya, jika perangkat memantau sesuatu dan mengirim banyak nomor, efek dari pesan yang hilang hanyalah penundaan nomor tersebut mencapai *server*. QoS 1 adalah pilihan yang baik ketika ingin memastikan bahwa setiap pesan terkirim, tetapi aplikasi IoT mungkin menerima pesan lebih dari satu kali. Jika perangkat pengirim mengirimkan data kumulatif dari aset, QoS 1 mungkin akan sesuai, karena munculnya pesan yang diterima oleh *server* lebih dari satu kali memiliki pengaruh yang kecil. Namun, jika nomor terkirim telah "berubah sejak terakhir dikirim" (misalnya berapa kali tombol ditekan), pesan duplikat dapat menghasilkan informasi yang menumpuk. Salah satu cara untuk menyiasatinya adalah dengan memastikan bahwa perangkat mengirimkan setiap pesan dengan *timestamp* yang

unik. QoS 2 menjamin pengiriman satu kali, tetapi menyebabkan biaya transmisi data yang relatif tinggi. Sebagian besar aplikasi harus bekerja dengan baik dengan QoS 2, tetapi hal itu harus mempertimbangkan apakah QoS yang lebih murah akan sesuai. Pemilihan bidang yang cermat dalam data, menggunakan *timestamp* dan membaca data kumulatif seringkali merupakan cara mudah untuk menghindari QoS 2 kelebihan beban [21].

#### 2.2.4 ESP32 DEVELOPMENT BOARD

*Arduino* adalah *platform* di dunia *Mikrokontroler* dan sistem tertanam. Dengan berbagai sensor dan modul yang murah, maka pengembang dapat membuat berbagai proyek, baik hobi maupun komersial. Seiring kemajuan teknologi, ide dan implementasi desain baru ikut berperan dan salah satu konsepnya adalah *Internet of Things* atau IoT. Ini adalah *platform* yang terhubung di mana beberapa "*Things*" atau perangkat terhubung melalui internet untuk berbagi data. Dalam komunitas *do-it-yourself*, proyek IoT terutama berfokus pada otomatisasi rumah dan aplikasi rumah pintar, tetapi proyek IoT komersial dan industri memiliki implementasi yang jauh lebih kompleks, seperti pembelajaran mesin, kecerdasan buatan, jaringan sensor *nirkabel*, dan sebagainya. Poin utama dalam pengantar singkat ini adalah apakah itu proyek kecil hobi DIY atau proyek industri yang kompleks, setiap proyek IoT harus memiliki *konektivitas* internet dimana tercipta modul seperti ESP8266 dan ESP32.

Jika pengembang menginginkan fitur *Wi-Fi* tambahan dalam proyeknya, ESP8266 merupakan pilihan yang tepat. Namun, untuk pengembangan sistem yang lebih lengkap dengan fitur seperti koneksi *Wi-Fi*, koneksi *Bluetooth*, ADC *resolusi* tinggi, DAC, koneksi serial, dan berbagai fitur lainnya, ESP32 menjadi pilihan terbaik. ESP32 adalah *Mikrokontroler System-on-Chip* (SoC) yang terjangkau dari *Espressif Systems*, pengembang SoC ESP8266 yang terkenal. ESP32 adalah penerus SoC ESP8266 dan tersedia dalam varian *single* dan *dual-core* yang ditenagai oleh *mikroprosesor Xtensa LX6 32-bit Tensilica* dengan *Wi-Fi* dan *Bluetooth* yang sudah terintegrasi [22].

