

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Penulis menggunakan beberapa jurnal yang relevan dengan topik "Monitoring pH air pada mina padi berbasis IoT" sebagai acuan untuk penelitian ini. Salah satu penelitian yang relevan adalah "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis *Internet Of Things* (IoT)". Dalam penelitian tersebut, para peneliti merancang sebuah alat yang berfungsi untuk memonitor kualitas pH air dengan menggunakan sensor pH-4502C Detector, sensor ds18b20 untuk mengukur suhu air, dan sensor Turbidity untuk mendeteksi kekeruhan air. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler untuk mengatur perangkat ini dan menampilkan hasil pemantauan kualitas air secara real-time. Penelitian ini menggunakan *Firestore* sebagai wadah untuk menyimpan data secara real-time, dan sistem ini berbasis IoT. Ketika sistem diaktifkan, sensor akan terus-menerus mengirimkan data sensor ke nodeMCU ESP32 untuk proses pembacaan. Informasi dari data sensor akan diproses oleh nodeMCU ESP32 untuk menghasilkan hasil pengukuran. Hasil pengukuran tersebut kemudian disimpan di *Firestore* dan dapat ditampilkan pada smartphone sebagai data hasil pemantauan kualitas air.

Penelitian selanjutnya adalah "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Gurame". Dalam penelitian ini, digunakan mikrokontroler ESP32 untuk mengoperasikan sensor-sensor, memproses data menggunakan algoritma, dan mengirimkannya ke database. Sistem ini menggunakan database *Firestore*, yang memiliki fitur realtime database sehingga data yang masuk akan selalu berubah sesuai dengan pembaruan dari ESP32. Untuk pembuatan aplikasi mobile, penelitian ini menggunakan MIT app inventor.

Berikut adalah penelitian "Perencanaan Sistem Pemantauan Kondisi Air Pada Kolam Ikan Nila Berbasis *Internet Of Thing*", Pada penelitian perancangan sistem pemantauan kondisi air pada kolam ikan nilai berbasis *Internet of Thing* ini yang dilakukan simulasi dengan menggunakan beberapa *software* berjalan dengan baik. Serta pengujian sensor pH dan sensor suhu yang telah dilakukan

dan menunjukkan hasil kinerja sensor yang bagus dan dapat diaplikasikan pada pembuatan prototipe yang diharapkan menjajikan dalam meningkatkan keberhasilan dalam pembudidaya ikan nila.

Berikut adalah penelitian “Alat Monitoring Kadar Amonia dan Pengontrolan pH pada Kolam Ikan Lele Berbasis IoT”. Pada penelitian ini menggunakan mikrikontroler ESP32, menggunakan 1 sensor pH air dan protokol komunikasi menggunakan telegram. Penelitian ini dapat bekerja secara baik dalam monitoring parameter air melalui telegram berbasis IoT dan juga dapat bekerja secara baik dalam mengontrol pH berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

Tabel 2. 1 Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Nama Peneliti	Metode	Perbedaan
1	Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Budidaya Ikan Hias Air Tawar Berbasis IOT (<i>Internet Of Things</i>)	Wahyu Dewantoro, Muhamad Bahrul Ulum	<i>Prototype</i> berbasis IOT, protokol komunikasi Firebase,	Dari jumlah dan Jenis sensor yang digunakan. jenis protokol komunikasi.
2	Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Kolam Ikan Gurame	Riswandha Adhithia1 , Julian Sahertian2 , Daniel Swanjaya	metode Research and Development (R&D), model ADDIE (Analysis, Design Development, Implementation, and Evaluation).	Dari jumlah sensor dan metode penelitian
3	PerencanaanSistem Pemantauan Kondisi Air Pada Kolam Ikan Nila Berbasis <i>Internet Of Thing</i>	Erlillah Rizqi Kusuma Pradani1, Indah Martha Fitriani, Ridho Herasmara	Berbasis <i>Internet of Thing</i> , perancangn <i>hardware</i> dan <i>software</i> , protokol komunikasi BLYNK	Dari jumlah dan Jenis sensor yang digunakan. protokol komunikasi.
4	Alat Monitoring Kadar Amonia dan Pengontrolan pH pada Kolam Ikan Lele Berbasis IoT	Arsyi Mart Hendri	metode Riset dan Pengembangan (R&D). Protokol komunikasi menggunakan telegram	Jenis dan jumlah sensor yang di gunakan

Berdasarkan penelitian ini yang mengacu pada jurnal diatas terdapat perbedaan dari jumlah sensor yang di gunakan yaitu berjumlah satu sensor, metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur kadar pH, dan protokol komunikasi yang digunakan seperti User Interface dan *BLYNK*. Keunggulanya penelitian ini yaitu kesensitifitas untuk mengukur kadar pH berbeda karena mengguna dua sensor pH, penelitian ini bukan hanya mengukur pH air saja tetapi mengukur ketinggian air, sirkulasi air otomatis.

