

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Pada kajian pustaka ini terdiri beberapa Kumpulan penelitian yang telah diperoleh yang sangat relevan dengan pokok pembahasan dari permasalahan dalam penelitian ini, antara lain:

Penelitian berjudul "Sistem Kontrol Pengairan Tanaman Berbasis Baling-Baling Berbasis *Internet of Things*" yang dipublikasikan di jurnal *Inspiration* oleh Ratnawati dan Silma (2017) mengembangkan model eksperimental untuk mengotomatisasi irigasi tanaman guna meringankan tugas manusia. Sistem ini menggunakan baling-baling dan sensor kelembapan tanah untuk mengukur tingkat kelembapan tanah. Prototipe ini melibatkan komponen perangkat keras seperti Wemos D, sensor kelembapan tanah, sensor cahaya, LCD, dan *relay*, serta antarmuka pengguna berbasis aplikasi Android. Pompa air akan otomatis menyala saat kelembapan tanah di atas 1000 (ph) dan berhenti saat kelembapan turun di bawah 500 (ph) atau mencapai 500 (ph). Pengujian menunjukkan bahwa kelembapan tanah optimal berada pada 600 (ph) dan seluruh sistem berfungsi dengan baik [11].

Penelitian berjudul "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika *Fuzzy*" oleh Satria Bimo Mursalin, dkk (2020) bertujuan untuk mengotomatisasi penyiraman tanaman tanpa memerlukan banyak tenaga manusia. Sistem ini menggunakan logika *fuzzy* untuk mengatur drainase tanaman berdasarkan kelembapan tanah. Sistem ini dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengontrol, pompa air, dan layar LCD untuk pembacaan kelembapan tanah. Harapannya, alat ini dapat meningkatkan efisiensi perawatan tanaman [12].

Penelitian berjudul "Perancangan Sistem Monitoring Tanaman Cabai Merah Dengan Memanfaatkan Mikrokontroler Arduino Wemos D1 Berbasis IoT" oleh Albert Suwandhi (2018) merancang alat untuk menyiram cabai merah dalam pot berdasarkan kelembapan tanah dan suhu. Alat yang digunakan meliputi sensor suhu

DHT22, Wemos D1, sensor kelembapan tanah YL69, dan Arduino Uno. Metode penelitian yang digunakan adalah tes eksperimental dengan beberapa sampel. Perangkat lunak aplikasi Android bernama *Blynk* digunakan untuk menampilkan data secara *real-time* melalui *web* server [13].

Penelitian berjudul “Analisa Pengaruh Pemakaian Alat Penyiraman Otomatis berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Metode *Spray* Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram” oleh Achmad Umar Khamdani (2020) menunjukkan bahwa jamur tiram dapat tumbuh lebih cepat dengan metode penyiraman otomatis. Monitoring selama 3 hari menunjukkan pertumbuhan jamur tiram sekitar 1-1,5 cm setiap 4 jam, mencapai 3 cm dalam 24 jam. Sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan yang menyemprotkan air saat kelembapan mencapai 75% memungkinkan panen dalam waktu 2,5-3 hari dibandingkan 4-5 hari tanpa alat ini [14].

Penelitian berjudul “Pengembangan Fitur Rekam Jejak Data Menggunakan Metode Multiple File Studi Kasus Budidaya Jamur” oleh Aziz Maulana Rosyid (2022) fokus pada pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan jamur dengan menggunakan sensor cahaya LDR, serta sensor kelembapan, suhu, dan udara. Sensor LDR membaca intensitas cahaya dan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kondisi lingkungan. Sensor DHT22 mengukur suhu ideal sekitar 24°-30°, sedangkan sensor MQ135 mengukur kualitas udara dengan nilai rata-rata 118 PPM [15].

Penelitian berjudul "*Automatic Plant Irrigation System Using Arduino*" oleh Devika CM, Karthika Bose, dan Vijayalekshmy S. yang dipublikasikan dalam jurnal IEEE *International Conference on Circuits and Systems (ICCS)* pada tahun 2017 membahas sistem irigasi otomatis yang mendeteksi kelembapan tanah dan menentukan kebutuhan irigasi. Sistem ini menggunakan mikrokontroler AtMega328 yang secara otomatis menyuplai air saat tanah kering dan berhenti saat tanah basah, sehingga meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga kerja [16].