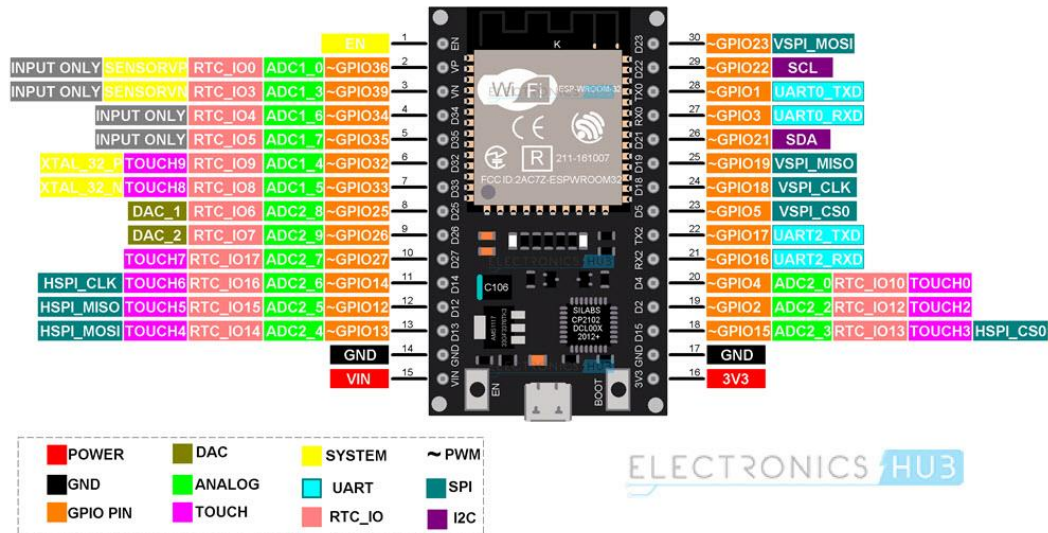


**Gambar 2. 4 ESP32 Development Board [22]**

Pada gambar 2.4 Berdasarkan gambar ESP32 *Development Board* di atas terdapat beberapa bagian diantaranya yaitu Modul ESP-WROOM-32 ,dua baris Pin IO (dengan 15 *pin* di setiap sisi), CP2012 USB – UART *Bridge IC*, konektor *micro-USB* (untuk daya dan pemrograman), IC Regulator AMS1117 3.3V, EN tombol (untuk Reset), tombol BOOT (untuk *flashing*), LED Daya (Merah), LED Pengguna (Biru – terhubung ke GPIO2) dan beberapa komponen pasif.

Kelebihan ESP32, seperti pada ESP8266, adalah adanya komponen RF yang terintegrasi, seperti *Power Amplifier*, *Low Noise Receive Amplifier*, *switch* antena, dan filter RF. Keberadaan komponen RF ini membuat perancangan perangkat keras dengan ESP32 menjadi sangat mudah. Hal penting lain yang perlu diketahui tentang ESP32 adalah bahwa ESP32 diproduksi menggunakan teknologi daya ultra-rendah 40nm TSMC. Oleh karena itu, merancang aplikasi bertenaga baterai seperti perangkat yang dapat dikenakan, perangkat audio, jam tangan pintar, dan lain-lain dapat dilakukan dengan mudah menggunakan ESP32 [22].

Berikut merupakan *layout* dari *pinout* ESP32 *Board* yang dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.5 Pinout ESP32 Board [22]

Pada Gambar 2.5 merupakan *pin-pin* yang terdapat pada ESP32 yang mana masing-masing memiliki fungsi diantaranya[23] :

1. *Power pin* ESP32 memiliki dua *pin* daya, yaitu Pin VIN dan 3.3V Pin. Pin VIN digunakan untuk menyuplai ESP32 dan perangkat lainnya secara langsung ketika tegangan *input* adalah 5V. Sementara itu, Pin 3.3V adalah *output* dari *regulator* yang terdapat di papan ESP32, yang berfungsi untuk menyediakan daya ke komponen lain dalam rangkaian.
2. GND (*Ground*) dalam *input* ESP32 adalah koneksi atau *pin* yang berfungsi sebagai terminal referensi nol tegangan. GND berperan sebagai titik referensi di mana tegangan diukur dan dihitung dalam rangkaian elektronik. Pada mode *input* ESP32, GND sering digunakan untuk menghubungkan sinyal atau komponen lain yang memerlukan referensi nol tegangan agar dapat beroperasi secara tepat dan stabil. PIN *ground* di ESP32 *device Board*.
3. GPIO (*General Purpose input/Output*) adalah dalam mode *input* pada ESP32 terdiri dari sekelompok *pin* yang berperan sebagai penerima sinyal atau data dari perangkat eksternal atau sensor. Ketika digunakan sebagai *input*, GPIO pada ESP32 mampu membaca data baik dalam bentuk *analog* maupun digital dari berbagai perangkat, seperti sensor suhu, kelembaban, tombol, sensor gerak, dan lainnya. Dengan menggunakan GPIO sebagai

*input*, ESP32 dapat berinteraksi dengan lingkungannya dan mengambil informasi dari perangkat eksternal yang terhubung.

