

BAB II DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Dalam studinya, Sistem Manajemen dan Pemantauan Hidroponik untuk Pertanian NFT Berbasis IoT Menggunakan Teknologi Web, Padman, Agus, dan Nyoman. Tanaman hidroponik, yang memerlukan perhatian khusus pada faktor-faktor seperti suhu, air, keasaman tingkat air (pH), dan konsentrasi pupuk (ppm), menjadi inspirasi untuk penelitian ini. Setelah dilakukan pengamatan, petani hidroponik tetap beroperasi secara manual, sehingga pada penelitian ini terciptalah sistem monitoring otomatis hidroponik yang dapat dipantau menggunakan mikrokontroler Arduino Uno menggunakan modul wi-fi ESP8266 dan mikrokomputer model B Raspberry Pi 2. Ide IoT dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam memantau dan mengatur tanaman hidroponik, menurut penelitian ini [6].

Penerapan Metode *Fuzzy* sebagai Sistem Kontrol Konsentrasi Nutrisi Otomatis pada Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler dalam Rangkaian Teknik Nutrient Film (NFT) merupakan penelitian sebelumnya oleh Yulianto, Maududie, dan Maidah. Dalam penelitian ini, sensor TDS digunakan sebagai sensor konsentrasi, Arduino digunakan sebagai mikrokontroler, dan logika *fuzzy* digunakan sebagai penentu *output*. Dengan menggunakan pendekatan *fuzzy* sebagai penentu *output*, sistem kontrol konsentrasi nutrisi otomatis pada tanaman selada hidroponik NFT dibangun secara efektif. Dengan membaca *input* dari sensor TDS, memprosesnya pada mikrokontroler, dan kemudian menghasilkan *output* untuk mengontrol nutrisi menggunakan aktuator yang ada, sistem dapat berfungsi dengan cukup efektif [5].

Wahyu Adi Prayitno, Adharul Muttaqin, dan Dahnia Syauqy sebelumnya telah melakukan penelitian tentang Sistem Kontrol Penyiraman Suhu, Kelembaban, dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Menggunakan Blynk Android. Instrumen penelitian ini adalah sistem pengumpulan data Arduino Mega dengan perisai ethernet untuk mengirimkan data melalui

jaringan, sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembaban, aplikasi android blynk sebagai alat pemantauan tanaman, dan RTC untuk waktu real-time. Relai yang mengontrol dimulainya pompa sprinkler atau sirkulator air juga terhubung ke Arduino Mega. Menurut hasil pengujian, setiap modul dapat beroperasi secara efektif sesuai dengan fungsinya. Dijelaskan dalam penelitian ini bahwa menggunakan aplikasi Blynk dapat digunakan dengan baik untuk memantau tanaman hidroponik dari jarak jauh [7].

Penelitian Annisa, Adnan, dan Sarjono tentang Sistem Kontrol TDS untuk Nutrisi Hidroponik menggunakan *Fuzzy Logic*. Nilai TDS terdeteksi dalam sistem kontrol menggunakan Analogue TDS Sensor SKU:SEN0244, yang menyediakan *input* logika *fuzzy* dalam bentuk *Error* dan *dError*. Program logika *fuzzy* digunakan untuk memproses *input* pada mikrokontroler Arduino mega 2560. Relay pompa air 12VDC dikendalikan oleh *output*, sementara. Menurut temuan penyelidikan ini, kesalahan sensor TDS rata-rata hanya 0,165%. Program yang menggunakan logika *fuzzy* beroperasi sesuai dengan dasar aturan yang telah ditentukan. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol TDS untuk hidroponik berhasil dibuat dan diimplementasikan dengan menggunakan metode *fuzzy* [8].

Dalam penelitian yang berjudul Perancangan Sistem Monitoring pada Hidroponik Selada (*Lactuca Sativa L.*) dengan Metode NFT Berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada penelitian ini menggunakan aplikasi *Blynk* sebagai media untuk memonitoring tanaman hidroponik dengan menampilkan *outputan* dari pembacaan sensor. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor DHT11, sensor TDS dan sensor pH. Pada penelitian ini menunjukkan aplikasi *Blynk* berhasil menjadi media sistem *monitoring* tanaman hidroponik [9].

