

BAB 2

DASAR TEORI

Pada bab 2 Dasar Teori akan dijelaskan mengenai kajian pustaka dan landasan teori tentang *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT), pH dan suhu air, dan hal lain yang berhubungan dengan pokok pembahasan.

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Untuk bahan perbandingan dan acuan bagi penelitian ini, penulis menggunakan penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik ini. Penelitian berikut adalah penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan topik tersebut.

Penelitian tentang implementasi sistem otomasi kualitas air tambak real time berbasis web [11]. Tujuan penelitian adalah untuk memantau kualitas air tambak udang, di mana sistem akan mengirimkan dan menampilkan data dari sensor kekeruhan air dan sensor suhu secara real time melalui web. Hasil pengukuran sensor suhu menunjukkan suhu rata-rata dengan nilai 35,55°C dan suhu rata-rata dari termometer dengan nilai 35,44°C yang mempunyai nilai *error* 0,46%. Sensor kekeruhan air LDR menunjukkan bahwa nilai air jernih lebih rendah daripada air keruh [11].

Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan logika fuzzy berbasis IoT dapat memantau kualitas air habitat ikan hias di akuarium [12]. Implementasi *internet of things* (IoT) berbasis *web mobile* digunakan dalam pembuatan sistem ini. Ketika kecepatan pompa air dihitung untuk memfiltrasi air, teknik logika fuzzy digunakan. Sistem ini diharapkan memberi pemilik lebih banyak kontrol atas kualitas air di akuarium. Arduino Uno digunakan dengan fungsi sebagai mikrokontroler. Dalam pengujian sistem, sensor pH untuk mengukur keasaman air, sensor *turbidity* untuk mengukur kekeruhan air, sensor DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air, dan sensor inframerah untuk mengidentifikasi pakan [12].

Penelitian tentang sistem yang memantau dan mengontrol nilai pH dan kecerahan pada air tambak udang *Vannamei* berdasarkan IoT [13]. Saat ini, kualitas air tambak udang hanya diukur secara manual pada siang hari dengan

memeriksanya secara manual selama periode waktu tertentu. Kemungkinan penurunan kualitas air akan berdampak pada perkembangbiakan udang karena pengukuran kualitas air pada malam hari masih jarang dilakukan. Dengan demikian, sistem yang berbasis IoT dapat memantau dan mengontrol kualitas air tambak udang. Penelitian ini menggunakan data *fuzzy* Sugeno dengan parameter suhu dan pH. Sensor temperatur DS18B20 serta sensor pH digunakan sebagai data masukan. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 digunakan untuk penelitian ini. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat memantau dan mengendalikan kualitas air tambak dari jarak jauh, serta otomatis menjaga kualitas air stabil. Ini memudahkan pengelola tambak untuk memantau keadaan air meskipun mereka jauh dari lokasi tambak selama waktu tertentu [13].

Penelitian tentang penerapan protokol MQTT pada sistem pemantauan perangkat IoT [14]. Perangkat *Internet of Things* (IoT) dapat mengirimkan data dari satu komputer ke komputer secara otomatis tanpa bantuan manusia. Namun, peningkatan jumlah dan ukuran data yang dikirim akan mengganggu kinerja perangkat IoT. Tujuan penelitian adalah membuat sistem pemantauan pada perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan menggunakan prinsip yang terkandung dalam protokol MQTT, yaitu mekanisme *publish-subscribe* yang beroperasi di tingkat aplikasi. Sumber daya yang diperlukan untuk protokol MQTT lebih sedikit daripada protokol UDP. Penelitian ini menemukan bahwa protokol MQTT memiliki nilai *throughput* 9,2 MBit/detik dan *delay* yang lebih sedikit, yaitu 0.008634 detik., yang menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan *bandwith* dan *latency* yang rendah [14].

Penelitian mengenai penerapan sistem pemantauan kualitas air berbasis IoT [15]. Tujuan penelitian adalah untuk mengembangkan sebuah alat yang bisa digunakan untuk melacak kualitas air dari tandon penampungan air untuk kebutuhan air bersih masyarakat desa. Perancangan sistem pelacakan ini menggunakan sensor TDS, sensor *turbidity*, dan sensor pH, dan mikrokontrolernya adalah NodeMCU, yang dapat mengirimkan data dari sistem ke *website*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang berbasis *internet of things* berhasil dibuat dengan persentase keberhasilan 86,6% dan persentase *error* 13,3%. Hasil

pengujian kalibrasi untuk masing-masing sensor menggunakan sepuluh kali percobaan menunjukkan bahwa sensor *turbidity* mendapatkan akurasi 98,31%, sensor pH mendapatkan akurasi 97,88%, dan sensor TDS mendapatkan akurasi 98,26% [15].