Penelitian berjudul “*Arduino-Based Smart Irrigation Using Water Flow Sensor, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor and ESP8266 WIFI Module*” oleh Pushkar Singh dan Sanghamitra Saikia (2017) bertujuan untuk mengontrol sistem irigasi secara ekonomis dan mudah. Sistem ini menggunakan sensor aliran

air, suhu, dan kelembapan tanah untuk mengukur kebutuhan air tanaman. Data yang dikumpulkan dihubungkan ke situs *web* interaktif yang memungkinkan pengguna mengontrol pompa irigasi dari jarak jauh. Sistem ini sepenuhnya otomatis, mudah digunakan, dan meningkatkan produktivitas [17].

Penelitian berjudul “*Arduino Automatic Plant Irrigation Using Message Alert Based*” oleh Roopa Mahadev, Kushmithaa N, et al (2018) mengkaji sistem irigasi otomatis berbasis Arduino. Sistem ini mengandalkan kelembapan tanah dan mampu mengirimkan notifikasi terkait kesehatan tanaman kepada petani melalui SMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini efisien, mengurangi kebutuhan tenaga manusia, dan mampu mengoptimalkan penggunaan air untuk produksi tanaman [18].

Penelitian berjudul “*Arduino Based Automatic Plant Watering System*” dalam jurnal “*Advance Research in Computer Science and Software Engineering*” oleh S. V. Devika, Khamuruddeen, et al (2014) membahas sistem penyiraman otomatis menggunakan Arduino yang bekerja pagi dan sore berdasarkan kelembapan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil diuji dan dapat beroperasi secara otomatis dengan mengukur kadar air tanah. Ketika kelembapan tanah turun di bawah nilai target, sensor akan mengirimkan sinyal ke papan Arduino yang kemudian mengaktifkan pompa air. Setelah kelembapan tanah mencapai tingkat yang diinginkan, sistem akan mati secara otomatis dan pompa air akan berhenti [19].

Penelitian berjudul “*Smart Water Sprinkler System Based on Arduino Microcontroller*” oleh Sanjeev Kr. Choudhary, Vijay Kumar et al (2017) mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis Arduino untuk mengatasi masalah kelangkaan air di India. Sistem ini dirancang untuk meminimalkan kehilangan air dan mengurangi kebutuhan pemantauan langsung terhadap tanaman. Selain itu, sistem ini juga dirancang untuk mencegah kerusakan tanaman dengan menyediakan jumlah air yang tepat. Manfaat dari penelitian ini adalah membantu mengurangi pemborosan air dalam irigasi dan melindungi sumber daya air yang berharga [20].

**Tabel 2.1 Penelitian terdahulu**

Penulis	Judul Penelitian	Tahun Penelitian	Perbedaan	
			Sebelum	Sekarang
Ratnawati dan Silma	Sistem Kontrol Pengairan Tanaman Berbasis Baling-Baling Berbasis <i>Internet of Things</i>	2017	Penelitian sistem pengairan tanaman berbasis baling ini memakai mikrokontroler Wemos D1 serta mengatur waktu dan tanggal yang disimpan dengan <i>realtime clock</i> , jadwal penyiraman oleh motor servo jadi teratur.	Penelitian ini menggunakan Nodemcu ESP32 sebagai mikro yang dikendalikan oleh aplikasi <i>blynk</i> untuk monitoring sensor kelembapan tanah yl-69, DHT22 untuk memantau suhu, LCD yang menampilkan data saat dilokasi.
Satria Bimo Mursalin, Dkk	Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i>	2020	Pada penelitiannya menggunakan logika <i>fuzzy</i> dalam mengatur variabel <i>outputnya</i> yaitu berapa lama sistem harus menyiram yang dibagi menjadi beberapa domain “kering, lembab, basah”.	Penelitian ini menggunakan pompa saat menyalurkan air kepada tanaman apabila kelembapan menyentuh 60% maka servo menyala dan menggerakkan pompa dan mati apabila mencapai 80%.
Albert Suwandhi	Perancangan Sistem Monitoring Tanaman Cabai Merah Dengan Memanfaatkan Mikrokontroler Arduino Wemos D1 Berbasis IoT	2018	Pada penelitian terdahulu menggunakan modul WIFI Wemos D1 sebagai media pertukaran data dengan <i>webservice blynk android</i> .	Sedangkan penelitian ini memakai modul ESP32 yang memiliki kinerja lebih baik.
Achmad Umar khamdani	Analisa Pengaruh Pemakaian Alat	2020	Penelitian ini menggunakan metode	Penelitiannya menggunakan pompa

