

RESEARCH ARTICLE

Integrasi Iot Dalam Monitoring Sistem Pemberian Nutrisi Otomatis Untuk Tanaman Hidroponik Jenis *Deep Flow Technique* Di Dalam *Greenhouse*

Aditya Cahya Putra, Ekki Kurniawan* and Porman Pangaribuan

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, 40257, Jawa Barat, Indonesia

*Corresponding author: ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat, baik perangkat keras maupun lunak, ke jaringan internet untuk memungkinkan komunikasi dan otomatisasi. Dalam sistem IoT, terdapat tiga komponen utama: sensor, *gateway*, dan *cloud*. Hidroponik adalah metode budidaya tanaman tanpa tanah, dengan memanfaatkan air dan larutan nutrisi, seperti pada tanaman selada. Penelitian ini mengembangkan sistem berbasis IoT untuk monitoring dan otomatisasi sistem hidroponik. Sistem menggunakan mikrokontroler yang terhubung ke server dan website monitoring, serta dilengkapi sensor pH, TDS, dan suhu air. Fitur utama sistem mencakup pemantauan kadar pH dan kepekatan nutrisi, serta otomatisasi perbaikan nilai pH dan TDS menggunakan pompa peristaltik yang mengalirkan larutan penyeimbang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu air rata-rata sebesar 25.15°C , konsentrasi larutan nutrisi 730 ppm, dan nilai pH rata-rata 6.5. Untuk komunikasi data, sistem mencatat rata-rata kecepatan pengiriman 540 bps, *delay* sebesar 0,210 detik, dan tanpa kehilangan paket. Semua data dapat diakses melalui dashboard Node-RED secara *real-time* melalui Web-Monitoring.

Key words: Hidroponik, IoT, Monitoring, Otomatisasi, Node-RED

Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan salah satu bagian yang sangat penting karena bisa menjadi sumber penghasilan bagi banyak orang di Indonesia. Namun, karena jumlah penduduk semakin bertambah, maka lahan yang tersedia semakin sempit. Untuk mengatasi hal ini, sekarang ada metode baru dalam bercocok tanam yang bisa digunakan di lahan sempit, yaitu sistem hidroponik. Dalam sistem ini, tanaman tidak ditanam di tanah, melainkan di dalam air. Sistem hidroponik bisa dibedakan berdasarkan media yang digunakan sebagai tempat berdirinya tanaman. Media tersebut biasanya tidak mengandung zat hara (bersih atau steril), sedangkan zat hara yang dibutuhkan tanaman disiramkan melalui pipa atau dengan cara tangan. Media tanam yang digunakan bisa berupa kerikil, pasir, gabus, arang, zeolit, atau bahkan hanya air saja [1]. Pemberian air juga merupakan faktor penting untuk pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman. Jika di dalam media tanam tidak terdapat unsur hara maka diperlakukan pemberian unsur hara agar tanaman tumbuh dengan baik [2].

Hidroponik memiliki beberapa jenis teknik, seperti teknik *Nutrient Film Technique* (NFT), teknik genangan atau rakit apung (*floating hydroponic*), aeroponik, *Deep Flow Technique* (DFT), dan hidroponik

tetes. Pada penelitian ini menggunakan teknik DFT. Teknik DFT adalah metode hidroponik yang menggunakan air sebagai media tanam dengan membuat kolam untuk kemudian diberikan nutrisi di dalamnya. Tanaman ditanam dalam saluran yang terus menerus dialiri larutan nutrisi dengan tinggi media air sekitar 4-6 cm, sehingga akar tanaman terendam dalam larutan nutrisi. Dengan menggunakan alat bantu pipa dan pompa nutrisi, larutan disalurkan ke setiap bak tanaman secara terus menerus [3]. *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah konsep yang ditujukan untuk memperluas akses internet yang terhubung secara permanen. Adapun fungsinya untuk seperti berbagi data, *remote control* dan sebagainya termasuk benda nyata. Konsep dari IoT sendiri adalah *Machine to Machine* yang dimana manusia hanya berperan untuk memonitor dan mengawasi cara kerja IoT secara berkala. Cara kerja IoT membutuhkan setidaknya 3 hal yaitu perangkat yang terdapat modul IoT, perangkat koneksi internet seperti router dan modul yang memiliki koneksi berkecepatan tinggi, dan *cloud data center*. Sebelum terhubung dengan internet dibutuhkan argumentasi pemrograman. Argumentasi pemrograman ini mengandung perintah yang menghasilkan interaksi antar mesin secara otomatis. IoT ini diciptakan untuk mempermudah pekerjaan manusia secara manual

dengan tujuan memperluas koneksi internet yang terhubung secara terus menerus [4].

Tanaman yang banyak dibudidayakan dengan menggunakan sistem hidroponik adalah tanaman selada. Tanaman selada merupakan tanaman hortikultura yang dapat tumbuh secara optimal pada kawasan dingin hingga tropis, selain itu telah dibudidayakan secara luas karena bernilai ekonomis sehingga memberikan peluang keuntungan bagi sistem tanam hidroponik. Selada juga memiliki kandungan kalsium yang cukup tinggi, yang umumnya dikonsumsi serta digunakan untuk menambah kebutuhan kalsium dalam tubuh [5]. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan penelitian terkait budidaya tanaman selada secara hidroponik dengan menggunakan sistem DFT dan penambahan nutrisi A B mix untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman selada. Adapun tanaman hidroponik selada membutuhkan takaran nutrisi air (ppm) sebesar 560-840. Jika nilai ppm melebihi nilai ideal pada larutan nutrisi maka mengakibatkan penyerapan air oleh tanaman selada akan berkurang sehingga terganggunya proses pembentukan makanan (fotosintesis). Sedangkan jika nilai PPM/EC lebih kecil dari nilai ideal akan mengakibatkan proses pertumbuhan tanaman selada menjadi terhambat. Oleh sebab itu dibuatkan otomatisasi sistem pengendalian dan pemantauan dengan menggunakan metode *Deep Flow Technique* dalam mengatur takaran nutrisi berdasarkan nilai kepekatan dengan cara melakukan konversi nilai ppm dan pH pada tanaman hidroponik sesuai dengan umur tanaman. Sistem yang dibuat dapat mengendalikan volume nutrisi dengan baik sehingga mencapai kondisi nutrisi yang ideal [6].