Tabel 2.1 Rangkuman Kajian Pustaka

Penelitian Oleh	Tahun	Judul	Perangkat Yang Digunakan	Protokol Yang Digunakan
Muhammad Sifa'un Ni'am, Sabriansyah Rizqika Akbar, Rizal Maulana	2020	Monitoring Dan Implementasi Sistem Otomasi <i>Real Time</i> Kualitas Air Tambak Menggunakan Web	NodeMCU, sensor suhu DS18B20, sensor pH	HTTP
Shaifany Fatriana Kadir	2019	Mobile Iot (Internet Of Things) Untuk Pemantauan Kualitas Air Habitat Ikan Hias Pada Akuarium Menggunakan Metode Logika Fuzzy	Arduino Uno, sensor suhu DS18B20, sensor turbidity, sensor pH, sensor infrared	HTTP
Yuri Ariyanto, Sofyan Noor Arief, Muh. Marsudiarto	2020	Sistem Monitoring Dan Controlling Kualitas Air Tambak Udang <i>Vannamei</i> Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT)	NodeMCU, sensor suhu DS18B20, sensor pH	HTTP
Zavero Brillianata Abilovani, Widhi Yahya, Fariz Andri Bakhtiar	2018	Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT	Raspberry Pi 2 model B	MQTT
Anindhita Lestari, Anggi Zafia	2022	Penerapan Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis <i>Internet Of Things</i>	NodeMCU, Sensor TDS, Sensor Turbidity, sensor pH	HTTP

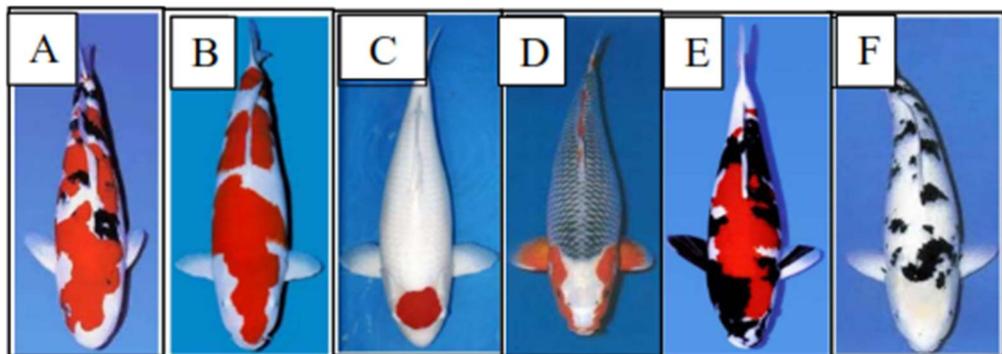
2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Ikan Koi

Pada saat ini ikan koi (*Cyprinus Carpio*) saat ini cukup terkenal di masyarakat pada umumnya, khususnya pecinta ikan hias, dikarenakan warnanya yang beragam, corak sisik yang berwarna-warni indah, gerakannya yang lincah, dan

fakta bahwa mereka adalah salah satu jenis ikan hias yang paling mudah dipelihara. Ikan koi merupakan anggota famili *Cyprinidae*, memiliki karakteristik umum: badannya memanjang dan sedikit pipih ke samping, dengan mulut di ujung tengah. Ikan koi memiliki dua sungut di mulut, kadang-kadang satu di antaranya kurang terang, dan tubuhnya berwarna-warni [1].

Gambar 2.1 memperlihatkan jenis Ikan Koi yang terdiri dari berbagai jenis yaitu adalah Kohaku, Showa, Tancho, Bekko, Asagi, , Shiro, Taisho Sanshoku, Utsuri, Shusui, Goromo, Kinginrin, Goshiki, dan Kawarimono [3].