Rancang dan Bangun Prototipe Sistem Otomatis dalam Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT (*Internet of things*) adalah judul penelitian yang dilakukan oleh Imansyah, Syamsiah, dan Jakaria. Mikrokontroler yang digunakan dalam penyelidikan ini termasuk Wemos D1R2 dan NodeMCU. LCD I2C 20x2 menampilkan status keasaman larutan secara real-time, sementara NodeMCU mengontrol pompa untuk menyesuaikan *output* pH naik/turun dan air nutrisi ke tangki hidroponik. Saklar apung juga mengukur

ketinggian air di tangki hidroponik. Tingkat nutrisi dan tingkat keasaman air dibaca oleh sensor TDS, PH-4502C, dan sensor DHT11, yang digunakan untuk memeriksa kelembaban dan suhu lingkungan. Sistem akan mengisi tangki ketika kosong, sesuai dengan temuan pengujian proses [10].

Pengendalian dan Pemantauan Tanaman Hidroponik Sistem *Nutrient Film Technique* Berbasis IoT merupakan penelitian yang dilakukan oleh Endryanto dan Khomariah. Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini, sensor TDS DFRobot, memiliki tingkat akurasi rendah di bawah 90% dan menggunakan sensor DHT 22 sebagai sensor kelembaban serta sensor pH. ESP32 yang digunakan dalam penelitian ini memiliki berbagai masalah saat menggunakan modul wi-fi dan ADC secara bersamaan [11].

Pemantauan dan Pengendalian Nutrisi dalam Sistem Hidroponik NFT Berbasis Konduktivitas Listrik adalah judul studi oleh Heliadi, Kirom, dan Suhendi. Nilai EC dari larutan nutrisi digunakan sebagai variabel *input* dalam penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy*. Untuk menjaga persyaratan bahwa kisaran nilai EC tanaman pakcoy sawi tetap pada nilai 1,5-2 mS / cm selama proses penanaman, sistem kontrol dibangun menggunakan logika *fuzzy*. Menurut persyaratan tanaman pakcoy mustard, sistem kontrol logika *fuzzy* yang diperoleh percobaan dapat mempertahankan kisaran nilai EC [12].

Penelitian sebelumnya oleh Muhamad Asrori dan Muhammad Harist Murdani menyarankan penggunaan metode *fuzzy* berbasis Arduino untuk mengantarkan nutrisi ke tanaman hidroponik. Dalam karya ini, pendekatan perhitungan waktu nutrisi berbasis logika *fuzzy* digunakan dengan mikrokontroler Arduino sebagai pengontrol sistem. Temuan penyelidikan ini mengungkapkan tingkat keberhasilan 100% [13].

Efektivitas penggunaan metode *fuzzy* logic dalam teknik film nutrisi sistem hidroponik dibahas dalam penelitian oleh Antonius, Marsi, Fakhrudin, dan Bruno. Metode *fuzzy* dapat digunakan untuk mengontrol nutrisi yang dibutuhkan tanaman hidroponik, dan hasilnya dapat digunakan untuk membuat sistem yang mengintegrasikan servo sebagai pengatur pembukaan dan penutupan larutan pH naik, pH turun, untuk mengontrol berapa banyak larutan pH mengalir ke larutan nutrisi setelah mencapai set point 1,89%. [14].