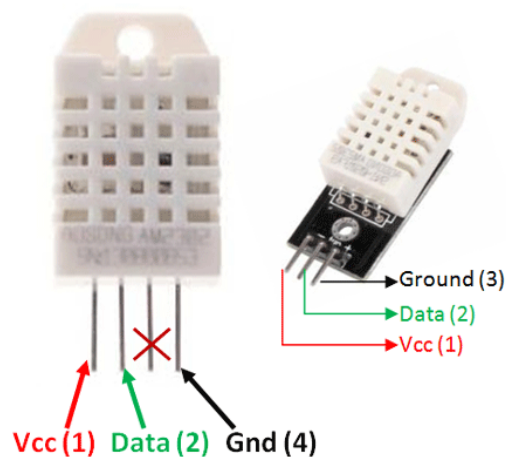
4. ADC adalah *Board* ini menyatukan SAR ADC 12-bit dan 15 saluran *pin analog*. Beberapa saluran *pin* tersebut dapat digunakan untuk membuat penguat *amplifier* yang berguna dalam mengukur sinyal *analog* yang rendah. Selain itu, ESP32 juga dirancang untuk melakukan pengukuran tegangan ketika beroperasi dalam mode *sleep*.
5. DAC adalah *Board* ini dilengkapi dengan fitur dua saluran DAC (*Digital-to-Analog Converter*) 8-bit yang berperan dalam mengubah sinyal digital menjadi tegangan *analog*. *Dual* DAC ini juga dapat digunakan untuk mengendalikan rangkaian lainnya.
6. *Touch Pads* adalah *Board* ini memiliki 9 GPIO *capacitive sensing* yang mampu mendeteksi berbagai kapasitas melalui sentuhan langsung atau kontak dekat melalui jari atau objek lainnya.
7. UART adalah *Pins* pada ESP32 *Dev Board* memiliki 2 antarmuka UART, yaitu UART0 dan UART2, yang mendukung komunikasi asinkron (RS232 dan RS485) serta *IrDA* dengan kecepatan komunikasi hingga 5Mkpbs. Antarmuka UART juga menyediakan manajemen perangkat keras dari sinyal CTS dan RTS, serta pengendalian aliran perangkat lunak (XON dan XOFF)
8. SPI adalah ESP32 memiliki 3 pilihan antarmuka SPI yang dapat diakses melalui *pin-pinnnya*. Antarmuka SPI yang tersedia meliputi SPI, HSPI, dan VSPI. Baik SPI, HSPI, maupun VSPI dapat diatur sebagai mode *slave* atau master sesuai dengan konfigurasi yang ditentukan:
  - a. *4 timing modes of the SPI format transfer*
  - b. *Up to 80 MHz and the divided clocks of 80 MHz*
  - c. *Up to 64-Byte FIFO*
9. PWM Pins adalah *Board* ini dilengkapi dengan 25 saluran (*channel*) pin PWM. Keluaran dari PWM dapat digunakan untuk mengendalikan motor digital dan LED. kontroller ini terdiri dari PWM *timer* dan PWM operator. Setiap *timer* menghasilkan sinkronisasi waktu secara independen, dan setiap operator PWM menghasilkan bentuk gelombang untuk satu saluran (*channel*) PWM.



10. EN Pin digunakan untuk meng-*enable* ESP32. *Chip* ini di *enable* dengan di set *HIGH*, saat di set *LOW*, *chip* bekerja dengan *Power* minimum.