Gambar 2.1 Ragam Ikan Koi: (a) Kohaku; (b) Taisho sanshoku (sanke); (c) Tancho; (d) Asagi; (e) Showa sanshoku (showa); (f) Shiro [3]

2.2.2 Kualitas Air

Kondisi kualitatif air yang diukur dan atau diuji menggunakan metode dan parameter tertentu sesuai dengan peraturan yang berlaku dalam Pasal 1 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003 dikenal sebagai kualitas air. Parameter yang dimaksud tersebut meliputi parameter fisika (suhu, kekeruhan, TDS atau *Total Dissolve Solid*), parameter kimia (pH, DO atau *Dissolved Oxygen* , BOD atau *Biological Oxygen Demand*, COD atau *Chemical Oxygen Demand*, kadar logam) dan parameter mikrobiologi (keberadaan plankton, bakteri) [16].

Penentuan kualitas air berupa parameter Suhu dan pH, yaitu :

1. Parameter Suhu

Kehidupan akuatik diatur oleh suhu air; ini mengontrol laju metabolisme, aktivitas reproduksi, dan siklus hidup. Jika suhu aliran meningkat, menurun, atau berubah secara signifikan, aktivitas metabolik dapat meningkat, melambat, atau

bahkan tidak berfungsi [17]. Dalam akuarium ikan koi, suhu air akuarium berkisar antara 22 °C – 30 °C [3].

2. Parameter pH (Kimia)

Potential of Hydrogen atau pH, yang diukur dengan menggunakan rumus $\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$, menunjukkan derajat keasaman. Karena mempengaruhi kehidupan jasad renik, pH air memengaruhi tingkat kesuburan perairan. Perairan asam tidak hanya akan mengurangi produktivitas, tetapi juga dapat membunuh tumbuhan dan ikan. Konsumsi oksigen akan menurun untuk pH tinggi karena penurunan kadar oksigen yang terlarut. Ini terjadi di tempat yang basah. Oleh karena itu, kondisi air akan lebih baik jika mempunyai pH sebesar 6,5–9,0, dengan perkiraan ideal pH sebesar 7,5–8,5 [17]. Dalam akuarium ikan koi, pH air akuarium berkisar antara 6,5 – 8,5 [3].

2.2.3 Akuarium

Akuarium berarti tempat untuk melihat ikan, tanaman, dan makhluk air, karena kata Latin "aqua" berarti air dan "rium" berarti tempat. Orang-orang percaya bahwa Mesir kuno adalah orang pertama yang melakukan pemeliharaan ikan dalam tempat khusus ribuan tahun sebelumnya [18].

Berdasarkan jenis air, flora, dan fauna pada akuarium dibagi menjadi dua [18] yaitu :

a. Akuarium Air Tawar

Akuarium air tawar adalah tempat di mana tanaman dan ikan air tawar dari seluruh dunia disimpan. Larutan air tawar mengandung sejumlah kecil gas dan garam. Air tawar diklasifikasikan sebagai "keras" atau "lunak" berdasarkan tingkat natrium dan kalsium yang terkandung dalam senyawa.

b. Akuarium Air Laut

Akuarium laut adalah tempat di mana fauna dan flora laut hidup bersama. Kandungan garam air laut membedakannya dari air tawar.

2.2.4 *Message Queue Telemetry Transport Protocol (MQTT)*

Protokol untuk mengkomunikasikan informasi dari *machine-to-machine* (M2M) yang digunakan pada lapisan ke tujuh atau lapisan aplikasi dikenal sebagai MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*). Dengan sifat *lightweight message*, Protokol MQTT berkomunikasi melalui pengiriman data pesan dengan header yang kecil berukuran dua byte untuk semua jenis data. Ini memungkinkannya beroperasi di keadaan yang memiliki sumber daya bandwidth serta listrik yang terbatas. Protokol MQTT memastikan bahwa semua pesan akan dikirim bahkan jika koneksi terputus [14].

Protokol MQTT adalah standar OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*), dibuat oleh *Arlen Nipper* dan *Stanford-Clark*. Protokol MQTT memiliki standar ISO/IEC 20922:2016. Karena beberapa keuntungan, MQTT saat ini menjadi pilihan utama untuk jalur komunikasi Internet of Things [14] :

1. Ringan dan Efisien.

MQTT-client sangat kecil dan membutuhkan sedikit sumber daya, sehingga dapat diterapkan pada mikrokontroler yang mempunyai ukuran memori yang lebih kecil. *Header Message* MQTT, yang berfungsi sebagai identitas alamat komunikasi, sangat ringan, sehingga kerja *bandwidth network* dioptimalkan sepenuhnya.