Ayuningtyas dan Hadi melakukan penelitian tentang tanaman selada dengan judul *Design of Android-Based Water Quality and Nutrient Monitoring System for Hydroponic Plant Using NodeMCU ESP32*. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 digunakan menggunakan bahasa pemrograman Java dan C, serta Firebase untuk penyimpanan data. Pengembangan teknik ini dapat membantu petani dalam memperoleh hasil setinggi mungkin dari produk berkualitas tinggi. Ditemukan bahwa teknik ini dapat menghasilkan modifikasi substansial dan membuatnya lebih mudah bagi petani untuk melacak nutrisi dalam tanaman hidroponik [15]. Tabel 2.1 merupakan perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
1	(Padman, Agus dan Nyoman, 2017) Sistem Manajemen dan Pemantauan Hidroponik untuk Pertanian NFT berbasis IOT Menggunakan Teknologi Web	Mengimplementasikan Teknologi IoT pada Budidaya Tanaman Hidroponik	Menggunakan Web sebagai Sistem Pemantauan Berbasis IoT	Menggunakan website Telkom IOT Platform sebagai Sistem monitoring
2	(Yulianto KD, Maududie A, Maidah NE. 2022) Implementasi Logika <i>Fuzzy</i> sebagai Sistem Kontrol Kepekatan Nutrisi Otomatis Tanaman Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Pasa Rangkaian <i>Nutrient Film Technique</i> (NFT)	Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i> sebagai Pengendalian Nutrisi dan sebagai Data Masukan untuk Mikrokontroler	Menggunakan Arduino Uno sebagai Mikrokontroler	Menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai Mikrokontroler
3	(Prayitno W A, Muttaqin A, Syauqy Dahnil, 2017) Sistem <i>Monitoring</i>	Mengimplementasikan Teknologi IoT	Melakukan <i>Monitoring</i> pada Suhu,	Melakukan <i>Monitoring</i> pada Kadar pH

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
	Suhu, Kelembapan dan Pengendalian Penyiraman Tanaman Hidroponik menggunakan <i>Blynk Android</i>	pada Sistem Monitoring Tanaman Hidroponik dan Menggunakan <i>Blynk Android</i> sebagai <i>Outputan</i>	Kelembapan dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik	dan Kepekatan Larutan Nutrisi Tanaman Hidroponik
4	(Sholihah A N, Tahtawi A R, Jadmiko S W, 2021) Sistem Kendali TDS untuk Nutrisi Hidroponik <i>Deep Flow Technique</i> Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i>	Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i> sebagai Pemroses <i>Input</i> Larutan Nutrisi	Menggunakan Sistem Hidroponik <i>Deep Flow Technique</i>	Menggunakan Sistem Hidroponik <i>Nutrient Film Technique</i>
5	(A Prasetyo, AB Nugroho, A Setiawan. 2022) Perancangan Sistem <i>Monitoring</i> pada Hidroponik Selada (<i>Lactuca Sativa L.</i>) dengan Metode NFT Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)	Mengimplementasikan Teknologi IoT pada Sistem <i>Monitoring</i> Tanaman Hidroponik dan	Menggunakan Arduino Uno sebagai Mikrokontroler	Menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai Mikrokontroler dan menggunakan website Telkom IOT Platform sebagai media monitoring
6	(Imansyah AA, Syamsiah M, Jakaria M. 2022) Rancang Bangun <i>Prototype</i> Sistem Otomatis Dalam Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT	Mengimplementasikan Teknologi IoT pada Budidaya Tanaman Hidroponik dan	Menggunakan Wemos D1R2 sebagai mikrokontroler	Menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler
7	(Endryanto AA, Khomariah NE. 2022) Kontrol dan <i>Monitoring</i> Tanaman Hidroponik Sistem <i>Nutrient Film Technique</i> Berbasis IoT	Mengimplementasikan Teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik	Menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler	Menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler

No	Nama Peneliti, Tahun dan Judul	Persamaan	Perbedaan	
			Penelitian Terdahulu	Rencana Penelitian
8	(Asrori M, Murdani MH. 2023) Sistem Pemberian Nutrisi Pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Berbasis Arduino	Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> Sebagai Sistem Pemberian Nutrisi	Menggunakan Arduino Sebagai Mikrokontroler	Menggunakan NodeMCU ESP32 Sebagai Mikrokontroler
9	(Hali A, Bani M dan Nitti B. 2021) Efisiensi Penerapan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Pada Hidroponik Sistem <i>Nutrient Film Technique</i>	Menggunakan Metode <i>Fuzzy</i> dan Menggunakan Sistem Hidroponik <i>Nutrient Film Technique</i>	Menggunakan Tanaman Selada Sebagai Media Tanam	Menggunakan Tanaman Kangkung Sebagai Media Tanam
10	(Zakarian H, Ayuningtyas M. 2023) Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Air dan Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Android Menggunakan Nodemcu Esp32 Pada Tanaman Selada (Study Kasus : Afflaha Farm)	Menggunakan NodeMCU ESP32 Sebagai Mikrokontroler	Menggunakan Tanaman Selada Sebagai Media Tanam	Menggunakan Tanaman Kangkung Sebagai Media Tanam