2.2 DASAR TEORI

Pada dasr teori ini akan dibahas mina padi, *potential hydrogen*, pH sensor, sensor *ultrasonic*, ESP23. *Internet of things*, akurasi dan presisi, QoS, *message queuing qelemetry transport*, *simple additive weigthing*.

2.2.1 Mina Padi

Mina padi, yang juga dikenal dengan sebutan *Integrated Fish Farming*, memiliki sejarah panjang di Indonesia, dimulai pada abad ke-9 di Jawa Barat [4]. Mina padi adalah sistem budidaya pertanian terpadu yang menggabungkan teknik budidaya padi dan budidaya ikan secara bersamaan di satu lahan sawah.



Gambar 2. 1 Mina Padi [9]

Budidaya mina padi masih dilakukan dengan teknologi sangat sederhana hanya terbatas pada kegiatan tahapan pendederan [12]. Sistem budidaya mina padi adalah suatu cara pemeliharaan ikan di sekitar tanaman padi, di mana sistem ini dapat digunakan sebagai penyelang di antara dua musim tanam padi atau sebagai pengganti palawija dalam sawah [13]. Keuntungan dari sistem budidaya mina padi meliputi peningkatan produksi padi dan ikan, mengurangi penggunaan insektisida dan pupuk buatan, serta mengurangi biaya penyiangan dan pengolahan tanah. [14].

2.2.2 *Potential Hydrogen (pH)*

pH air adalah ukuran yang mengindikasikan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Konsep pH diperkenalkan oleh kimiawan Denmark, Søren Peder Lauritz Sørensen, pada tahun 1909. pH diukur dengan menggunakan alat ukur yang memiliki rentang nilai dari 0 hingga 14. Pada skala pH, nilai 7 dianggap netral, yang berarti larutan tersebut tidak bersifat asam maupun basa. Rentang pH antara 6,5 hingga 7,5 dianggap netral dalam konteks air. Jika nilai pH kurang dari 6,5, itu menunjukkan sifat asam larutan, sedangkan jika lebih dari 7,5, itu menunjukkan sifat basa. Pada skala pH, nilai 0 menunjukkan derajat keasaman yang sangat tinggi, sedangkan nilai 14 menunjukkan derajat kebasaan yang sangat tinggi. Sebagai contoh, pH 1 mengindikasikan larutan sangat asam, sementara pH 14 mengindikasikan larutan sangat basa. Pengukuran pH air sangat penting dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam budidaya mina padi, karena pH yang tepat memainkan peran krusial dalam menjaga kesehatan dan kelangsungan hidup ikan serta tanaman yang hidup dalam air tersebut. Oleh karena itu, pemantauan dan pengaturan pH air dengan benar sangat diperlukan untuk menjaga lingkungan yang optimal bagi kehidupan akuatik.

pH air adalah sebuah satuan ukur yang mengukur kadar keasaman atau kebasaan air. PH adalah satuan derajat keasaman yang digunakan untuk mengukur kebasaan maupun keasaman suatu larutan. Konsep pH diperkenalkan pertama kali oleh kimiawan asal Denmark Søren Peder Lauritz Sørensen pada tahun 1909. Alat ukur keasaman memiliki rentang nilai 1 – 14 yang dimana pH netral berada pada nilai 6,5 hingga 7,5. Lebih dari 7,5 bernilai basa dan kurang dari 6,5 bernilai asam. Nilai pH 0 menunjukkan derajat keasaman larutan yang sangat tinggi sedangkan nilai 14 menunjukkan nilai kebasaan suatu larutan yang sangat tinggi [15].

Pada Tabel 2.2 menjelaskan tentang tingkatan kadar pH yang terdapat pada larutan tertentu.

Tabel 2. 2 Nilai pH

Kadar pH	Tingkat kadar pH
1 - 6,4	Asam
6,5 - 7,5	Netral
7,6 - 14	Basa

pH sebenarnya adalah ukuran jumlah relatif ion hidrogen (H⁺) dan hidroksil (OH⁻) yang bebas dalam suatu larutan. Konsentrasi relatif dari ion-ion tersebut menentukan tingkat keasaman atau kebasaan larutan. Perubahan pH dapat dipengaruhi oleh adanya bahan kimia dalam larutan, sehingga pH menjadi indikator penting dalam mengidentifikasi perubahan kimia dalam air. Setiap nilai pH mewakili perubahan 10 kali lipat dalam tingkat keasaman atau kebasaan air. Misalnya, air dengan pH 5 adalah sepuluh kali lebih asam daripada air dengan pH 6. Semakin rendah nilai pH, semakin asam larutan tersebut, dan semakin tinggi nilai pH, semakin basa larutan tersebut. Dalam budidaya mina padi, pH air yang optimal sangat penting untuk mendukung kesehatan ikan dan tanaman.