2. Pengiriman pesan yang dapat diandalkan.

MQTT memiliki tiga tingkat kualitas layanan (QoS) yang dapat disesuaikan untuk memastikan *reliabilitas* pengiriman pesan dalam berbagai perangkat IoT.

3. Komunikasi dua arah.

MQTT memudahkan pengiriman pesan dalam grup dengan broadcasting karena memungkinkan pengiriman pesan antara *device* dan *cloud* serta antara *cloud* dan *device*.

4. Bisa digunakan di jaringan yang tidak dapat diandalkan.

Jaringan seluler yang tidak dapat diandalkan digunakan oleh banyak perangkat *Internet of Things* (IoT). MQTT mempersingkat waktu yang diperlukan untuk

menghubungkan kembali klien dengan broker karena dapat dijalankan secara konsisten.

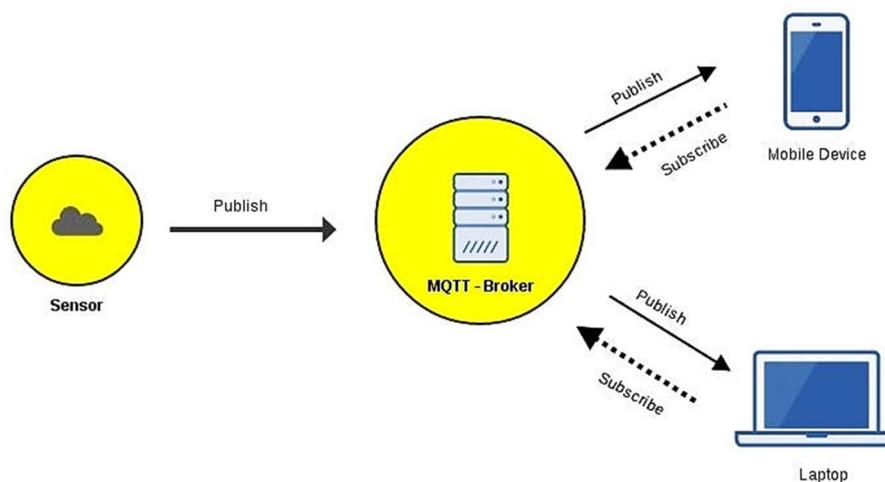
5. Skala yang besar.

MQTT memiliki kemampuan untuk menghubungkan jutaan perangkat *Internet of Things* (IoT).

6. Aman.

MQTT membantu mengautentikasi klien menggunakan protokol autentikasi modern dan mengenkripsi pesan menggunakan TLS.

Gambar 2.2 menunjukkan skema protokol MQTT yang terdiri dari MQTT *broker*, sensor sebagai *publisher* dan *device* sebagai *subscriber*.



Gambar 2.2 Skema Protokol MQTT [9]

MQTT menggunakan metode *publish/subscribe*, yang berarti bahwa satu peralatan mengirimkan pesan (*publish*), dan peralatan lain akan menerima pesan (*subscribe*) sesuai dengan topik yang relevan. MQTT *Broker* mengatur semua pengiriman dan penerimaan pesan ini [14].

2.2.5 Mikrokontroler NodeMCU

NodeMCU, yang dikembangkan oleh *Espressif System*, adalah platform *Internet of Things* dengan fitur GPIO(*General Purpose Input/Output*), ADC(*Analog to Digital Conversion*), dan UART(*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*). NodeMCU juga berfungsi sebagai mikrokontroler dan

mempunyai fitur wifi, yang memungkinkan pengiriman data yang berasal dari sensor ke *smartphone* tanpa menggunakan peralatan lain. Dengan bersifat *open source*, modul ini dapat dikembangkan oleh pengembang seperti sistem operasi *Linux*. Dengan mikrokontroler dan fitur wifi NodeMCU, pengiriman data yang berasal dari sensor ke *smartphone* dapat dilaksanakan secara langsung tanpa memerlukan peralatan tambahan [20].

Gambar 2.3 memperlihatkan Board elektronik NodeMCU v3, berbasis chip ESP8266. Dengan banyaknya pin I/O, proyek IOT dapat memiliki aplikasi pengawasan dan kontrol.