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem yang dilengkapi dengan pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT). IoT sendiri dapat diartikan sebagai komunikasi antar satu perangkat dengan perangkat lainnya yang saling terhubung untuk mentransfer data melalui koneksi internet. Sistem ini akan menggunakan mikrokontroler yang terhubung dengan server dan Web Monitoring. Sistem akan memiliki beberapa fitur, seperti fitur monitoring tanaman hidroponik berdasarkan kadar pH, nilai kepekatan larutan nutrisi dan suhu air. Sistem otomatisasi untuk perbaikan kadar pH dan kepekatan larutan nutrisi yang dilakukan dengan bantuan katup pompa peristaltic sebagai jembatan penghubung dalam pendistribusian cairan perbaikan untuk tanaman hidroponik. Sistem otomatisasi dilakukan dengan 3 jenis kondisi yang digunakan sebagai parameter batasan sistem pemberian nutrisi otomatis, yang di mana kondisi 1 telah ditentukan untuk mengontrol kondisi air pada penampungan air hidroponik > 500ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan > 6pH, < 7pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu pertama. Kondisi 2 yaitu, > 700ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan > 6pH, < 7pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu kedua. Kondisi 3 yaitu, > 850ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan > 6pH, < 7pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu ketiga.

Tinjauan Pustaka

Selada

Salah satu sayuran yang banyak dilakukan pembudidayaan dengan menggunakan sistem hidroponik adalah selada (*Lactuca sativa L.*) karena selain mudah dilakukan pembudidayaan, sayuran ini juga memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) merupakan tanaman sayuran yang sudah dikenal di Indonesia serta dimanfaatkan sebagai lalap dan penghias makanan. Setiap 100 gram berat basah mengandung 1.2 gram protein, 0.2 gram lemak, 22 milligram Ca, 25 milligram P, 0.5 milligram Fe, 160 milligram Vitamin A,

0,04 milligram Vitamin B, dan 0,8 milligram Vitamin C. Selada biasanya dikonsumsi mentah atau bisa juga dijadikan sebagai penghias hidangan [5].

Hidroponik

Pada zaman sekarang ini menanam dengan sistem hidroponik merupakan cara menanam yang modern. Budi daya tanaman hidroponik juga lebih efisien dibandingkan dengan budi daya tanaman secara konvensional di tanah, karena tidak memerlukan pengolahan tanah dan menyian gulma (rumput dan tanaman liar) [7]. Hidroponik merupakan teknik menanam tanpa media tanam, yang dimana media tanamnya diganti dengan sirkulasi air dan nutrisi. Berikut kelebihan dan kekurangan dari hidroponik:

1. Kelebihan Hidroponik

- Produksi tanaman persatuan luas lebih banyak.
- Tanaman relatif tumbuh lebih cepat.
- Tidak membutuhkan tanah.
- Mudah menanam tanaman di lokasi yang tidak mungkin atau sulit ditanami.

2. Kekurangan Hidroponik

- Ketersediaan dan pemeliharaan perangkat hidroponik agak sulit.
- Modal yang diperlukan relatif besar.
- Perlu keterampilan.
- Membutuhkan perhatian ekstra.

Sistem hidroponik terdapat banyak macam namun hanya beberapa yang sering digunakan dan efektivitas dari teknik lainnya, seperti teknik DFT, Irigasi dan NFT [8]. Pada penelitian ini penulis menggunakan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*).

Proses hidroponik tanaman selada dilakukan pada penelitian terbagi menjadi 4 tahapan yaitu:

1. Penyemaian

Dilakukannya penanaman benih di *rockwool* hingga muncul kecambah dan 2 daun awal dari hari ke-1 sampai hari ke-7.

2. Pemindahan Bibit

Dilakukannya pemindahan bibit yang sudah muncul kecambah dan 2 daun awal ke dalam netpot. Kemudian, akan diaplikasikan pada sistem hidroponik DFT. Selanjutnya, akan dilakukan proses monitoring dan pemberian nutrisi serta penyesuaian pH secara otomatis dengan kondisi 1 pada penampung air hidroponik. Dilakukan dari hari ke-8 sampai hari ke-14.

3. Pertumbuhan Vegetatif

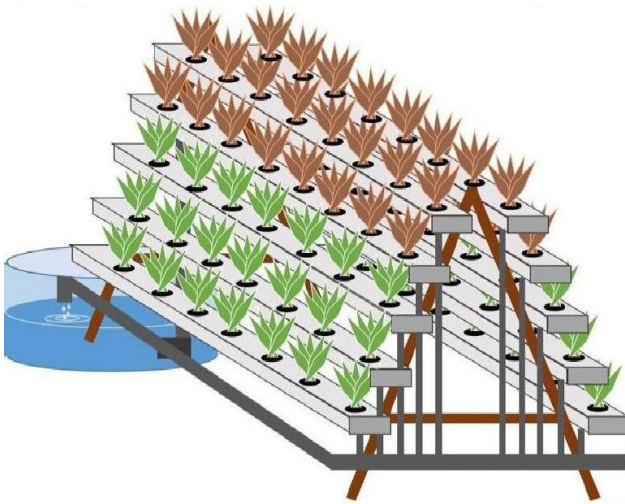
Dimana kondisi tanaman mulai tumbuh cepat dan daun mulai melebar. Dilakukannya monitoring dan pemberian nutrisi serta penyesuaian pH secara otomatis dengan kondisi 2 pada penampungan air sistem hidroponik DFT. Dilakukan dari hari ke-15 sampai ke-21.