### 2.2.5 DHT22 (TEMPERATURE AND HUMIDITY SENSOR)

DHT22 merupakan sebuah modul sensor suhu dan kelembaban tunggal yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mengukur suhu serta kelembaban dalam bentuk keluaran digital yang telah dikalibrasi. Modul sensor DHT22 terdiri dari dua komponen sensor, yaitu sensor kelembaban berbasis kapasitor yang berfungsi dengan cara mendeteksi perubahan kapasitor akibat adanya molekul air di sekitarnya, dan modul suhu. Kelebihan dari DHT22 adalah rentang pengukuran yang luas, yaitu mulai dari 0 hingga 100% untuk kelembaban dan -40 derajat *Celsius* hingga 125 derajat *Celsius* untuk suhu. Dengan spesifikasi yang komprehensif tersebut, diharapkan sensor DHT22 dapat memberikan data yang akurat kepada penggunanya[24]. Sensor DHT22 adalah penerus dari modul DHT11, dapat dibeli sebagai sensor atau sebagai modul. Namun, kinerja sensornya sama. Sensor datang dalam paket 4-pin yang hanya menggunakan tiga *pin*, sedangkan modul hanya memiliki tiga *pin*, seperti yang ditunjukkan pada *pin* DHT22 di bawah.



Gambar 2. 6 DHT22 Modul [25]

Pada Gambar 2.6 merupakan perbedaan tunggal antara sensor dan modul adalah bahwa modul dilengkapi dengan kapasitor filter dan *resistor pull-up* bawaan, dan sensor harus menggunakannya secara eksternal bila diperlukan. Modul ini

sedikit lebih mahal daripada DHT11, tetapi memiliki jangkauan pengukuran yang lebih besar dan Akurasi yang sedikit lebih baik.

DHT22 Sensor suhu dan kelembaban ini merupakan salah satu sensor yang umum digunakan. Sensor ini dilengkapi dengan NTC terpisah untuk mengukur suhu dan *Mikrokontroler* 8-bit untuk menampilkan nilai suhu dan kelembaban dalam bentuk data serial. Sensor ini telah dikalibrasi di pabrik sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan *Mikrokontroler* lain. Rentang pengukuran suhu yang dapat diukur oleh sensor DHT22 adalah dari  $-40^{\circ}\text{C}$  hingga  $125^{\circ}\text{C}$ , sedangkan untuk kelembaban dapat diukur dari 0% hingga 100% dengan Akurasi  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  dan  $\pm 1\%$ . [25].

Di bawah ini merupakan spesifikasi lengkap dari sensor suhu dan kelembaban DHT22 secara umum.

**Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22 [26]**

Spesifikasi	DHT22
Tegangan <i>input</i>	3.3 - 6V DC
Sistem komunikasi	Serial ( <i>single – Wire Two way</i> )
<i>Range</i> suhu	$-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$
<i>Range</i> kelembaban	0% – 100% RH
Akurasi	$\pm 20^{\circ}\text{C}$ ( <i>temperature</i> ) $\pm 5\%$ RH ( <i>humidity</i> )

Pada tabel 2.3 Spesifikasi Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22 , merupakan spesifikasi dari sensor DHT22 dengan menggunakan input tegangan adalah 3.3 – 6 V DC, dengan sistem komunikasi serial (*Single – wire twi way*), dengan range suhu  $-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$  dan range kelembaban 0% - 100% RH, dengan tingkat akurasi yang dimiliki sensor DHT22 dengan kisaran  $\pm 20^{\circ}\text{C}$  (*temperature*)  $\pm 5\%$  RH (*humidity*). pengukuran suhu data yang dihasilkan 14 bit, sedangkan untuk kelembaban data yang dihasilkan 12 bit. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu *respon* DHT-22 yang cepat, Sensor ini memiliki kalibrasi yang akurat dengan kompensasi suhu ruang yang disesuaikan dengan nilai koefisien yang tersimpan dalam memori OTP terintegrasi. Sensor DHT-22 memiliki kemampuan untuk mengukur suhu dan kelembaban dalam rentang yang luas, dan dapat mentransmisikan sinyal keluaran melalui kabel hingga jarak 20 meter, membuatnya cocok untuk ditempatkan di berbagai lokasi [27]

## 2.2.6 MQ GAS SENSOR

Sensor gas, sering juga disebut sebagai detektor gas, merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengidentifikasi berbagai jenis gas. Umumnya, sensor gas digunakan untuk mendeteksi gas beracun atau mudah meledak, serta mengukur konsentrasi gas. Di lingkungan pabrik dan fasilitas manufaktur, sensor gas berperan dalam mengidentifikasi kebocoran gas, sementara di dalam rumah, mereka berfungsi untuk mendeteksi asap dan karbon monoksida.