Ada beberapa cara untuk mendefinisikan asam dan basa, tetapi pH secara khusus hanya mengacu pada konsentrasi ion hidrogen dan diterapkan pada larutan berair (berbasis air). Ketika air berdisosiasi, ia menghasilkan ion hidrogen dan hidroksida. Lihat persamaan kimia di bawah ini.



Saat menghitung pH, ingat bahwa [] mengacu pada molaritas, M. Molaritas dinyatakan dalam satuan mol zat terlarut per liter larutan. Jika Anda diberi konsentrasi dalam satuan lain selain mol (persen massa, molalitas, dll.), ubahlah menjadi molaritas untuk menggunakan rumus pH.

Hubungan antara pH dan molaritas dapat dinyatakan sebagai:

$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ pada } 25^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

$$\text{untuk air murni } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$$

- K_w adalah konstanta disosiasi air (2.3)
- Larutan Asam : $[\text{H}^+] > 1 \times 10^{-7}$
- Solusi Dasar : $[\text{H}^+] < 1 \times 10^{-7}$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \quad (2.4)$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

Dengan kata lain, pH adalah log negatif dari konsentrasi ion hidrogen molar atau konsentrasi ion hidrogen molar sama dengan 10 pangkat nilai pH negatif. Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP), rentang pH air yang dianggap sesuai untuk mina padi berkisar antara 5 hingga 8. Memastikan pH air berada dalam rentang ini sangat penting agar lingkungan hidup ikan di mina padi

tetap sehat dan berfungsi dengan baik. Dengan memonitor dan menjaga pH air dalam kisaran yang tepat, petani dapat mendukung pertumbuhan dan produksi ikan serta keberhasilan budidaya secara keseluruhan [9][16].

2.2.3 Sensor pH

Sensor pH meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu cairan atau larutan. Cara kerja utama dari sensor pH meter berpusat pada sensor probe yang terbuat dari elektroda kaca. Pada ujung sensor probe tersebut terdapat larutan HCl yang berfungsi untuk mempengaruhi tingkat ion H_3O^+ dalam larutan yang diukur. Dengan demikian, sensor probe dapat mengukur jumlah ion H_3O^+ dalam larutan dan memberikan informasi mengenai tingkat pH larutan tersebut. Sensor pH meter menggunakan elektroda kaca yang sangat sensitif di ujungnya. Nilai pH yang ditampilkan oleh alat ini didapatkan melalui elektroda khusus yang terhubung ke rangkaian elektronik. Rangkaian elektronik tersebut mengukur dan menampilkan pembacaan pH dengan mengolah sinyal tegangan berdasarkan reaksi elektroda kaca terhadap ion-ion dalam larutan.

Dengan adanya sensor pH meter, kita dapat dengan cepat dan akurat mengetahui tingkat keasaman atau kebasaan dari berbagai jenis cairan atau larutan. Alat ini banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti industri, pertanian, laboratorium, dan juga dalam budidaya mina padi untuk memantau dan menjaga kualitas air di kolam [16] [17].



Gambar 2. 2 Sensor pH [17]

Pada Gambar 2.2 merupakan gambar pH sensor yang di gunakan pada sistem monitoring pH air pada prototipe mina padi berbasis *internet of things* (IoT)

Pada Tabel 2. 3 merupakan spesifikasi dari pH sensor pada Gambar 2.2 terdapat tegangan , trentang pengukuran, deteksi kisaran suhu, waktu respon,waktu

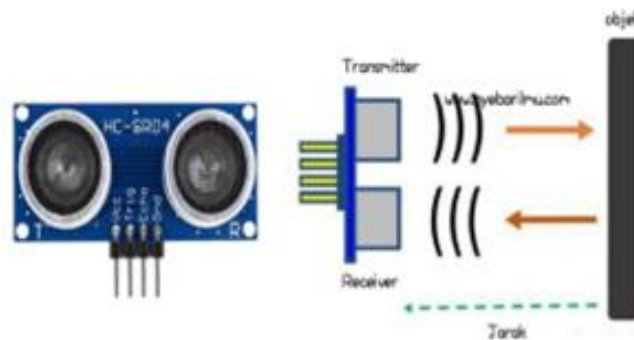
penyelesaian, deteksi kisaran suhu,waktu respon,suhu kerja, kelembaman, *output*, ukuran modul.

Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor pH

Keterangan	Hasil
Tegangan	5 0.2V (AC DC)
Rentang pengukuran	1 - 14,00 pH
Deteksi kisaran suhu	0 – 80
Waktu respon	5 detik
Waktu penyelesaian	60 detik
Daya komponen	0,5 w
Suhu kerja	-10 ~ 50 (Suhu nominal 20)
Kelembaban	95% rh (Kelembaban nominal 65% rh)
<i>Output</i>	Pin analog
Ukuran modul	42mm x 32mm 20mm

2.2.4 Sensor *Ultrasonic*

Sensor *Ultrasonic* HCSR04 adalah sebuah perangkat yang menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 40.000 Hz. Perangkat ini mengirimkan gelombang ultrasonik ke dalam udara, dan ketika ada benda atau halangan dalam jangkauan gelombang, gelombang ultrasonik tersebut akan dipantulkan kembali ke modul sensor. Dengan menganalisis waktu yang diperlukan gelombang *ultrasonic* untuk pergi dan kembali, sensor *ultrasonic* HCSR04 dapat menghitung jarak antara sensor dan benda atau halangan tersebut. Pengukuran jarak ini dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti deteksi objek, sistem navigasi, dan pengukuran jarak pada berbagai perangkat elektronik. Sensor Ultrasonic HCSR04 sering digunakan dalam robotika, otomasi, dan proyek-proyek elektronik lainnya karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam mendeteksi jarak dengan cepat dan akurat menggunakan gelombang ultrasonik. [18].



Gambar 2. 3 Sensor *Ultrasonic* HCSR04 [19]

Pada Gambar 2.3 sensor HCSR04 ultrasonic terdiri dari dua elemen utama, yaitu elemen pembangkit gelombang ultrasonik (TX, Transmitter) dan elemen pendeteksi gelombang ultrasonik (RX, Receiver). Elemen *Transmitter* (TX) berfungsi untuk memancarkan gelombang ultrasonik ke lingkungan sekitarnya. Proses pemancaran dilakukan dengan frekuensi 40kHz, yang merupakan frekuensi standar yang umum digunakan untuk sensor ultrasonik. Proses pemancaran dilakukan dalam waktu yang sangat singkat, sekitar 10 μ (mikrodetik). Dalam waktu tersebut, Transmitter memancarkan total 8 gelombang ultrasonik ke lingkungan sekitarnya. Setelah gelombang *ultrasonic* dipancarkan oleh Transmitter, gelombang tersebut akan merambat melalui udara. Jika ada suatu objek atau penghalang dalam jangkauan pancaran gelombang, gelombang ultrasonik akan dipantulkan kembali (echo) ke arah sensor. Elemen *Receiver* (RX) berfungsi untuk menerima gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali oleh objek atau penghalang. Dengan menerima gelombang yang dipantulkan, *Receiver* dapat mengukur waktu yang diperlukan gelombang untuk pergi dan kembali ke sensor [19].

Tabel 2. 4 Spesifikasi sensor *ultrasonic* HCSR04 [20]

Keterangan	Hasil
Tegangan	5 VDC
Arus	15 mA
Frekuensi Kerja	40 KHz
Jarak Minimum	2 cm
Jarak Maksimum	400 cm (4 meter)
Sudut Pengukuran	15 Derajat
Input Sinyal Trigger	10 μ pulsa TTL
Output Sinyal Echo	Sinyal Level TTL
Dimensi	45mm x 20mm x 15mm

Pada Tabel 2. 4 terdapat keterangan yang terdiri dari tegangan, arus, frekuensi kerja, jarak minimum, jarak maksimum, sudut pengukuran, input sinyal *trigger*, *output sinyal echo*, terdapat hasil terdiri dari, 5vds, 15mA, 40khz, 2 cm, 400 cm, 15 derajat, 10 μ pulsa ttl, sinyal level ttl 45mmx20mmx15mm.

Pada Tabel 2.2.5 merupakan keterangan pin yang berada pada sensor *ultrasonic* yaitu pin 1 VCC, pin 2 *Trigh*, pin 3 *Echo*, dan pin 4 Gnd yang mempunyai fungsi seperti tabel dibawah:

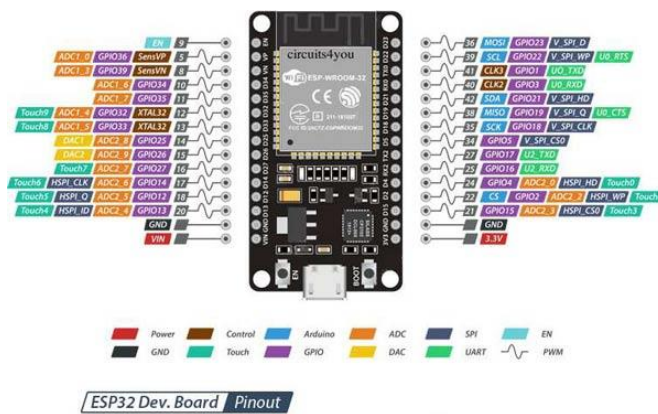
Tabel 2. 5 Keterangan pin sensor *untrsonic* HCSR04 [21]

Pin	Keterangan
Pin 1	VVC (di hubungkan ke tegangan +5)
Pin 2	Trig (untuk mengirimkan gelombang suara)
Pin 3	Echo (untuk menerima pantulan suara)
Pin 4	Gnd (dihubungkan ke ground)

Pada Tabel 2.5 terdapat pin yaitu pin1, pin 2, pin 3, pin4 dan keterangan yaitu vcc (di hubungkan ke tegangan +5), trig (untuk mengirimkan gelombang suara), echo (untuk menerima pantulan suara), gnd (dihubungkan ke ground).

2.2.5 ESP32

ESP32 adalah suatu jenis mikrokontroler yang telah dikembangkan oleh Espressif Systems, dan merupakan penerus dari mikrokontroler sebelumnya yaitu ESP8266. Salah satu keunggulan utama ESP32 adalah kemampuan untuk mendukung aplikasi *Internet of Things* (IoT). Hal ini disebabkan oleh adanya modul WiFi yang telah terintegrasi langsung di dalam chip mikrokontroler ini. Dengan modul WiFi ini, ESP32 dapat dengan mudah terhubung ke jaringan nirkabel dan berkomunikasi dengan perangkat lainnya melalui Internet, memungkinkan pengembang untuk menciptakan berbagai aplikasi IoT yang cerdas dan terkoneksi [22].

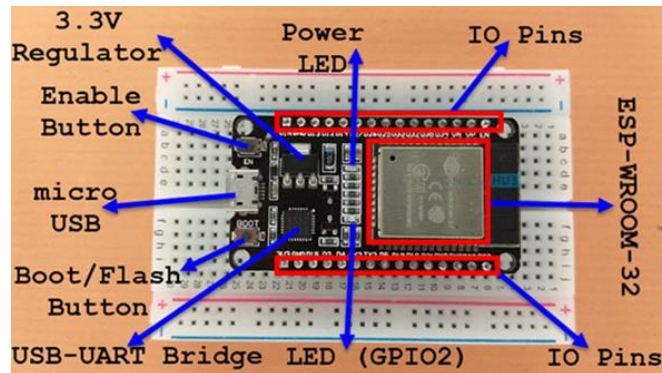


Gambar 2. 4 ESP32 [23]

Pada Gambar 2.4 Spesifikasi dari pin – pin yang dimiliki ESP32 yaitu:

- Jumlah pin : 30 meliputi pin tegangan dan *General Purpose Input/Output* (GPIO).
- 15 pin *Analog to Digital Converter* (ADC)

- 3 *Universal Asynchronous Receiver-Transmitter* (UART)
- 3 *Serial Peripheral Interface* (SPI)
- 2 *Inter Integrated Circuit* (I2C)
- 16 pin (*Pulse Width Modulation*) (PWM)
- 2 pin *Digital to Analog Converter* (DAC)



Gambar 2. 5 ESP32 [24]

Pada Gambar 2.5 Spesifikasi dari ESP32 yaitu sebagai berikut:

- *ESP-WROOM-32 Module*
- *Two rows of IO Pins* (with 15 pins on each side)
- *CP2012 USB – UART Bridge IC*
- *micro–USB Connector* (for power and programming)
- *AMS1117 3.3V Regulator IC*
- *Enable Button* (for Reset)
- *Boot Button* (for flashing)
- *Power LED* (Red)
- *User LED* (Blue – connected to GPIO2)
- *Some passive components* [24].

2.2.6 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

Pada tahun 1999, Andy Stanford-Clark dari IBM bekerja sama dengan Alen Nipper dari Eurotech untuk mengembangkan sebuah spesifikasi protokol pesan baru yang disebut *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) [26]. *Message Queuing Telemetry Transport* MQTT adalah protokol yang beroperasi di atas stack TCP/IP, dirancang khusus untuk komunikasi mesin ke mesin yang tidak memiliki alamat khusus. Ini berlaku untuk perangkat seperti Arduino, *Raspberry Pi*, atau perangkat lain yang tidak memiliki alamat IP tertentu. Sistem kerja *Message*