4. Masa pembesaran

Dimana kondisi tanaman mulai mengeluarkan daun yang lebar dan rapat. Dilakukannya monitoring dan pemberian nutrisi serta penyesuaian pH secara otomatis dengan kondisi 3 pada penampungan air sistem hidroponik DFT. Dilakukan dari hari ke-22 sampai hari ke-28.

5. Panen

Proses panen dapat dilakukan jika tanaman terlihat kuat dan segar, dapat dipanen pada usia 28-34 hari setelah semai.



Gambar 1. Implementasi DFT [10]

Deep Flow Technique (DFT)

Sistem DFT merupakan sistem yang dimodifikasi dari sistem NFT. Sistem DFT sama dengan NFT, perbedaannya adalah aliran nutrisi pada DFT lebih tebal dibandingkan dengan NFT, yaitu 0,5-1 inci saja. Hal ini disebabkan karena adanya penghalang atau pembatas aliran air pada pipa atau talang air yang digunakan pada sistem, sehingga terciptanya genangan air. Hidroponik DFT memiliki sistem yang lebih aman dibandingkan dengan NFT, Sebab tanaman akan tetap memperoleh nutrisi dari genangan air di instalasi ketika mati Listrik. Sistem ini juga bermanfaat untuk menghemat penggunaan Listrik, dengan cara menggunakan *timer* untuk mengatur waktu hidup dan mati pompa [9]. Larutan nutrisi tanaman khusus hidroponik yang ada dalam tangki akan dipompa menuju bak penanaman melalui jaringan instalasi DFT, kemudian larutan nutrisi tanaman di dalam bak penanaman dialirkan kembali menuju tangki. Gambar 1 menunjukkan contoh ilustrasi dari sistem hidroponik DFT.

Adapun kelebihan dan kekurangan dari sistem DFT sebagai berikut:

1. Kelebihan Sistem DFT
 - a. Kaya akan oksigen.
 - b. Terhindar dari munculnya jentik nyamuk.
 - c. Tanaman memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan beberapa jenis sistem hidroponik yang lain, terutama sistem yang lebih sederhana.
 - d. Hasil panen lebih maksimal dibandingkan dengan sistem statis.
 - e. Tidak terlalu bergantung pada Listrik.
2. Kekurangan Sistem DFT
 - a. Tetap memerlukan energi listrik.
 - b. Biaya instalasi yang lebih mahal dibandingkan dengan sistem statis.
 - c. Volume air yang dibutuhkan lebih banyak dari sistem NFT.

Nutrisi

Nutrisi atau sering disebut unsur hara adalah unsur yang digunakan untuk pertumbuhan. Kebutuhan larutan nutrisi untuk pemupukan pada tanaman hidroponik diformulasikan atau dihitung sesuai dengan kadar kebutuhan pada setiap tanaman. Larutan ini menggantikan fungsi dari tanah yang berfungsi sebagai unsur hara, sehingga kualitas dan komposisi dari pemberian nutrisi ini sangat berpengaruh terhadap

Table 1. Tahapan Pemberian Nutrisi [11]

Nama Tana-man	PP M Max	pH	Masa Panen (hari)	M1	M2	M3	M4	M5
Selada	500-840	6,0-7,0	30-45	500	700	840	840	840

pertumbuhan tanaman. Khusus untuk hidroponik, unsur-unsur tersebut telah diatur sesuai dengan kebutuhan dan dikemas dengan nama pupuk AB-Mix.

Parameter Kualitas Hidroponik

Selada merupakan sayuran yang berasal dari Amerika Tropis. Ada banyak kondisi tanam yang harus disesuaikan apabila ingin menghasilkan sayuran selada yang optimal. Dalam budidaya menggunakan teknik hidroponik harus memantau penuh terhadap lingkungan tumbuh selada hidroponik ini. Berikut parameter yang diuji pada penelitian ini berdasarkan Tabel 1.

1. Larutan Nutrisi

Adapun tanaman hidroponik selada membutuhkan takaran nutrisi air (ppm) sebesar 560-840. Jika nilai ppm melebihi nilai ideal pada larutan nutrisi maka mengakibatkan penyerapan air oleh tanaman selada akan berkurang sehingga terganggunya proses pembentukan makanan (fotosintesis) [12]. Larutan nutrisi yang saya terapkan terbagi menjadi 3 kondisi, kondisi ke-1 untuk minggu pertama yaitu > 500 ppm, kondisi ke-2 untuk minggu kedua yaitu > 700ppm dan kondisi ke-3 untuk minggu ke-3 dan seterusnya yaitu > 850 ppm.

2. pH Air

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau tingkat kebasaan dimiliki oleh suatu larutan. Di dalam budidaya tanaman secara hidroponik hal terpenting dalam pertumbuhan tanaman adalah memperhatikan pH (derajat keasaman) pada air. Karena pH air berdampak dalam penyerapan unsur nutrisi yang diperlukan tanaman. Umumnya, skala pH berkisar dari 0 hingga 14, pH berangka 7 merupakan pH bersifat netral, yang ideal untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sedangkan angka di bawah 7 menunjukkan senyawa asam, dan di atas 7 menunjukkan senyawa basa. Mempertahankan pH yang tepat dalam sistem hidroponik akan mencegah reaksi kimia negatif pada larutan nutrisi hidroponik karena tingkat pH tinggi dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran sistem hidroponik sehingga dapat mengakibatkan masalah.