Sensor gas sangat bervariasi dalam ukuran (*portable* dan *fixed*), jangkauan, dan kemampuan deteksi. Sensor ini sering menjadi bagian dari sistem tertanam yang lebih besar, seperti sistem keamanan, dan biasanya terhubung ke alarm atau antarmuka audio. Karena sensor gas terus-menerus berinteraksi dengan udara dan gas lainnya, sensor tersebut perlu dikalibrasi lebih sering dari pada jenis sensor lainnya. Saat mengukur gas seperti karbon dioksida, oksigen atau metana, istilah konsentrasi digunakan untuk menggambarkan jumlah gas di udara dalam persen volume. Dua satuan Pengukuran yang umum digunakan adalah dalam bentuk *Part per million* (ppm) dan persentase konsentrasi. *Part per Million* (ppm) menunjukkan perbandingan satu gas dengan gas lainnya. Sebagai contoh, jika terdapat 1.000 ppm CO, artinya dari setiap satu juta molekul gas, 1.000 di antaranya adalah karbon monoksida dan 999.000 merupakan gas-gas lainnya.

Pada penelitian ini yang mana berfokus pada sensor gas dengan seri MQ-135 dan MQ-4 maka berikut adalah penjelasan mengenai sensor gas MQ-135 dan MQ-4.

### 1. MQ135 – Amonia

Sensor MQ-135 merupakan suatu jenis sensor kimia yang sensitif terhadap berbagai senyawa seperti NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alkohol, benzol, asap (CO), CO<sub>2</sub>, dan sejenisnya. Cara kerja sensor ini adalah dengan mendeteksi perubahan nilai resistansi (*analog*) ketika terpapar oleh gas-gas tersebut. Keunggulan sensor ini terletak pada daya tahan yang baik sehingga cocok untuk digunakan sebagai penanda bahaya polusi, dengan kelebihan *praktisitas* dan konsumsi daya yang rendah. Pengaturan sensitivitas sensor ini dipengaruhi oleh nilai resistansi MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas. Oleh karena itu, saat menggunakan komponen ini, penyesuaian sensitivitas menjadi hal yang penting.

Selain itu, untuk mendeteksi konsentrasi NH<sub>3</sub> sebesar 100 ppm atau alkohol sebesar 50 ppm di udara, diperlukan kalibrasi yang tepat [28].



**Gambar 2. 7 Modul Sensor Gas MQ-135 [29]**

Pada gambar 2.7 diatas merupakan modul gambar sensor gas MQ-135 yang sering digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya di udara, terutama gas-gas seperti amonia (NH<sub>3</sub>), karbon monoksida (CO), nitro oksida (NO<sub>x</sub>), alkohol, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), dan berbagai senyawa organik volatil. Sensor ini biasanya digunakan dalam proyek-proyek yang berhubungan dengan pengukuran kualitas udara dalam ruangan, deteksi kebocoran gas, atau pemantauan lingkungan.

**Tabel 1. 1 Spesifikasi standar kerja sensor MQ-135 [29]**

<b>Parameter</b>	<b>Kondisi Teknis</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Circuit Voltage</i>	5 V ± 0,1	AC / DC
<i>Heating Voltage</i>	5 V ± 0,1	AC / DC
<i>Load Resistance</i>	Bisa menyesuaikan	
<i>Heater Resistance</i>	33 Ω ± 5%	Suhu ruangan
<i>Heating Consumption</i>	<500 mW	
Jangkauan Pengukuran	10-300 ppm amonia 10-1000 ppm benzol 10-300 m alkohol	

Pada tabel 1.1 merupakan spesifikasi standar kerja sensor MQ-135, terdiri dari parameter *Circuit Voltage*, *Heating voltage*, *Load Resistnace*, *Heater Resistance*, *Heating Consumption* dan Jangkauan Pengukuran.