	Penyiraman Otomatis berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Metode <i>Spray</i> Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram		<i>nozzle spray</i> dalam menguji pengaruhnya terhadap tumbuh kembang jamur yang diatur jika kelembapan ruang 75% maka <i>spray</i> aktif.	aquarium untuk menyalurkan air kepada tanaman apabila kelembapan rendah disekitar 60% -80% maka pompa menyala dan mengalirkan air.
Aziz Maulana Rosyid	Pengembangan Fitur Rekam Jejak Data Menggunakan Metode <i>Multiple File</i> Studi Kasus Budidaya Jamur	2022	Penelitian ini menggunakan sensor utama yaitu sensor Cahaya LDR dalam mengatur sistem penyiraman otomatis berdasarkan terang gelap ruang budidaya jamur dan memantau kualitas udara dengan MQ135 dibantu DHT22 dalam pengecekan suhu.	Penelitian ini menggunakan <i>soilmoisture</i> yl-69 saat mengukur kadar air untuk menjaga lembab pada tanah dan NodeMCU ESP32 yang dikendalikan lewat aplikasi <i>blynk</i> untuk monitoring, baik dari kelembapan tanah maupun udara oleh DHT22.
Devika CM, Karthika Bose, and Vijayalekshmy S	<i>Automatic Plant Irrigation System Using Arduino</i>	2017	Penelitian ini menggunakan sistem irigasi yang dikendalikan oleh AtMega328 yang mendeteksi kadar air pada pori-pori tanah dan membuat kondisi irigasi untuk keperluan tanah serta jumlah air yang diperlukan.	Penelitian ini menggunakan ESP32 dikendalikan oleh <i>user interface blynk</i> dengan opsional sistem manual atau otomatis dalam memantau kelembapan tanah dan udara serta pengendalian keluaran air oleh pompa.
Pushkar Singh and Sanghamitra Saikia	<i>Arduino-Based Smart Irrigation Using Water Flow</i>	2017	Penelitian ini menggunakan modul ESP8266 untuk	Penelitian ini menggunakan ESP32 yang dikendalikan

	<i>Sensor, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor and ESP8266 WIFI Module</i>		pengendalian sensor kelembapan tanah untuk mengatur irigasi serta keluaran air memakai <i>sprinkle water</i> .	keluarannya oleh <i>blynk</i> berdasarkan nilai kelembapan, bisa diatur otomatis atau manual.
Roopa Mahadev, Kushmithaa N, et al	<i>Arduino Automatic Plant Irrigation Using Message Alert Based</i>	2018	Penelitian ini merancang sistem penyiraman otomatis dengan Arduino berbasis alarm via notifikasi SMS dalam sistem pemantauannya.	Penelitian memakai <i>blynk android</i> untuk memudahkan pemantauan dan pengontrolan <i>relay</i> dalam menyalakan pompa untuk mengatur kadar air pada tanah dalam menjaga kelembapan.
S. V. Devika, Khamuruddeen, et al	<i>Arduino Based Automatic Plant Watering System</i>	2014	Sistem sensor mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler Arduino dan memicu pompa air menyala otomatis dan menyiram lalu mati dengan sendirinya.	Sistem sinyal dikirimkan sensor y169 kepada mikro ESP32 lalu membaca nilai suhu dan memicu sistem pompa otomatis, kemudian mengirim data kepada <i>blynk android</i> .
Sanjeev Kr. Choudhary, Vijay Kumar et al	<i>Smart Water Sprinkler System Based on Arduino Microcontroller</i>	2017	Penelitian ini hanya mengembangkan irigasi otomatis Berbasis Arduino tanpa kendali.	Sedangkan penelitian ini menggunakan ESP32 dalam pemantauan data, serta dapat mengendalikan kerja pompa secara otomatis maupun manual berdasarkan kelembapan tanah.