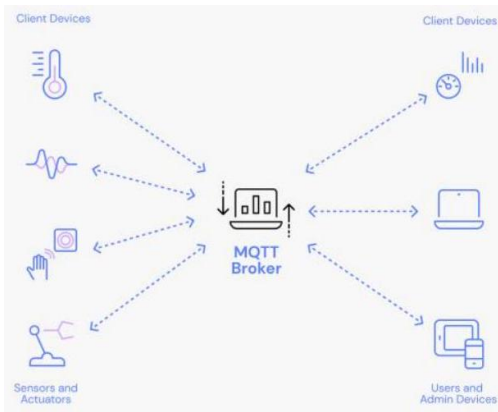
Karena banyaknya asam dan basa dapat menyebabkan korosi dan tentu saja itu adalah hal berbahaya untuk tanaman. Maka dari itu rentang pH yang diizinkan untuk larutan nutrisi hidroponik adalah antara 5,5-7,5. di bawah atau diatas range pH ini biasanya dapat mengakibatkan masalah pada larutan nutrisi hidroponik. Biasanya terjadi endapan pada larutan nutrisi yang akan berakibat pada defisiensi kebutuhan unsur hara tanaman hidroponik [13].

3. Suhu Air

Suhu air merupakan salah satu faktor yang paling penting di dalam membudidayakan tanaman menggunakan teknik hidroponik. Suhu air yang optimal adalah 25°C – 30°C agar tanaman bayam merah dapat tumbuh dengan optimal [14].

Internet of Things (IoT) sebagai Pemantauan

IoT memiliki kemampuan berbagi data dan informasi melalui jaringan dengan campur tangan manusia yang memungkinkan adanya komunikasi dan kerjasama antar perangkat melalui jaringan internet [15].



Gambar 2. Ilustrasi Penggunaan MQTT

Dalam membangun IoT memiliki arsitektur yang terdiri atas *perception layer*, *network layer*, *application layer*.

1. *Perception Layer*

Proses mengubah dan menerima data yang dari lingkungan dan diubah menjadi digital kemudian akan menghasilkan informasi yang akan dikirimkan ke *Network Layer*.

2. *Network Layer*

Menghubungkan lapisan sensor dengan lapisan aplikasi Dimana pemrosesan data dilakukan di lapisan ini.

3. *Application Layer*

Pengguna mendapatkan data berdasarkan kebutuhan pengguna.

MQTT

Penggunaan MQTT sebagai *broker* yang digunakan untuk sistem komunikasi *publish-subscribe*, yang mengatur lalu lintas data antara pengirim (*publisher*) dan penerima (*subscriber*) seperti pada Gambar 2. MQTT sendiri merupakan akronim dari *Message Queueing Telemetry Transport*. MQTT diciptakan pada tahun 1999 oleh Dr. Andy Stanford-Clark dari IBM dan Arlen Nipper dari Arcom. MQTT adalah salah satu protokol yang sering digunakan untuk keperluan *Internet of Things* yang berjalan di atas TCP/IP dan bersifat *Open Source*. Sistem kerja MQTT menerapkan konsep Publish dan Subscribe data, sehingga pada MQTT terdapat 4 komponen utama, yaitu *Publisher*, *Subscriber*, *Broker*, dan *Topic*.

1. *Publisher*

Publisher mengirimkan pesan atau perintah dengan topik tertentu ke *broker*.

2. *Subscriber*

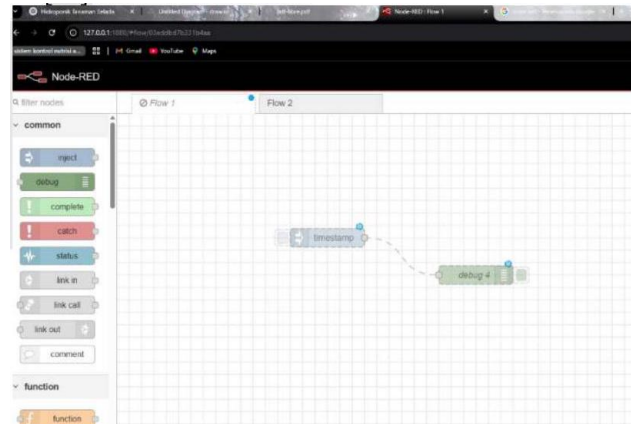
Subscriber menerima pesan dari *broker* sesuai dengan topik yang di *subscribe*.

3. *Broker*

Broker menerima pesan dari *publisher* dan meneruskannya ke *subscriber* yang men-*subscribe* topik sesuai dengan pesan tersebut.

4. *Topic*

Setiap pesan yang ada pada konsep *publish* dan *subscribe* memiliki kategori yang dinamakan dengan *topic*. Protokol MQTT ini lebih sering digunakan untuk *Internet of Things* daripada HTTP, karena pesan yang dikirim dan diterima sangat ringan, sehingga sangat cepat, *bandwidth* yang dibutuhkan kecil, dan tidak membutuhkan daya yang besar. Selain itu, MQTT juga memastikan



Gambar 3. Contoh flow di dalam lingkungan pengembangan Node-Red

pengiriman pesan dengan 3 *Quality of Service*, yaitu *at most once*, *at least once*, dan *exactly once* [16].

Node-Red Platform

Node-RED adalah sebuah *tool* berbasis browser untuk membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT) yang mana lingkungan pemrograman visualnya mempermudah pengguna nya untuk membuat aplikasi sebagai "flow". Lanskap bahasa pemrograman sangatlah luas dan meliputi berbagai jenis gaya dan paradigma pemrograman. Bahasa Imperatif berorientasi objek saat ini menguasai dunia pemrograman, namun begitu sebetulnya ada alternatif untuk pengembangan atau produksi *software* dan juga untuk membuat prototipe ide dengan cepat. Node-RED mengambil jalur alternatif tersebut untuk pengembangan *software*. Pertama, ia adalah bahasa pemrograman visual. Daripada membuat aplikasi sebagai barisan kodingan, Node-RED fokus ke program sebagai *flow* [17].