## 2. MQ-4 Metana, Gas alam

Metana merupakan suatu hidrokarbon dalam bentuk gas yang umumnya diwakili oleh rumus kimia  $CH_4$ . Metana murni biasanya tidak memiliki aroma khusus. Namun, ketika digunakan secara komersial, gas metana sering dicampur dengan bau belerang agar memungkinkan pendeteksian kemungkinan kebocoran.

Sensor MQ-4 adalah sebuah modul sensor yang memiliki kemampuan untuk mengidentifikasi kadar gas metana dan gas alam yang terdapat dalam udara. Tingkat sensitivitas sensor mq4 ini sangat tinggi terhadap gas metana. Mq4 dapat mendeteksi konsentrasi gas metana ( $CH_4$ ) dalam udara dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi gas yang mudah terbakar. Modul sensor ini membutuhkan suplai daya sebesar 5V. Rentang deteksinya untuk gas alam/metana adalah antara 300 hingga 10.000 ppm. Pada alat ini, sensor mq4 berfungsi untuk memantau jumlah gas metana yang dihasilkan [30]



**Gambar 2. 8 Modul Sensor Gas MQ-4 [31]**

Pada gambar 2.8 berikut adalah spesifikasi dan fitur yang disediakan oleh modul sensor gas MQ-4 Amonia:

- a. Jenis Produk: Sensor gas semikonduktor
- b. Paket standar: Sensitivitas tinggi terhadap  $CH_4$ , Gas alam, Sensitivitas kecil terhadap alkohol, asap, *Respon* cepat, Stabil dan umur panjang, Sirkuit *drive* sederhana
- c. Deteksi gas: Metana, gas alam,  $H_2$ , LPG,  $CH_4$ , CO, Alkohol, Asap, atau Propana

- d. Konsentrasi yang dapat dideteksi: 500-10000 ppm, LPG dan propana; metana 300-1000 ppm; 500-10000 ppm hidrogen,
- e. Aplikasi: Alat ini memiliki sensitivitas yang baik terhadap gas yang mudah terbakar dalam berbagai rentang. Sensitivitasnya sangat tinggi terhadap CH<sub>4</sub> (gas alam), tetapi kurang sensitif terhadap alkohol dan asap. Alat ini memberikan *respons* cepat, stabil, dan memiliki masa pakai yang panjang. Selain itu, sirkuit penggeraknya sederhana.

### **2.2.7 QUALITY OF SERVICE (QoS)**

*Quality of Service (QoS)* adalah penggunaan mekanisme atau teknologi yang bekerja pada jaringan untuk mengontrol lalu lintas dan memastikan kinerja aplikasi dengan kapasitas jaringan terbatas. QoS memungkinkan untuk menyesuaikan lalu lintas jaringan secara keseluruhan dengan memprioritaskan aplikasi berkinerja tinggi tertentu. QoS biasanya diterapkan pada jaringan yang membawa lalu lintas untuk sistem intensif sumber daya. Layanan umum yang diperlukan termasuk Internet *Protocol TV (IPTV)*, game online, media streaming, konferensi video, *video on demand (VOD)*, dan *Voice Over IP (VoIP)*.

Menggunakan QoS dalam jaringan memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan kinerja beberapa aplikasi di jaringan mereka dan mendapatkan visibilitas ke dalam *bit rate*, *delay*, *jitter*, dan *packet rate* jaringan. QoS memastikan dapat merekayasa lalu lintas di jaringan dan mengubah cara paket dialihkan ke internet atau jaringan lain untuk menghindari penundaan transmisi. Dan juga memastikan bahwa jaringan internet mencapai kualitas layanan yang diharapkan untuk aplikasi dan memberikan pengalaman pengguna yang diharapkan. Sesuai dengan arti QoS, tujuan utamanya adalah memungkinkan jaringan internet untuk memprioritaskan lalu lintas, termasuk menawarkan *bandwidth* khusus, *jitter* yang terkontrol, dan latensi yang lebih rendah. Teknologi yang digunakan untuk memastikan hal ini sangat penting untuk meningkatkan kinerja aplikasi bisnis, jaringan area luas atau *Wide Area Network (WAN)*, dan jaringan penyedia layanan internet [32]