## 2.2 DASAR TEORI

### 2.2.1 Tanaman Obat Keluarga



Gambar 2.1 Variasi tanaman obat keluarga

Tanaman obat rumah tangga adalah tanaman yang secara tradisional digunakan di rumah atau masyarakat untuk keperluan pengobatan atau kesehatan. Tanaman ini mudah tumbuh baik di iklim tropis maupun subtropis, dengan suhu lingkungan antara 18 – 32°C. Ada banyak jenis tanaman dalam kategori TOGA (Tanaman Obat Keluarga) yang memiliki karakteristik ideal kelembapan tanah yang bervariasi, antara lain sekitar 60%, 70%, hingga 80%. TOGA memiliki khasiat obat dan dapat digunakan untuk mengobati penyakit atau meredakan gejala kesehatan tertentu. Pemanfaatan tanaman obat rumah tangga telah menjadi bagian penting dari berbagai budaya di seluruh dunia, dan pengetahuan tentang penggunaannya seringkali diwariskan dari generasi ke generasi. Penggunaan tanaman obat di rumah dapat mencakup berbagai tujuan, seperti menurunkan demam, mengobati gangguan pencernaan, mengatasi masalah kulit, dan meredakan gejala flu. Beberapa tanaman obat rumah tangga yang umum meliputi jahe, kunyit, daun sirih, kencur, lidah buaya, dan lainnya [21].

### 2.2.1.1 Jahe



**Gambar 2.2 Tanaman jahe [22]**

Jahe adalah tanaman dengan batang semu yang dapat tumbuh setinggi 30 cm hingga 75 cm. Daunnya tipis dan panjang menyerupai pita, dengan panjang 15 cm hingga 23 cm dan lebar sekitar 2,5 cm, tersusun secara teratur dalam dua baris berselang-seling. Jahe berkembang biak dengan cara berumpun, menghasilkan rimpang dan bunga. Tanaman jahe mudah tumbuh di daerah tropis maupun subtropis dengan suhu udara sekitar 20 – 30°C. Kelembapan tanah yang ideal untuk pertumbuhan jahe berkisar antara 60 – 80% [22].

### 2.2.1.2 Kencur

Kencur (*Kaempferia galanga L.*) adalah tanaman herbal dengan banyak khasiat obat yang umum ditemukan di daerah tropis dan subtropis. Di negara berkembang seperti Indonesia, penggunaan bahan baku nabati semakin populer karena harganya lebih murah dan mudah dibudidayakan di daerah tropis dengan suhu lingkungan bervariasi antara 20 – 30°C. Tanaman ini memiliki karakteristik serupa dengan jahe, terutama dalam hal kelembapan tanah yang ideal, yakni antara 60 – 80 persen, karena memiliki akar rimpang. Selain itu, sediaan herbal biasanya dianggap lebih aman, efektif, dan memiliki efek samping yang lebih sedikit dibandingkan bahan kimia dalam sediaan medis [23].



**Gambar 2.3 Tanaman kencur [23]**

### **2.2.2 Kelembapan Tanah**

Kelembapan tanah adalah jumlah air yang terkandung dalam pori-pori tanah dan sangat penting sebagai sumber air bagi tanaman. Tanah adalah media tumbuh yang ideal bagi banyak tanaman, sehingga tanaman akan tumbuh dengan baik dan produktif jika ditanam di tanah yang tepat. Kelembapan tanah berkaitan erat dengan jumlah air yang dibutuhkan tanaman dan berbanding terbalik dengan suhu; semakin tinggi suhu, semakin rendah kelembapan, dan sebaliknya. Kelembapan tanah memiliki pengaruh yang hampir sama dengan suhu terhadap tanaman karena tanaman membutuhkan air [24].