Flow ini terbentuk dari node-node yang saling berhubungan di mana tiap node melakukan tugas tertentu Gambar 3. Walaupun Node-RED didesain untuk *Internet of Things* (IoT), ia juga dapat digunakan untuk keperluan umum dan untuk berbagai macam jenis aplikasi [18]. Node-RED menyediakan berbagai jenis node yang dapat membuat membuat developer langsung menjadi produktif, seperti:

1. Menampilkan input Node-RED dan output Node-RED yang mana mengizinkan subskripsi dan tanda terima dari topik MQ *Telemetry Transport* (MQTT) dan keluaran dari topik MQTT ke sebuah *broker*.
2. Mengembangkan layanan web melalui permintaan HTTP (berserta pembuatan balasan HTTP); dan TCP level rendah dah layanan User Datagram Protocol yang dapat membuat server, menerima input, dan menghasilkan output.

Membuat node dengan fungsi tersendiri (dalam JavaScript), menghasilkan pesan dengan pemicunya berbasis waktu, dan menunda pesan untuk menilai batas flow [17].

Quality of Service (QoS)

Quality of Service adalah suatu metode pengukuran dan perhitungan kualitas sebuah jaringan yang digunakan dan usaha dalam suatu karakteristik atau model suatu jaringan. Beberapa parameter yang digunakan mengukur QoS adalah *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* [16]. Metode ini digunakan untuk mengukur pengiriman data dari ESP32 ke Node-RED menggunakan API MQTT. QoS memiliki standar umum yang banyak digunakan untuk pengujian kualitas jaringan.

1. *Throughput*

Table 2. Nilai Indeks Untuk Besar *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	25	1

Table 3. Nilai Indeks Untuk *Packet Loss*

Kategori Degradasi	<i>Packet Loss</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	3	3
Sedang	15	2
Jelek	25	1

Table 4. Nilai Indeks Untuk *Delay*

Kategori Degradasi	Besar <i>Time Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 150ms	4
Bagus	150s/d300ms	3
Sedang	300s/d450ms	2
Jelek	> 450ms	1

Throughput adalah kecepatan transfer atau pertukaran data efektif yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* dapat diperoleh dengan menghitung jumlah keseluruhan data yang berhasil diterima dalam selang waktu tertentu. Berikut adalah Tabel 2 merupakan nilai indeks untuk besar *throughput*.

Persamaan perhitungan *Throughput* ditampilkan pada persamaan (1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Besar paket diterima}}{\text{waktu pengamatan}} \quad (1)$$

2. *Packet Loss*

Packet loss merupakan suatu parameter kondisi yang menunjukkan jumlah dari total data yang hilang dalam suatu komunikasi data di sebuah jaringan. Berikut adalah Tabel 3 merupakan nilai indeks untuk besar *packet loss*.

Persamaan perhitungan *Packet Loss* ditampilkan pada persamaan (2).

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Jumlah data dikirim} - \text{jumlah data diterima}}{\text{Jumlah data dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

3. *Delay*

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari titik sumber ke titik tujuan. *Delay* dapat terpengaruh oleh beberapa faktor diantaranya jarak, media fisik, maupun waktu proses yang lama. Berikut adalah Tabel 4 merupakan nilai indeks untuk besar *time delay*.

Persamaan perhitungan *Delay* ditampilkan pada persamaan (3).

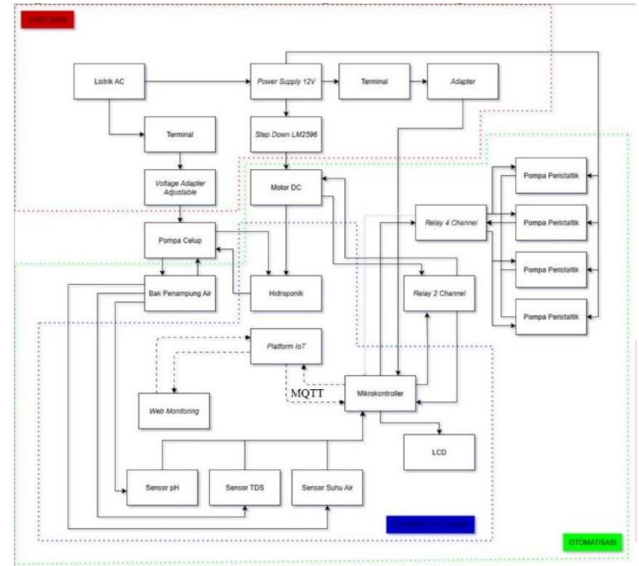
$$\text{Rata - Rata Delay} = \text{time2} - \text{time1} \quad (3)$$

4. *Jitter*

Jitter dapat dikatakan sebagai variasi waktu kedatangan paket data. *Jitter* berhubungan dengan *delay* karena memperlihatkan banyaknya variasi *delay* pada pengiriman paket data di jaringan. Berikut adalah Tabel F. 5 merupakan nilai indeks untuk *Jitter*.