### 1. *Throughput*

*Throughput* adalah ukuran sebenarnya dari *bandwidth* yang terukur dalam interval waktu tertentu saat proses transmisi data. Walaupun menggunakan satuan yang sama, yaitu *bits per second (kbps)*, *throughput* lebih menggambarkan *bandwidth* yang efektif pada waktu dan kondisi tertentu saat proses mengunduh *file* dengan ukuran tertentu. [33]. Rumus yang digunakan untuk mencari *throughput* adalah

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Jumlah Paket (Bytes)}}{\textit{Time Span (s)}} \dots\dots\dots(1)$$

### 2. *Delay*

*Delay*, *latency*, atau *round trip time delay* adalah periode waktu yang dibutuhkan bagi sebuah paket untuk dikirim dari satu komputer ke komputer tujuan. *Delay* ini terjadi dalam proses transmisi paket dalam jaringan komputer, dan dapat disebabkan oleh adanya antrian panjang atau pemilihan rute alternatif untuk pengiriman paket. [33].

Untuk mengukur *delay* pada jaringan komputer, bisa menggunakan perintah *ping* yang tersedia dalam command prompt sistem operasi Windows. Hasil perintah *ping* akan menampilkan waktu (*time*) yang menunjukkan *delay* pada paket yang dikirimkan :

$$\textit{Delay} = \frac{\textit{Total Delay}}{\textit{Paket data yang diterima}} \dots\dots\dots(2)$$

Tabel 2. 4 Kategori *Delay* [34]

## 2.2.8 **WIRESHARK**

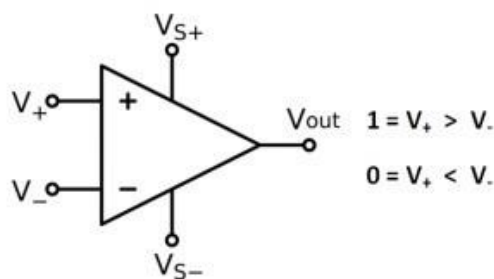
*Wireshark Network Protocol Analyzer* adalah perangkat lunak (*Software*) yang digunakan untuk mengawasi dan merekam paket-paket jaringan, dan berusaha menampilkan semua informasi dalam paket tersebut secara jelas. *Wireshark* merupakan aplikasi *open-source* yang menggunakan antarmuka pengguna berbasis grafis. (*Graphical User Interface/GUI*).[35]

### 2.2.9 ADC (ANALOG TO DIGITAL CONVERSION)

*Analog to Digital Converter* (ADC) adalah sebuah perangkat yang mengubah masukan *analog* menjadi kode-kode digital. ADC banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengaturan proses industri, komunikasi digital, dan rangkaian pengukuran/pengujian. Secara umum, ADC berfungsi sebagai perantara antara sensor-sensor *analog*, seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/berat, aliran, dan sebagainya, dengan sistem komputer. Setelah melalui proses konversi oleh ADC, sinyal-sinyal dari sensor-sensor tersebut diukur menggunakan sistem digital (komputer).

*Analog to Digital Converter* (ADC) memiliki dua karakteristik utama, yaitu tingkat kecepatan pengambilan sampel (*sampling rate*) dan tingkat resolusi. Tingkat kecepatan pengambilan sampel menggambarkan seberapa sering sinyal *analog* diubah menjadi bentuk digital dalam interval waktu tertentu. Biasanya, kecepatan pengambilan sampel diukur dalam satuan sampel *per second* (SPS). Cara kerja ADC (*Analog to Digital Converter*) adalah dengan mengubah sinyal *analog* menjadi besaran yang merepresentasikan rasio antara sinyal *input* dan tegangan *input* sebesar 3 volt, dengan rasio *input* yang diacu pada referensi sebesar 60% [36].

Pada Gambar 2.9 merupakan Komparator ADC (*Analog to Digital Converter*). Berikut adalah gambar gerbang logika dari *Analog To Digital Converter* (ADC) :



**Gambar 2. 9** Komparator ADC (*Analog to Digital converter*) [36]