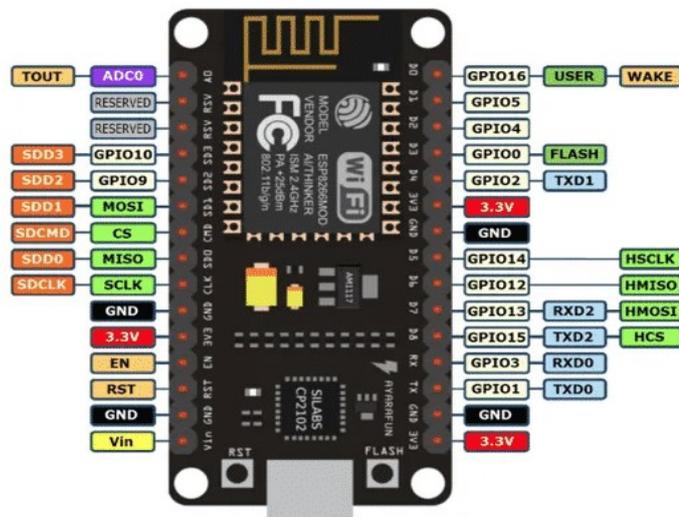
Gambar 2.3 Board NodeMCU [20]

Spesifikasi mikrokontroler NodeMCU V3 diperlihatkan pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.2 Spesifikasi dari NodeMCU V3

SPEKIFIKASI	NODEMCU
Mikrokontroler	ESP8266
Dimensi Board	57 mm x 30 mm
Tegangan Keluaran	3.3 V - 5V
Saluran PWM	10 Kanal
GPIO	13 PIN
10 bit ADC Pin	1 Pin
Kecepatan Clock	40/26/24 MHz
Flash Memory	4 MB
Port USB	Micro USB
USB ke Serial Converter	CH340G
Wi-Fi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz – 22.5 Ghz

Gambar 2.4 menunjukkan mikrokontroler NodeMCU yang memiliki 30 pin yang dapat digunakan. Pin tersebut bisa dipakai untuk kebutuhan peripheral, seperti kanal ADC 10bit dan kanal ADC lainnya. *Interface* UART digunakan untuk menambahkan kode serial.



Gambar 2.4 Susunan Pin Node MCU [21]

Susunan pin pada NodeMCU [21] terdiri dari :

- a. **Pin Power Supply.** Mempunyai empat pin *power supply* yaitu satu VIN, dan tiga pin dengan tegangan 3.3V. Dalam kasus di mana Anda memiliki sumber tegangan 5V yang stabil, VIN bisa dipakai sebagai sumber daya listrik ESP8266 dan perifer. Pin 3.3V dari board sirkuit regulator tegangan adalah outputnya, dan pin ini digunakan untuk menyediakan daya kepada komponen luar.
- b. **GND.** Merupakan pin untuk ground pada board sirkuit NodeMCU.
- c. **Pin I2C.** Untuk menghubungkan berbagai sensor dan peripheral yang memerlukan koneksi I2C pada proyek. Dengan frekuensi clock maksimal 100 kHz, *interface* I2C ini dapat digunakan secara programtik. . Perlu diperhatikan bahwa antarmuka I2C ini harus mempunyai frekuensi clock yang lebih tinggi dari frekuensi *clock* paling rendah dari perangkat *slave*.
- d. **Pin GPIO.** Terdiri dari 17 pin GPIO yang berfungsi seperti I2C, PWM, Remote Control IR, I2S, LED, UART dan tombol programmatic. GPIO Digital

dilakukan pengaturan untuk menaikkan dan menurunkan secara internal atau pengaturan dengan resistensi tinggi. Pada saat pengaturan untuk input, pin ini juga dapat diubah menjadi pemacu tepi atau level untuk menginterupsi CPU.