Table 5. Nilai Indeks Untuk *Jitter*

Kategori Degradasi	Besar <i>Time Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0s/d75ms	3
Sedang	75s/d125ms	2
Jelek	125s/d225ms	1

**Gambar 4.** Diagram Blok Keseluruhan

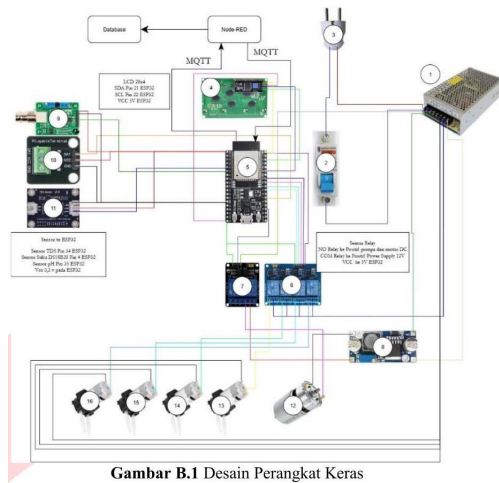
Persamaan perhitungan *Jitter* ditampilkan pada persamaan (4).

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{total paket data yang diterima} - 1 \text{ total variasi delay}} \quad (4)$$

Metodologi Penelitian

Desain Sistem dan Diagram Blok Keseluruhan

Pada penelitian ini dirancang suatu sistem monitoring dan otomatisasi pemberian nutrisi, penyesuaian kadar pH pada tanaman selada hidroponik. Sistem yang di bangun berbasis *Internet of Things* sehingga perangkat keras dan perangkat lunak saling terintegrasi serta terkoneksi dengan internet. Perancangan sistem ini dilakukan dengan maksud memudahkan pemberian informasi kepada pengguna seperti kondisi larutan nutrisi, pH dan suhu pada alat. Dari Gambar 4 penggunaan 3 warna sebagai indikator keterangan tambahan, warna hijau untuk proses otomatisasi, warna biru untuk proses *Internet of Things* dan warna merah untuk catu daya. Dalam penelitian ini, dilakukan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* pada tanaman selada hidroponik. Sistem monitoring hidroponik ini menggunakan sensor pH, sensor TDS dan sensor DS18B20 (suhu air). Sensor akan melakukan pembacaan nilai dari keasaman atau kebasaan suatu larutan, kadar larutan nutrisi dan suhu air yang akan dikirimkan ke ESP32 sebagai mikrokontroler yang saya gunakan. Setelah mengirimkan data dari sensor-sensor ke ESP32, data ditampilkan pada LCD dan di-upload ke Node-RED sebagai IoT Platform dengan dihubungkan ke Web Monitoring. Web Monitoring akan menampilkan hasil pembacaan dari tiap sensor yang kemudian akan digunakan sebagai parameter sistem otomatisasi. Pada Web Monitoring kita dapat melakukan input kondisi



Gambar B.1 Desain Perangkat Keras

Gambar 5. Desain Perangkat Keras

Table 6. Keterangan Komponen

No.	Komponen
1	Power Supply 12V
2	MCB
3	Kepala Steker
4	LCD
5	ESP 32
6	Relay 4 Channel
7	Relay 2 Channel
8	Step Down LM2596
9	Sensor pH
10	Sensor DS18B20
11	Sensor TDS
12	Motor DC
13-16	Pompa Peristaltik

untuk sistem otomatisasi yang kita inginkan pada ESP32, setelah mendapatkan input maka ESP32 akan menjalankan sistem otomatisasi sesuai dengan kondisi yang diinput.

Desain Perangkat Keras dan Spesifikasi Komponen

Pada Gambar 5 menunjukkan desain keseluruhan sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Komponen utama sistem meliputi sensor DS18B20, sensor pH, sensor TDS, serta LCD sebagai media *output* untuk menampilkan hasil pengukuran (Tabel 6).

1. NodeMCU ESP32

ESP32 pada Gambar 6 digunakan sebagai mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul wifi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* ESP32, ESP32 juga sudah menggunakan *Xtensa prosesor dual core* [19], adapun spesifikasi lainnya yang tercantum pada Tabel 7 berikut.

2. Pompa Air

Pompa air pada Gambar 7 adalah jenis pompa air celup dengan jenis N1 800 L/H dan spesifikasi yang ada pada Tabel 8.



Gambar 6. Mikrokontroler NodeMCU ESP32 [20]

Table 7. Spesifikasi NodeMCU ESP32

Keterangan	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP 32
MCU	Xtensa Dual-core 32 bit LX6 600 DMIPS
Tegangan Input	1.3 V
GPIO	36 Pin
Flash	SPI
SRAM	512 kBytes
Wifi	HT40



Gambar 7. Pompa Air [21]

Table 8. Spesifikasi Pompa [21]

Keterangan	Spesifikasi
Model	N1800 L/H
Tegangan Kerja	12 V – 24 V
Power	22 W
Max Flowrate	800 L/H
Max Water Temperature	100°C
Maximum Rated Current	1000 mA

Pompa ini bersifat *submersible* atau tahan air [21]. Pada penelitian ini pompa air digunakan untuk mengalirkan air yang berada di bak penampungan menuju hidroponik selada.

3. Sensor pH

Sensor pH pada Gambar 8 merupakan salah satu sensor yang digunakan dalam penelitian ini. Berfungsi sebagai pengukur derajat kebebasan atau keasaman suatu cairan. Tingkat pH dimulai dari 1 – 14, sensor pH yang digunakan pada tanaman hidroponik dapat menentukan apakah air berada pada tingkat basa ataupun tingkat keasamaan, dengan itu tanaman hidroponik dapat tumbuh dengan



Gambar 8. Sensor pH [23]

Table 9. Spesifikasi Sensor pH [22]

Keterangan	Spesifikasi
Heating voltage	5 V + -0.2 V (AC DC)
Working current	5 - 10 mA
Jangkauan Suhu Deteksi	0 - 80°C
Jangkauan Deteksi Konsentrasi	0 - 14pH
Power	0.5 W
Waktu Pengukuran	60 Detik
Kelembaban	95% RH
Output	Analog



Gambar 9. Sensor TDS SEN0244 DFROBOT [24]

Table 10. Spesifikasi Sensor TDS [24]

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Masukan	3, 3 ~ 5, 5 V
Tegangan Keluar	0 ~ 2, 3 V
Rentang Deteksi	0 - 1000ppm

baik [22], adapun penjelasan spesifikasi dari Sensor pH ini pada Tabel 9.