Karena mikrokontroler NodeMCU ESP32 sudah memiliki modul *wi-fi* yang memungkinkan pemantauan melalui *website* Telkom IOT Platform, penulis menggunakannya untuk penelitian. Dalam percobaan ini, sensor untuk TDS, pH, dan ketinggian air digunakan. Logika *fuzzy* digunakan untuk memilih *output*, dan menggunakan data pH dan TDS sebagai referensi untuk membuat keputusan ini. Kemampuan *relay* untuk mengatur pompa yang terdiri dari cairan asam, cairan alkali, nutrisi AB Mix, dan air dipengaruhi oleh situasi yang disediakan logika *fuzzy* dalam bentuk fondasi aturan. Telkom IoT Platform menyimpan data dan membuatnya dapat diakses melaluinya, dan LCD sangat membantu bagi data dalam pengaturan di tempat.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Hidroponik

Kelebihan hidroponik adalah tanaman yang dihasilkannya memiliki nilai gizi lebih. Hidroponik merupakan teknologi tanam yang tidak memerlukan penggunaan lahan apapun melainkan menggunakan media air sebagai media tanam. Penggunaan air akan lebih rendah jika penanaman dengan media air dibandingkan dengan media tanah jika membandingkan tingkat kebutuhan air untuk penanaman menggunakan tanah dan media air. Budidaya tanaman hidroponik memperhitungkan tingkat pH, larutan nutrisi, dan suhu air [16].



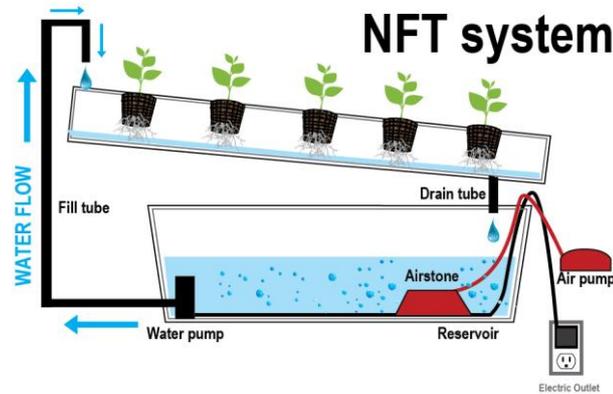
Gambar 2.1 Tanaman Hidroponik [17]

Sayuran (seperti bayam, pakcoy, mustard, kangkung, tomat, cabai, dan stroberi), tanaman bunga, tanaman buah (seperti melon dan stroberi), dan bahkan tanaman obat rumah tangga (seperti binahong, pegagan, dan sendok-sendokan) semuanya dapat ditanam menggunakan teknik hidroponik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Cara penanaman hidroponik berbeda, termasuk NFT (*Nutrient Film Technique*), DFT (*Deep Flow Technique*), pasang surut (*Ebb & Flow*), dan sistem *drip* [18].

2.2.2 *Nutrient Film Technique* (NFT)

Salah satu jenis sistem penanaman hidroponik adalah *Nutrient Film Technique*, yang melibatkan menempatkan akar tanaman dalam aliran air tidak lebih dalam dari 2-3 mm. Pemeliharaan pabrik dapat dilakukan dalam pipa atau saluran panjang. Air nutrisi yang mengalir terus menerus pada akar tanaman akan menghasilkan larutan nutrisi yang dapat digunakan sebagai makanan nabati. Tetapi harus diingat bahwa jika akar tanaman terbenam dalam aliran

nutrisi terlalu dalam seperti yang tertera pada Gambar 2.2, mungkin sulit baginya untuk mendapatkan oksigen [19].