- e. **ADC Kanal.** NodeMCU terkoneksi dengan 10-bit SAR ADC, bisa dipakai menjalankan 2 fungsi ADC, yaitu pengecekan tegangan daya pin VDD3P3 serta pengecekan tegangan input pin TOUT. Tapi keduanya tidak bisa dilakukan dalam waktu bersama-sama.
- f. **Pin UART.** NodeMCU mempunyai dua antarmuka UART berupa UART0 serta UART1, yang bisa melakukan komunikasi secara *asynchronous* lewat RS232 serta RS485, dan mempunyai kecepatan komunikasi sebesar 4,5 MBps. Antarmuka UART0 bisa dipakai di TXD0, RXD0, RST0, dan CTS0. Pin tersebut mempunyai kemampuan dalam kontroling fluida. Tapi pin UARTX1, atau TXD1, hanya bisa digunakan dalam pengiriman signal.
- g. **Pin SPI.** NodeMCU mempunyai 2 karakteristik SPI, yaitu SPI dan HSPI dalam bentuk *slave* dan *master*. Pin SPI mempunyai kemampuan dalam mendukung berbagai fitur yang digunakan oleh peralatan, diantaranya:
 - 1. Memiliki empat mode format pewaktuan transfer SPI
 - 2. Memiliki *Clock* hingga 80 MHz
 - 3. Up to 64 – Byte FIFO
- h. **Pin SDIO.** Fitur *Secure Digital Input/Output Interface* (SDIO) salah satu fitur NodeMCU. Pin ini mendukung versi SDIO 4 – bit 25 MHz v1.1 dan SDIO 4-bit 50 MHz v2.0.
- i. **Pin PWM.** board ini memiliki modulasi lebar pulsa empat kanal, yang dapat diprogram dan diatur untuk motor digital dan LED. Frekuensi PWM berkisar antara 100 Hz dan 1 kHz.
- j. **Pin Control.** Pin ini mempunyai pin pengaktif chip (EN), pin reset (RST), dan pin WAKE, yang digunakan untuk mengontrol ESP8266. Ketika EN ditarik tinggi, chip ESP8266 akan aktif secara maksimal, dan ketika EN ditarik rendah, chip ESP8266 akan bekerja dengan daya minimal. Chip direset dengan pin RST, dan chip dibangun dari keadaan *deepsleep* dengan pin WAKE.

2.2.6 Sensor *Potential of Hydrogen* (pH)

Potential of Hydrogen atau pH adalah kadar ion hidrogen (H^+) terlarut. Jumlah elektron yang ada dalam sampel cairan menunjukkan nilainya yang lebih tinggi sebagai asam, dan jumlah elektron yang ada menunjukkan nilainya yang lebih rendah sebagai basa. pH diukur dengan menggunakan sekumpulan larutan standar dengan pH yang diputuskan melalui persetujuan internasional. pH larutan di bawah 7 menunjukkan sifat asam, pH sama dengan 7 menunjukkan sifat netral, dan pH di atas 7 menunjukkan sifat basa. Sensor pH adalah perangkat atau alat yang dapat mengubah tampilan fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat diolah dengan rangkaian listrik atau diproses pada sistem digital. Sensor pH meter bekerja dengan cara berikut: nilai reaksi kimia yang ditampilkan diubah menjadi besaran listrik [22].

Sensor pH menggunakan *bulb*, atau elektroda kaca tipis, yang diisi dengan larutan HCl (0,1 mol/dm³). Kawat perak dimasukkan ke dalam larutan agar menghasilkan senyawa yang seimbang dengan larutan HCl, yang menghasilkan AgCl. Dalam keadaan ini, larutan pada bulb memungkinkan ion H^+ bertukar. Akibatnya, pengkondisian sinyal diperlukan untuk meningkatkan sinyal. Pengkondisian sinyal menggunakan sumber tegangan kontrol untuk pencatu elektron kaca. Tegangan yang digunakan untuk pencatu elektroda berbahan kaca tetap konstan terlepas dari perubahan tegangan yang terjadi pada catu daya rangkaian. Pengaturan sinyal berfungsi untuk memastikan bahwa perubahan tegangan yang terjadi pada output sensor hanya disebabkan oleh perpindahan ion. Impedansi rangka secara otomatis mengubah arus yang mengalir ke sensor menjadi tegangan [23].

2.2.7 Sensor Suhu

Sensor suhu, juga dikenal sebagai pendeteksi panas suatu benda, adalah alat yang digunakan untuk mengubah panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah diukur. Sensor suhu terbuat dari bahan yang suhunya mengubah hambatannya terhadap arus listrik [24].

Gambar 2.5 memperlihatkan sensor suhu DS18B20, yang memiliki output digital, hanya dapat beroperasi dengan satu kabel. Bus 1-*Wire*, juga dikenal sebagai

"bus satu kabel", menggunakan protokol satu kabel untuk menghubungkan mikrokontroller dengan satu kabel untuk data. Protokol satu kabel memungkinkan penggunaan lebih dari satu sensor DS18B20 dengan satu kabel penghubung.



Gambar 2.5 Sensor Suhu DS18B20 [24]

Cara kerja sensor DS18B20 adalah IC (*Integrated Circuit*) sensor DS18B20 mempunyai kaki berupa GND, VCC dan DQ sebagai data yang peka terhadap suhu lingkungan. Kaki DQ akan mengubah masukan berupa tegangan (sebagai akibat adanya perubahan suhu) menjadi keluaran berupa besaran digital yang berbentuk data suhu [24].