Kelembapan tanah sangat penting untuk proses pelapukan mineral dan bahan organik dalam tanah, serta berfungsi sebagai media perpindahan unsur hara ke akar tanaman. Namun, jika tanah terlalu lembab, pergerakan udara di dalam tanah menjadi terbatas, sehingga akar tanaman tidak dapat menerima oksigen, yang dapat menyebabkan kematian tanaman [25].

### **2.2.3 *Internet of Things***

*Internet of things* merupakan jaringan perangkat yang saling terkoneksi untuk bertukar data antara IOT lain serta *cloud*. Muncul sejak perubahan era menuju revolusi industri 4.0 di era tersebut melesatnya perkembangan sebuah manufaktur dan semuanya terhubung secara *digital*. Perubahan ini menggabungkan sebuah

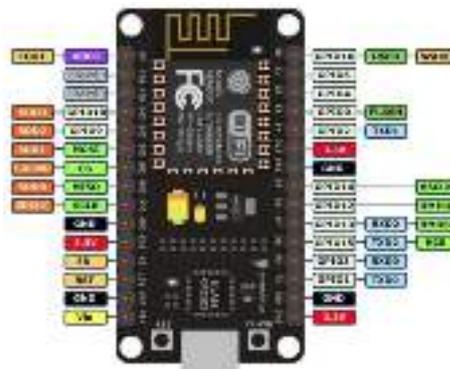
teknologi siber dengan teknologi otomatis dan sudah menjadi tren umum bagi revolusi industri ini yang dimana memudahkan komunikasi dari mesin dengan kecerdasan perangkat sensor serta jaringan internet yang dikendalikan oleh manusia. Manfaat terciptanya *internet of things* dapat memperluas konektivitas secara terus menerus. IOT sendiri memiliki prinsip dasar yaitu bentuk kerja dari sebuah perangkat yang dibekali identitas unik untuk diolah sistem dan dapat menghasilkan sebuah data pada sistem itu sendiri [26].



**Gambar 2.4 Konsep *Internet of things* [26]**

## 2.2.4 NodeMCU

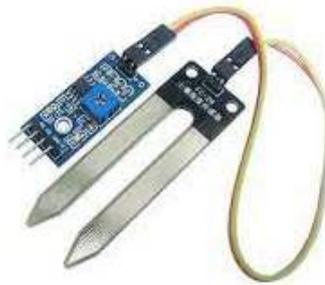
Pada Gambar 2.7 merupakan *board* mikrokontroler yang fungsinya sama seperti Arduino dan keduanya bersumber dari modul *platform Internet of things*. Modul ini memiliki 14 pin *digital input* serta *output*. Bentuk perbedaan yang secara kasat mata terlihat bahwa Node MCU memiliki modul koneksi tambahan berupa Wifi sedangkan Arduino tidak. Mikrokontroler ini dapat bekerja sesuai dengan program yang diberikan oleh pengguna dan menggunakan *tools* atau *software* yaitu Arduino IDE. Setelah program *dicompile* maka program dapat diupload kedalam *board* [27].



**Gambar 2.7 Modul NodeMCU ESP32 [27]**

### 2.2.5 Sensor *Soil Moisture* (YL69)

Pada Gambar 2.8 adalah sensor kelembapan tanah yang merupakan alat untuk mengukur kadar air dalam tanah, sering digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman. Sistem ini terdiri dari YL-39 (modul pengkondisi sinyal) dan YL-69 (sensor probe). Modul sensor ini memiliki 4 pin: GND (Ground), VCC (3.3 - 5V), AO (*output* analog yang dibaca oleh Arduino), dan DO (*output digital* dengan sensitivitas yang dapat diatur menggunakan potensiometer untuk mendeteksi kelembapan tinggi atau rendah di bawah tingkat tertentu). Namun, saat ini hanya tiga pin yang digunakan yaitu GND, VCC, dan AO [28].