Gambar 2.2 Sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) [9]

2.2.3 Nutrisi AB Mix

Pada budidaya hidroponik nutrisi yang kerap kali digunakan adalah Nutrisi AB Mix. Nutrisi AB Mix atau pupuk ramuan adalah larutan yang terbuat dari bahan kimia yang menyediakan nutrisi yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan yang tepat. Pupuk ini mengandung kombinasi unsur makro dan mikro. Nutrisi A mengandung unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Sedangkan nutrisi B mengandung unsur hara mikro seperti besi, tembaga, klorin, dan lainnya yang disesuaikan dengan jenis tanaman tertentu seperti buah-buahan, sayuran daun, stroberi, mawar, dan bunga krisan [20].

2.2.4 Tanaman Kangkung

Bahasa Latin untuk kangkung adalah *Ipomoea reptans*. Masa tanam untuk tanaman kangkung yang tertera pada Gambar 2.3 adalah 25-30 hari setelah tanaman disemai. Selain itu, kangkung cocok untuk tanaman hidroponik karena tumbuh di daerah dataran rendah hingga ketinggian 1000 m, suhu 20-30°C, intensitas sinar matahari sekitar 10 jam, dan pH 5,5-6,5. Baik di dataran tinggi maupun dataran rendah, tanaman kangkung dapat ditemukan hampir di mana saja. Kangkung juga populer dalam budidaya hidroponik, di mana tanaman ditanam dalam larutan nutrisi tanpa tanah. Metode ini memungkinkan

pertumbuhan kangkung dengan lebih efisien dan lebih sedikit penggunaan air. [21].



Gambar 2.3 Tanaman Kangkung

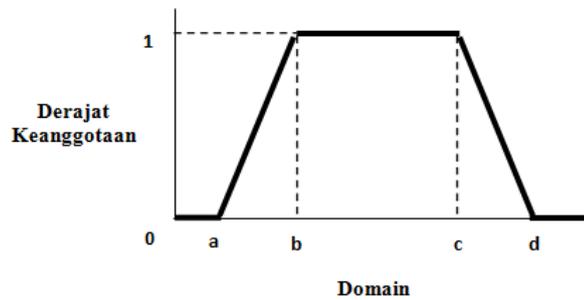
2.2.5 Logika Fuzzy

Ruang *input* dapat dipetakan secara tepat ke ruang *output* menggunakan logika *fuzzy*. Teori himpunan *fuzzy* dalam matematika digunakan dalam metode ini. Logika *fuzzy* membahas ketidakpastian, yang merupakan bagian dari sifat manusia. Prinsip ketidakjelasan menjadi dasar logika fuzzy karena dalam dunia nyata, banyak konsep atau kondisi yang sulit atau bahkan tidak mungkin diukur dengan tepat. Logika *fuzzy* memungkinkan penggunaan variabel linguistik (seperti "rendah", "sedang", "tinggi") untuk menggambarkan penilaian manusia terhadap suatu kondisi atau fenomena.[22].

1. Metode Fuzzy Sugeno

Sistem ini menerima data konsentrasi sebagai tahap *inputnya*, dengan nilai PPM berfungsi sebagai standar. Proses *fuzzyfikasi*, inferensi, dan *defuzzyfikasi* membentuk tahap proses. Teknik *fuzzy sugeno* adalah metode inferensi *fuzzy* untuk aturan yang dinyatakan sebagai pernyataan IF-THEN, di mana *output* (konsekuensi) dari sistem mengambil bentuk persamaan konstan atau linier daripada himpunan *fuzzy*. Fungsi keanggotaan Singleton, yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada nilai crisp tunggal dan 0 pada nilai crisp lainnya, adalah fungsi keanggotaan yang digunakan model Sugeno. Metode Sugeno Fuzzy melibatkan banyak langkah dalam proses menggambar penilaian seperti pada Gambar 2.4, termasuk pembuatan set *fuzzy*, penggunaan fungsi implikasi, pembangunan aturan, dan defuzzifikasi seperti pada persamaan 2.1 [5].

a. Representasi kurva trapesium



Gambar 2.4 Kurva Trapesium

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \dots\dots\dots(2.1)$$

2.2.6 Mikrokontroler

Hampir semua komponen mikrokontroler terkandung pada chip tunggal, atau IC, mereka sering disebut sebagai mikrokomputer *chip* tunggal. Untuk mengontrol efektivitas dan efisiensi peralatan elektronik, mikrokontroler juga digunakan [23].