Queueing Telemetry Transport (MQTT) didasarkan pada mekanisme *Publish* dan *Subscribe* untuk pertukaran data. Dalam penerapannya, perangkat akan terhubung ke suatu perantara (*Broker*) dan memiliki topik (*Topic*) tertentu. Pesan-pesan dikirim melalui topik-topik ini, dan perangkat yang tertarik dengan topik tersebut akan melakukan *subscribe* untuk menerima pesan-pesan tersebut. Keunggulan MQTT terletak pada kemampuannya untuk mentransfer data dalam ukuran paket yang rendah. Hal ini sangat bermanfaat dalam mengembangkan teknologi remote dengan perangkat yang memiliki keterbatasan sumber daya, seperti daya dan bandwidth. *Message Queueing Telemetry Transport* (MQTT) menjadi solusi yang efisien dan efektif untuk menghubungkan perangkat dengan kemampuan terbatas ke dalam jaringan IoT dan memungkinkan komunikasi yang handal antar perangkat dalam berbagai aplikasi IoT.

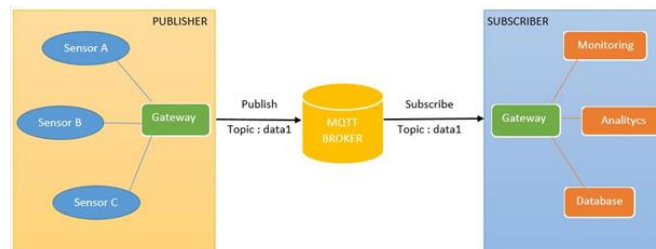


Gambar 2. 6 (*Message Queueing Telemetry Transport*) [25]

Message Queueing Telemetry Transport (MQTT) dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* jaringan dan sumber daya perangkat, sambil tetap menjamin keandalan dan pengiriman pesan dengan tingkat keamanan tertentu. Karakteristik inilah yang membuat protokol ini sangat cocok untuk diterapkan pada komunikasi mesin-ke-mesin (M2M) atau *Internet of Things* (IoT), serta aplikasi *mobile* yang memiliki keterbatasan bandwidth dan kapasitas baterai. Dengan demikian, *Message Queueing Telemetry Transport* (MQTT) menjadi pilihan ideal untuk menyediakan solusi komunikasi yang efisien dan handal dalam lingkungan di mana terbatasnya sumber daya menjadi pertimbangan utama [27].

- *Broker* dalam *Message Queueing Telemetry Transport* (MQTT) berfungsi sebagai mediator yang menangani proses *publish* dan *subscribe* dari berbagai perangkat, serupa dengan sebuah server yang memiliki alamat IP khusus. Contoh beberapa broker yang tersedia adalah *Mosquitto*, *HiveMQ*, dan *Mosca*.

- *Publish* adalah cara bagi suatu perangkat untuk mengirimkan data kepada para *subscriber*. *Publisher* biasanya merupakan perangkat yang terhubung dengan sensor tertentu.
- *Subscribe* adalah cara bagi suatu perangkat untuk menerima berbagai macam data dari *publisher*. *Subscribers* dapat berupa aplikasi pemantauan sensor atau perangkat lainnya, yang akan meminta data dari *publisher*.
- *Topic* berfungsi sebagai pengelompokan data ke dalam kategori tertentu. Dalam sistem kerja protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), *topic* memiliki peran yang penting. Setiap transaksi data antara *publisher* dan *subscriber* harus memiliki suatu *topic* tertentu.



Gambar 2. 7 MQTT *Publisher*, *Broker* dan *Subscribe* [25]

Pada Gambar 2.7 merupakan alur dari MQTT yang terdapat *publisher*, *broker*, dan *subscriber*.

1. Blok *Publisher*

Blok *Publisher* terdiri dari beberapa sensor, misalnya sensor A, B, dan C. Setiap sensor akan terhubung ke suatu gateway seperti Ethernet shield, ESP8266, SIM800L, atau perangkat sejenis yang memungkinkan koneksi ke MQTT *Broker*. Antara gateway dan sensor, pasti ada controller seperti Arduino, *Raspberry Pi*, atau perangkat serupa yang berfungsi untuk mengendalikan dan mengelola data dari sensor. Tugas dari Blok *Publisher* ini sederhana, yaitu mengambil data dari sensor A, B, dan C, kemudian mengirimkannya ke MQTT *Broker* dengan menggunakan *Topic* data1.

2. MQTT *Broker*

MQTT *Broker* memiliki alamat yang dapat diakses oleh *Publisher* dan *Subscriber*. Tugas utama MQTT *Broker* adalah berfungsi sebagai penghubung antara *publisher* dan *subscriber* dalam proses transaksi data. MQTT *Broker* juga menggunakan pengelompokan data yang dikenal

sebagai "topic". Ketika Publisher mengirim data dari sensor A, B, dan C dengan menggunakan topic "data1", jika ada *Subscriber* yang melakukan subscribe dengan topic yang sama yaitu "data1", maka *Subscriber* akan menerima data dari sensor A, B, dan C yang dikirimkan oleh *Publisher*.