4. Sensor TDS (*Total Dissolved Solid*) SEN0244

Sensor *Total Dissolved Solid* (TDS) seperti pada Gambar 9 merupakan salah satu sensor yang digunakan pada penelitian ini untuk mengukur kepadatan terlarut dalam air. Dalam penelitian ini sensor TDS meter digunakan untuk mengukur nilai ppm (*parts per million*) suatu larutan nutrisi pada hidroponik, adapun spesifikasi sensor TDS pada Tabel 10.

5. Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 seperti pada Gambar 10 adalah salah satu sensor yang digunakan pada penelitian ini, yang dimana memiliki fungsi sebagai pendeteksi suhu air, sensor suhu DS18B20 kedap air juga harus dihubungkan ke resistor pull-up agar dapat digunakan [25]. Prinsip kerja sensor DS18B20 dengan memasukkan sensor kedalam air dan dapat menghasilkan keluaran digital. Adapun spesifikasi dari sensor DS18B20 ini pada Tabel 11.



Gambar 10. Sensor DS18B20 [25]

Table 11. Spesifikasi Sensor DS18B20 [25]

Spesifikasi	Keterangan
Supply Voltage	3, 0 ~ 5, 5 V
Sensor Resolution	9 - 12
Temperature Range	-55 ~ +125



Gambar 11. LCD [26]

Table 12. Spesifikasi LCD [27]

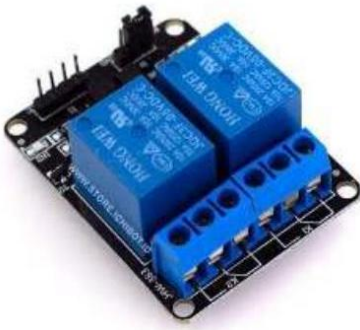
Spesifikasi	Keterangan
Blue Backlight	I2C
Display Format	20 Characters x 4 Lines
Supply Voltage	5 V
Back Lit	Blue with White char color
Supply Voltage	5 V
Pcb Size	60 mm x 99 mm
Contrast Adjust	Potentiometer
Backlight Adjust	Jumper

6. LCD 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada Gambar 11 adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk menampilkan data berupa huruf, angka maupun karakter. Pada penelitian ini, LCD 20x4 akan digunakan sebagai indikator dari data setiap sensor yang terpasang pada alat hidroponik. Selain membaca data sensor, lcd ini juga dapat menampilkan apakah alat sedang bekerja atau tidak. Adapun spesifikasi dari LCD pada Tabel 12.

7. Relay 2 Channel

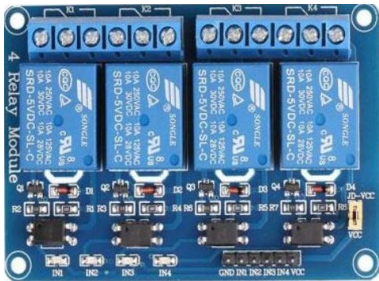
Pada penelitian ini *relay module 2 channel* seperti pada Gambar 12 digunakan dalam sistem otomatisasi yang berfungsi sebagai pengendali kapan motor DC akan bekerja dan kapan motor DC



Gambar 12. Relay 2 Channel [25]

Table 13. Spesifikasi Relay [25]

Keterangan	Spesifikasi
Jumlah Channel	2
Power Supply Range	2V-7,5V
Maksimal Arus dan Tegangan	250V/10A AC dan 30V/10A DC



Gambar 13. Relay 4 Channel [29]

Table 14. Spesifikasi Relay 4 Channel [29]

Keterangan	Spesifikasi
Jumlah Channel	4
Power Supply Range	3.75V-6V
Maksimal Arus dan Tegangan	250 V/10A AC dan 30V/10A DC

akan tidak bekerja. Modul ini dilengkapi rangkaian input isolated sehingga lebih aman digunakan untuk mikrokontroler [28], adapun spesifikasi dari Relay Module 2 Channel pada Tabel 13.

8. Relay 4 Channel

Relay 4 Channel seperti pada Gambar 13 digunakan dalam sistem otomatisasi yang berfungsi sebagai pengendali kapan pompa peristaltik 1-4 bekerja dan kapan pompa peristaltik 1-4 tidak bekerja, adapun spesifikasi dari Relay 4 Channel yang tercantum pada Tabel 14.

9. Pompa Peristaltik

Pompa Peristaltik seperti pada Gambar 14 yang digunakan sebagai alat yang akan menyalurkan cairan pH dan nutrisi AB mix ke bak penampung air di kondisi tertentu. Pada penelitian ini pompa peristaltik digunakan untuk mengalirkan cairan pH up, down dan nutrisi AB mix menuju bak penampungan, adapun spesifikasi yang terdapat pada Tabel 15.

10. Step Down LM2596



Gambar 14. Pompa Peristaltik [30]

Table 15. Spesifikasi Pompa Peristaltik [31]

Keterangan	Spesifikasi
Flow Range	10ml/min-90ml/min
Dc Motor	12 V
Flow Rate	39ml/min
Weight	8,2 g
Color	Black, White



Gambar 15. Step Down LM2596

Table 16. Spesifikasi Step Down LM2595

Spesifikasi	Keterangan
Tegangan Masukan	7 ~ 35 V
Tegangan Keluar	1,25 ~ 30V
Arus Keluaran	3A
Efisiensi Konversi	±92%
Beralih Frekuensi	150 KHz

Step-down LM2596 pada Gambar 15 ini berfungsi sebagai penurun tegangan untuk motor DC sehingga torsi dari motor DC lebih kecil. Adapun spesifikasi dari Modul Step Down LM2595 ini pada Tabel 16.