1. NodeMCU ESP32



Gambar 2.5 NodeMCU ESP32 [24]

Koneksi internet nirkabel (*Wi-fi*) dan fungsi mikrokontroler keduanya tersedia di papan listrik yang dikenal sebagai NodeMCU. Ada sejumlah pin I/O yang tersedia sehingga aplikasi untuk memantau dan mengendalikan proyek

IoT dapat dibuat. NodeMCU ESP32 pada Gambar 2.5 dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dan kompilernya. Hampir identik dengan platform modul Arduino dalam hal fungsionalitas, satu-satunya perbedaan adalah modul ini difokuskan untuk "*Connected to Internet*" [25].

2.2.7 Sensor TDS

Total Dissolved Solid atau TDS, adalah metrik yang digunakan untuk menilai kualitas dan kemurnian komposisi mineral. Pada Gambar 2.6 Sensor TDS merupakan instrumen yang dikenal sebagai sensor, dan berfungsi dengan mencelupkan ujungnya ke dalam air hingga kedalaman sekitar 5 cm dan mengukur hingga hasil pengujian muncul di layar LCD yang diberikan [26].



Gambar 2.6 Sensor TDS [27]

Spesifikasi Sensor TDS :

1. Tegangan *input* : 3.3 ~ 5.5V
2. Tegangan *Output* : 0 ~ 2.3V
3. Arus : 3 ~ 6mA
4. Rentang Ukur TDS : 0 ~ 1000ppm
5. Akurasi Pengukuran TDS : $\pm 10\%$ FS (25 °C)
6. Ukuran modul : 42 * 32mm

2.2.8 Sensor pH

Banyak sistem yang dapat menggunakan sensor pH seperti aquaponik, hidroponik, dan lainnya. Sistem operasional sensor pH terletak pada *probe* pH kaca seperti pada Gambar 2.7. Perbedaan tegangan yang dihasilkan dari reaksi kimia di ujung *probe* pH akhirnya diukur dan diubah menjadi satuan pH. Dalam

arti tertentu, skala pH adalah cara untuk mengukur seberapa asam suatu larutan. Skala pH berkisar antara 0 hingga 14. Ketika nilai pH di bawah 7, itu diklasifikasikan sebagai asam, dan ketika di atas 7, itu diklasifikasikan sebagai basa [28].



Gambar 2.7 Sensor pH [29]

Spesifikasi Sensor pH :

1. Daya : 5 V
2. Ukuran : 43mm × 32mm
3. Rentang Pengukuran : 0-14 pH
4. Mengukur Suhu : 0-60 °C
5. Akurasi : ± 0.1pH (25 °C)
6. Waktu Respon : ≤ 1 menit

2.2.9 Sensor *Water level*

Water level adalah sensor yang menggunakan *output* analog untuk menentukan ketinggian air sebelum diproses oleh mikrokontroler. Pembacaan resistansi yang disebabkan oleh air yang mengenai garis pelat sensor yang terdapat pada Gambar 2.8. Nilai resistansi akan berkurang ketika lebih banyak air mengenai lempengan, dan sebaliknya [30].



Gambar 2.8 Sensor *Water level*

Untuk menentukan jumlah zat yang dapat mengalir, sensor air digunakan. Cairan, nutrisi, padatan granular, dan bubuk adalah beberapa contoh zat yang menjadi perhatian. Dimungkinkan untuk mengukur ketinggian dalam wadah atau bahkan di badan air seperti danau atau sungai. Data ini dapat digunakan untuk menghitung jumlah material dalam wadah aliran terbuka dan tertutup [31].

2.2.10 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah teknologi tampilan visual yang umum digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti monitor komputer, televisi, ponsel pintar, kalkulator, dan banyak lagi. LCD menggunakan cairan kristal yang dapat dikontrol secara elektrik untuk menghasilkan gambar atau teks pada layer. Pada gambar 2.9 merupakan tampilan dari LCD (*Liquid Crystal Display*) [32].