3. Blok *Subscriber*

Blok *Subscriber* memiliki tugas untuk melakukan langganan (*subscribe*) pada topic "data1". Setelah berhasil menerima data nilai sensor A, B, dan C dari publisher, kita dapat mengolah data tersebut dengan berbagai cara, seperti menyimpannya ke dalam database, menganalisisnya, atau mengintegrasikannya menjadi sistem monitoring yang terstruktur dan bernilai untuk keperluan komersial [25].

2.2.7 *Internet of Things (IoT)*

Menurut *Coordinator and Support Action for Global RFID-related Activities and Standardization*, *Internet of Things (IoT)* diartikan sebagai sebuah infrastruktur *global* yang menghubungkan benda fisik dan virtual melalui pemanfaatan teknologi penangkapan data dan komunikasi.[28].



Gambar 2. 8 *Internet of Things* [28]

Internet of Things (IoT) pada dasarnya adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat ke internet. Teknologi IoT sering disebut sebagai teknologi masa kini, yang memanfaatkan perangkat komputer berukuran kecil yang dapat terhubung ke jaringan lokal atau internet. Perangkat dalam teknologi ini didesain untuk menggunakan daya yang rendah sehingga hanya dapat menjalankan perintah-perintah sederhana. IoT telah banyak diaplikasikan pada pengaturan smart home saat ini. Perangkat dalam smart home dikonfigurasi untuk menjalankan tugas-tugas

tertentu, seperti membaca data dari sensor, dengan cara yang mirip dengan sistem tertanam. IoT juga berfungsi sebagai perangkat perantara antara sensor dan pengguna, sehingga dapat mengirimkan data dari sensor kepada pengguna dan dapat mengontrol aktuator untuk melakukan tindakan tertentu berdasarkan perintah yang diberikan [29].

2.3 AKURASI DAN PRESISI

Akurasi mengacu pada tingkat ketepatan dan kemiripan hasil yang dibandingkan dengan nilai absolut. Ini berarti bahwa akurasi berfokus pada seberapa dekat pengukuran aktual dengan ukuran standar yang tepat. Semakin mendekati nilai ukuran standar, semakin tinggi tingkat akurasi yang tercapai [30].

Terdapat dua buah cara untuk mengukur akurasi. Metode pengukuran akurasi antara lain: *error* absolut dan *error relatif*.

$$E_A = |x - x'| \quad (2.5)$$

Error absolut adalah nilai yang dihitung dengan mengambil nilai absolut dari selisih antara nilai sebenarnya (x) dan nilai yang diamati (x'). Error absolut dapat diungkapkan melalui persamaan matematis tertentu.

$$E_R = \left| \frac{x-x'}{x} \right| \quad (2.6)$$

Pengukuran lain yang sering digunakan untuk mengukur akurasi adalah *error* relatif. Berbeda dengan *error* absolut, *error* relatif membagi selisih antara nilai sebenarnya x dan nilai observasi x' dengan nilai sebenarnya. Hasil yang diperoleh merupakan nilai tanpa satuan. Persamaan error relatif disajikan pada Persamaan.

Presisi menggambarkan sejauh mana hasil pengukuran yang diulang dapat konsisten. Nilai presisi dapat berubah karena adanya kesalahan acak, yaitu jenis kesalahan yang mungkin terjadi pada pengamatan. Presisi mencerminkan keseragaman dan reproduktibilitas dalam pengukuran. Presisi menunjukkan tingkat keunggulan dalam teknologi yang digunakan untuk menghasilkan hasil tersebut. Di sisi lain, akurasi mengukur seberapa dekat hasil pengukuran satu sama lain. Semakin tinggi tingkat presisi, semakin kecil variasi atau perbedaan antar pengukuran yang dilakukan [31].

2.4 SIMPLE ADDITIVE WEIGHTING (SAW)

Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) juga dikenal sebagai metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar dari metode SAW adalah menghitung penjumlahan terbobot dari rating kinerja untuk setiap alternatif pada semua atribut. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) memerlukan proses normalisasi matriks keputusan (X) ke skala yang dapat dibandingkan dengan semua rating alternatif yang ada. Metode ini sangat mudah digunakan karena memiliki algoritma yang sederhana. Prinsip dasar dari metode *Simple Additive Weighting* (SAW) adalah mencari dan menyaring penjumlahan terbobot dari peringkat kinerja setiap alternatif yang ada pada atribut. Metode *Simple Additive Weighting* (SAW) direkomendasikan untuk digunakan dalam pengambilan keputusan multi-proses karena kemudahan implementasinya [32] [33].