Spesifikasi sensor DS18B20 [24]:

1. Tipe Sensor : Sensor Suhu Digital yang Dapat Diprogram
2. Tegangan Operasi : 3.3V – 5V
3. Arus Operasi : 1 A
4. Rentang pengukuran : -55 °C hingga +125 °C (-67 °F hingga +257 °F)
5. Ketelitian : ± 0,5 °C Ketelitian dari pengukuran suhu -10 °C hingga +85 °C
6. Resolusi berbasis program : 9 bit hingga 12 bit (Dapat Dipilih)
7. Waktu Konversi : <750ms
8. Probe Penginderaan : Tabung Stainless Steel
9. Ukuran Probe Sensor : Panjang 45mm, Diameter 6mm
10. Ukuran kabel : Panjang 91cm, Diameter 4mm

Konfigurasi pin pada sensor suhu DS18B20 [28] adalah:

1. Pin 1 (GND) : ini adalah pin GND sensor, dihubungkan ke terminal GND mikrokontroler.
2. Pin 2 (VCC) : ini adalah pin Catu Daya sensor, perlu dihubungkan ke terminal 3.3V atau 5V mikrokontroler/mikroprosesor.

3. Pin 3 (Data) : ini adalah pin keluaran. Memberikan output menggunakan metode satu kabel yang harus dihubungkan ke pin digital pada mikrokontroler/mikroprosesor.

2.2.8 *Arduino IDE (Integrated Development Enviroment)*

Software Arduino dapat digunakan dalam pembuatan sketsa pemrograman atau menggunakan Arduino IDE untuk memprogram board yang ingin diprogram. Dengan library C/C++ (*wiring*), dapat digunakan untuk membuat, mengedit, mengupload, dan mengkodekan program tertentu. *Sketch* adalah program koding yang ditulis menggunakan IDE Arduino. Filenya berekstensi.ino, dan proses penulisan kode menggunakan penulisan struktur dasar [25].

2.2.9 *Delay*

Waktu yang diperlukan data untuk menempuh jarak dari posisi awal ke posisi tujuan dikenal sebagai *Delay*. Jarak, media fisik, congesti atau juga waktu proses yang lama dapat mempengaruhi *delay* [26]. Persamaan perhitungan *Delay* sebagaimana ditunjukkan pada persamaan 2.1 :

$$Delay = \frac{\text{Waktu antar paket}}{\text{Jumlah Paket}} \quad (2.1)$$

Tabel 2.3 menunjukkan karegori *delay* berdasarkan ITU-T.

Tabel 2.3 Kategori *Delay* Berdasarkan ITU-T

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>
<i>Very Good</i>	<150 ms
<i>Good</i>	150 ms s.d. 300 ms
<i>Enough</i>	300 ms s.d. 450 ms

2.2.10 *Packet Loss*

Parameter *Packet loss* menunjukkan berapa banyak paket yang hilang karena kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuan tertentu [26]. *Packet loss* dapat ditentukan memakai rumus seperti persamaan 2.2.

$$Packet Loss = \frac{(\text{paket yang dikirim} - \text{paket yang diterima})}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Tabel 2.4 menunjukkan karegori *packet loss* berdasarkan ITU-T.

Tabel 2.4 Kategori *Packet Loss* Berdasarkan ITU-T

Kategori	<i>Packet Loss (%)</i>
<i>Very Good</i>	0
<i>Good</i>	5
<i>Enough</i>	15
<i>Poor</i>	25

2.2.11 Akurasi dan *Error*

Akurasi merupakan derajat kedekatan antara nilai sensor dengan nilai alat standar [27]. Akurasi dapat dituliskan dalam persamaan 2.3.

$$\text{Akurasi} = \left[1 - \left| \left(\frac{\text{pengukuran sensor} - \text{pengukuran alat pembanding}}{\text{pengukuran alat pembanding}} \right) \right| \times 100\% \right] \quad (2.3)$$

Error adalah selisih nilai sensor dengan nilai alat standar [27]. *Error* dapat dituliskan dalam persamaan 2.4.

$$\text{Error} = \left| \left(\frac{\text{pengukuran sensor} - \text{pengukuran alat pembanding}}{\text{pengukuran alat pembanding}} \right) \right| \times 100\% \quad (2.4)$$