Gambar 2.9 LCD [33]

2.2.11 Relay

Relay adalah komponen elektromanik yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu electromagnet dan mekanik, yang digunakan dalam rangkaian elektronika dalam bentuk saklar yang dioperasikan secara elektrik. *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk mengoperasikan kontak saklar sehingga mereka dapat menghantarkan listrik tegangan tinggi dengan arus listrik sederhana seperti yang dijumpai pada Gambar 2.10 [34].



Gambar 2.10 Relay [29]

2.2.12 Telkom IOT Platform

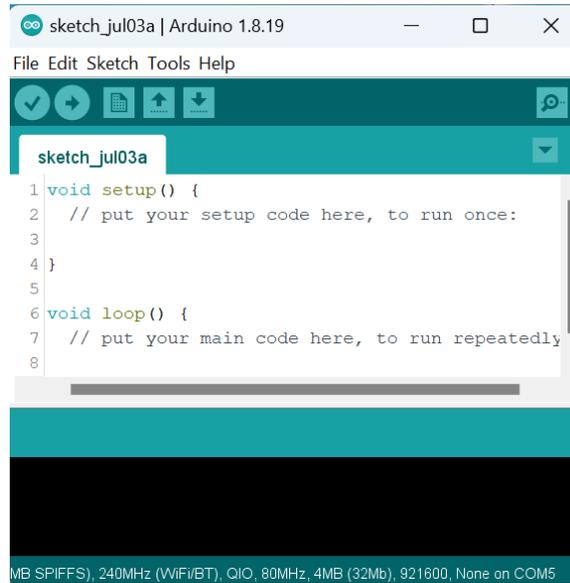
Telkom IoT Platform merupakan platform yang diciptakan oleh PT Telkom Indonesia sebagai solusi *Internet of things* (IoT) yang menawarkan berbagai layanan untuk menghubungkan, mengelola, dan mengintegrasikan perangkat IoT secara efektif. Pengguna platform dapat mengumpulkan, menyimpan, memeriksa, dan bertindak berdasarkan data yang dihasilkan oleh perangkat IoT. Telkom IoT Platform yang teretara pada Gambar 2.11 menyediakan sejumlah fitur dan fungsi, termasuk administrasi dan registrasi perangkat, pengumpulan dan pemantauan data secara real-time, analisis data, integrasi sistem, serta keamanan dan otentikasi yang kuat.



Gambar 2.11 Telkom IOT Platform

2.2.13 Software Arduino IDE

Perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler disebut Arduino Integrated Development Environment (IDE). Perangkat lunak ini memungkinkan mikrokontroler diprogram untuk melakukan tugas-tugas yang ditentukan dalam sintaks pemrograman. Tampilan pada Arduino IDE seperti pada Gambar 2.12. Bahasa pemrograman Arduino IDE ini merupakan hibrida dari bahasa pemrograman C dan C++. *Open source*, [35].



Gambar 2.12 Tampilan Awal Software Arduino IDE

Arduino IDE terdiri dari:

1. Editor Program, Sebuah window yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.
2. *Compiler*, Sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *processing*) menjadi kode biner karena mikrokontroler tidak mampu memahami bahasa *processing*, maka dari itu diubah menjadi kode biner.
3. *Upload*, Sebuah modul yang berisi kode biner dari komputer ke dalam memori mikrokontroler [36].

2.2.14 Internet of Things (IoT)

Internet of things, atau IoT, adalah jaringan perangkat terkait yang digunakan untuk mengumpulkan dan memanfaatkan informasi dari dunia nyata seperti pada Gambar 2.13. *Internet of things* (IoT) memungkinkan banyak alat dan jenis barang untuk bertukar informasi dan berkomunikasi berdasarkan kebutuhan unik mereka. IoT dapat menghubungkan berbagai jenis perangkat keras dan perangkat lunak bersama-sama ke dalam sistem yang diatur. Ketika perangkat lunak dan perangkat keras bekerja sama secara harmonis dan terintegrasi, itu membuka kemungkinan bagi banyak bidang untuk ditingkatkan dalam hal ekonomi, akurasi, dan efisiensi [37].

$$Akurasi = (100 - E)\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

E = *Error*

N = Jumlah Nilai *Error*