**Gambar 2.8** *Soil moisture sensor YL69* [28]

### 2.2.6 Sensor Suhu (DHT22)

Pada Gambar 2.9 ialah sensor yang digunakan dalam sistem pemantauan suhu dan kelembapan udara, dengan performa luar biasa, respon cepat, dan kemampuan anti-interferensi yang kuat. Salah satu sensor suhu yang sering digunakan dalam proyek Arduino adalah DHT 22 atau AM2302. Meskipun berukuran kecil, DHT 22 memiliki jarak transmisi sinyal hingga 20 meter, yang berarti dapat digunakan dalam berbagai aplikasi pengukuran suhu dan kelembapan. Sensor ini memiliki stabilitas yang baik dan kalibrasi yang presisi. Koefisien kalibrasi disimpan dalam memori program OTP, sehingga ketika sensor mendeteksi suhu atau kelembapan, modul akan menggunakan koefisien ini dalam perhitungannya [29]. Adapun rumus mengkonversi nilai rentang ke persen.

$$\text{Kelembapan Tanah\%} = \left( \frac{\text{Nilai rentang}}{10} \right) \times 100 \quad (2.1)$$



**Gambar 2.9** *Temperature sensor DHT22* [29]

### **2.2.7 Relay**

Pada Gambar 2.10 yaitu sebuah *relay* yang merupakan perangkat elektronik yang memiliki fungsi seperti saklar lampu, digunakan untuk mengatur aliran dari arus listrik. Cara kerja *relay* dilakukan menggunakan sinyal listrik dari eksternal untuk membuka dan menutup kontak listriknya dalam mengalirkan atau memutus arus listrik [30].



**Gambar 2.10** *Relay* [30]

### **2.2.8 Liquid Crystal Display**



**Gambar 2.11** *LCD crystal 16 x 2* [31]

Pada Gambar 2.11 LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah layar yang sangat populer digunakan sebagai antarmuka antara mikrokontroler dan pengguna. Dengan layar LCD 16x2, pengguna dapat melihat atau memantau status sensor atau status program yang sedang berjalan. Layar LCD 16x2 ini dapat dihubungkan ke berbagai mikrokontroler, termasuk keluarga AVR ATmega seperti ATmega32, ATmega16, ATmega8535, dan ATmega8 [31].

### 2.2.9 Pompa Air DC



**Gambar 2.12 Pompa Air DC [32]**

Pada Gambar 2.12 Pompa air DC adalah suatu alat yang mensirkulasikan air dengan menggunakan listrik dari sumber tegangan arus searah (DC). Pompa ini biasanya digunakan pada aplikasi yang membutuhkan pompa yang portabel, hemat energi, dan dapat beroperasi dengan daya rendah. Beberapa fitur utama pompa air DC meliputi ukurannya yang kecil, ringan, efisiensi tinggi, dan kemampuan beroperasi pada tegangan DC yang berbeda. Pompa air DC dapat digunakan di berbagai lingkungan, termasuk sistem penyiraman tanaman otomatis, sistem pompa air tenaga surya, dan aplikasi perairan lainnya yang memerlukan daya DC [32].

### 2.2.10 *Blynk Android*

*Blynk* merupakan sebuah *platform Internet of things* yang dapat digunakan banyak pengguna untuk mengendalikan prototipe perangkat secara mudah melalui perangkat *android* maupun *website*. Pengelolaan perangkat menjadi lebih efisien karena bisa dikendalikan dari Jarak jauh, hanya menghubungkan *hardware* dengan internet lewat aplikasi ini tanpa menganalisa secara langsung ke lokasi untuk memperoleh data *history hardware* tersebut. Tampilan *user interface* pada *blynk mobile* di Gambar 2.13 [33].