Proses normalisasi matriks keputusan menggunakan rumus sebagai berikut

$$r_{jj} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\text{Max } i X_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut keuntungan (benefit)} \\ \frac{\text{Min } i X_{ij}}{x_{ij}} & \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya (cost)} \end{cases} \quad (2.7)$$

Keterangan:

R_{ij} = nilai rating kinerja normalisasi

X_{ij} = nilai atribut yang dimiliki dariu setiap kriteria

Max x_{ij} = nilai terkecil dari setiap kriteria

Benefit = nilai terbesar adalah terbaik

Cost = nilai terkecil adalah terbaik

Dimana r_{ij} adalah rating kinerja ternormalisasi dari alternative A_i pada atribut C_j; i=1,2,...,m

dan j=1,2,...,n

$$V_i = \sum_j^n = w_j r_j \quad (2.8)$$

Keterangan:

V_i = nilai Akhir Alternatif

W_i = Bobot yang telah ditentukan

R_{ij} = Normalisasi matriks

Nilai V_i yang lebih besar mengindikasikan bahwa alternative a_i lebih terpilih [34].

2.5 QUALITY OF SERVICE (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah metode pengukuran yang menilai seberapa baik kinerja jaringan dan merupakan upaya untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan. QoS digunakan untuk mengukur serangkaian atribut kinerja yang telah ditentukan dan biasanya terkait dengan sebuah layanan. Beberapa parameter yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan QoS antara lain *Throughput* (laju transfer data), *Delay* (keterlambatan dalam pengiriman data), dan *Jitter* (variasi dalam waktu pengiriman data) [35].

1. *Throughput* adalah tingkat kecepatan efektif dalam mentransfer data, diukur dalam satuan bps (bits per *second*). *Throughput* mengindikasikan jumlah keseluruhan paket yang berhasil dikirim dan diterima dengan sukses selama periode pengamatan.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Data Yang dikirim}}{\text{Waktu Pengiriman Data}} \quad (2.3)$$

Pada Tabel 2.6 merupakan standarisasi dari *throughput* yaitu terdiri dari sangat bagus, bagus, sedang, dan jelek.

Tabel 2. 6 Standarisasi *Throughput* [36]

No	Kategori	Besar <i>throughput</i>	Indeks
1	Sangat Bagus	100	4
2	Bagus	75	3
3	Sedang	50	2
4	Jelek	>25	1

2. *Delay* adalah interval waktu yang diperlukan untuk mencapai tujuan dari lokasi asal. Waktu *delay* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jarak, kondisi fisik media, tingkat kongesti, atau kecepatan pemrosesan yang berlangsung dalam suatu sistem [36].

$$\text{delay (s)} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang diterima}} \quad (2.4)$$

Pada Tabel 2.7 merupakan standarisasi dari *delay* yaitu terdiri dari sangat bagus, bagus, sedang, dan jelek.

Tabel 2. 7 Standarisasi *Delay* [36]

No	Kategori	Besar <i>Delay</i>	Indeks
1	Sangat Bagus	<150	4
2	Bagus	150 s/d 300 ms	3
3	Sedang	300 s/d 450 ms	2
4	Jelek	>450 ms	1

3. *Jitter* atau variasi kedatangan paket terjadi karena adanya variasi dalam panjang antrian, waktu pengolahan data, dan waktu pengumpulan ulang paket di akhir perjalanan [36].

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{total paket yang di terima}} \quad (2.5)$$

Pada Tabel 2.8 merupakan standarisasi dari *jitter* yaitu terdiri dari sangat bagus, sedang, dan jelek.

Tabel 2. 8 Standarisasi *Jitter* [36]

No	Kategori	Besar <i>Jitter</i>	Indeks
1	Sangat Bagus	0 ms	4
2	Bagus	75 ms	3
3	Sedang	125 ms	2
4	Jelek	225 ms	1

4. *Packet Loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* dan *congestion* pada jaringan [36].

$$Packet\ loss = \frac{p.data\ yang\ dikirim - p.data\ yang\ diterima}{p.data\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (2.6)$$

Pada tabel 2.9 merupakan kategori dari *packet loss* yang memiliki kategori sangat bagus, bagus, sedang, dan jelek.

Tabel 2. 9 Standarisasi *Packet Loss* [37]

No	Kategori	<i>Packet loss</i>	Indeks
1	Sangat Bagus	0%	4
2	Bagus	3%	3
3	Sedang	15%	2
4	Jelek	25%	1