**Gambar 2.13 Blynk Android [33]**

### **2.2.11 Error Sensor**

Nilai *error* sensor mengacu pada selisih antara nilai yang diukur oleh sensor dan nilai yang sebenarnya dari besaran yang diukur. *Error* ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kalibrasi yang tidak tepat, gangguan lingkungan, atau karakteristik sensor itu sendiri. Terdapat dua jenis *error* utama, yaitu *systematic error* (*error* sistematis) dan *random error* (*error* acak). *Systematic error* biasanya konstan atau berubah secara teratur dan dapat dikoreksi, sedangkan *random error* bersifat acak dan sulit diprediksi. Nilai *error* sering kali dinyatakan dalam bentuk persen dari skala penuh atau dalam satuan besaran yang diukur. Nilai *error* yang mendekati 0% menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki kinerja yang baik karena mampu menghasilkan pengukuran yang sangat mendekati nilai sebenarnya [34]. Kesalahan pengukuran sensor dapat dihitung dengan membandingkan hasil pengukuran dengan nilai referensi yang diketahui. Rumus untuk kesalahan relatif adalah:

$$\text{Error Sensor \%} = \left( \frac{\text{Nilai terukur} - \text{Nilai referensi}}{\text{Nilai referensi}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

### **2.2.12 Akurasi Sensor**

Akurasi sensor adalah ukuran seberapa dekat nilai yang diukur oleh sensor dengan nilai sebenarnya dari besaran yang diukur. Akurasi mencakup semua *error* yang mungkin terjadi dalam proses pengukuran, termasuk *systematic* dan *random error*. Sensor dengan akurasi tinggi mampu memberikan hasil yang mendekati nilai

sebenarnya, sehingga lebih dapat diandalkan dalam aplikasi yang memerlukan pengukuran yang tepat. Akurasi sering kali dinyatakan dalam bentuk persen dari skala penuh atau dalam satuan besaran yang diukur. Misalnya, akurasi yang mendekati 100% menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki kemampuan yang sangat baik dalam memberikan hasil yang hampir sama dengan nilai sebenarnya [35]. Adapun menghitung nilai akurasi pada sensor berikut ini:

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - | \text{Error Sensor (\%)} | \quad (2.3)$$

### 2.2.13 Presisi Sensor

Presisi sensor mengacu pada kemampuan sensor untuk menghasilkan nilai yang sama atau sangat dekat satu sama lain pada pengukuran yang berulang dalam kondisi yang sama. Presisi menunjukkan konsistensi atau repetabilitas sensor, yang sangat penting dalam aplikasi yang membutuhkan pengukuran yang konsisten dan dapat diulang. Presisi tinggi berarti bahwa hasil pengukuran sangat sedikit bervariasi ketika pengukuran dilakukan berulang kali dalam kondisi yang identik. Presisi sering dinyatakan dalam bentuk standar deviasi atau koefisien variasi dari serangkaian pengukuran. Sebagai contoh, presisi yang tinggi ditandai dengan nilai standar deviasi yang rendah, menunjukkan bahwa sensor tersebut dapat menghasilkan pengukuran yang konsisten dari waktu ke waktu [36]. Adapun mencari nilai simpangan baku pada pembacaan sensor seperti berikut:

$$\text{Presisi Sensor \%} = \sqrt{\frac{(\text{xi} - \mu)^2}{N}} \quad (2.4)$$

Keterangan:

xi adalah setiap nilai pengukuran

$\mu$  adalah rata-rata dari nilai pengukuran

N adalah jumlah pengukuran

### 2.2.14 Delay

*Delay* sensor adalah penundaan waktu yang terjadi antara pengambilan data oleh sensor dan penerimaan atau pemrosesan data tersebut oleh sistem kontrol. *Delay* ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kecepatan respon sensor, latensi komunikasi, dan waktu pemrosesan data. Dalam sistem pengendalian

otomatis, *delay* sensor harus diminimalkan agar sistem dapat merespons perubahan kondisi lingkungan secara *real-time* dengan akurat. Dalam kategori pengaplikasian pada IOT jika *delay* kurang dari 1000 ms umumnya dianggap cukup bagus untuk aplikasi yang membutuhkan respon cepat dan akurat. Ketika *delay* melebihi dari 3000 ms dapat dianggap jelek karena menyebabkan ketidakakuratan dan instabilitas dalam sistem kontrol [37].