11. Power Supply

Fungsi power supply 12 V seperti pada Gambar 16 adalah menyediakan tegangan DC sebesar 12 V yang stabil untuk mengoperasikan 4 buah pompa peristaltik dan 1 buah motor DC. Power supply ini mengubah sumber daya dari listrik AC (seperti dari stop-kontak) menjadi tegangan DC 12 V. Adapun spesifikasi dari Power Supply pada Tabel 17.



Gambar 16. Power Supply

Table 17. Spesifikasi Power Supply

Spesifikasi	Keterangan
AC Input	110 V – 265 V AC
DC Output	+DC12 V ~ 20 A
Total Power	120W Max



Gambar 17. MCB

Table 18. Spesifikasi MCB

Spesifikasi	Keterangan
Merk	NEW PALLAS
Tegangan	240 V
Frekuensi	50/60 Hz

12. MCB (Miniature Circuit Breaker)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau dalam bahasa Indonesia yaitu Pemutus Sirkuit Miniatur seperti pada Gambar 17 adalah perangkat yang digunakan untuk membatasi arus listrik dan pengamanan ketika ada beban lebih. MCB berfungsi sebagai saklar manual untuk menghidupkan dan mematikan aliran listrik dari *power supply* ke alat ini. Adapun spesifikasi dari MCB pada Tabel 18.

13. Motor DC

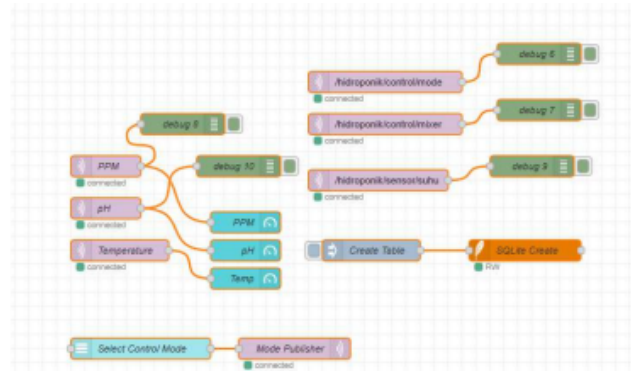
Motor DC 775 seperti pada Gambar 18 berfungsi sebagai pengaduk cairan yang dipompa oleh pompa peristaltik kedalam penampung air. Adapun spesifikasi dari motor DC 775 pada Tabel 19



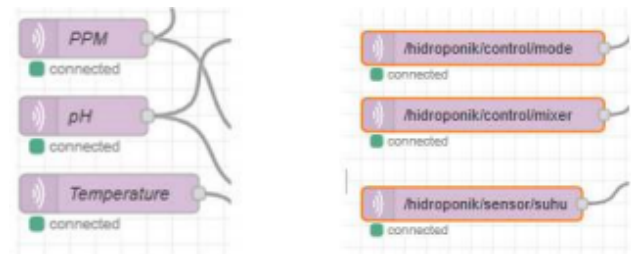
Gambar 18. Motor DC

Table 19. Spesifikasi Motor DC

Spesifikasi	Keterangan
Voltage	12 V
Power Max	100 W
Arus Tanpa Beban	1,2A
Kecepatan	12000 RPM



Gambar 19. Node-RED Keseluruhan

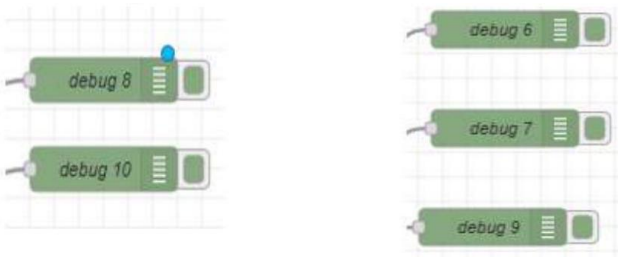


Gambar 20. Node MQTT Input

Desain Node-RED

Pada penelitian ini, alur pemrosesan data dan kontrol ditangani menggunakan platform Node-RED berbasis aliran (*flow-based programming*). Node-RED memanfaatkan MQTT untuk komunikasi antara ESP32 dan *server monitoring*. Node MQTT input digunakan untuk menerima data dari sensor, melalui topik-topik MQTT yang sudah ditentukan. Data yang diterima kemudian ditampilkan melalui node debug dan disimpan ke dalam database SQLITE. Sebaliknya, Node-RED juga dapat mengirimkan perintah kontrol ke ESP32 menggunakan node MQTT *output*, yang berfungsi mengubah mode operasi sistem atau mengaktifkan mixer, melalui topik `/hidroponik/control/mode` dan `/hidroponik/control/mixer` yang dapat kita lihat pada Gambar 19.

1. Node MQTT Input



Gambar 21. Node Debug



Gambar 22. Node Gauge

Node MQTT input seperti pada Gambar 20 digunakan sebagai penerima data dari ESP32 melalui protokol MQTT. Pada sistem ini, beberapa node input MQTT digunakan untuk menerima data dari sensor dan perintah kontrol. Node yang digunakan antara lain adalah:

- /hidroponik/sensor/suhu

Node ini menerima data suhu dari sensor DS18B20 yang dikirim oleh ESP32.

- /hidroponik/control/mode

Node ini digunakan untuk menerima perintah perubahan mode operasi, seperti mode otomatis atau manual, yang kita input melalui dashboard atau web monitoring.

- /hidroponik/control/mixer

Node ini menerima perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mixer yang mengaduk larutan nutrisi dan penyeimbang pH didalam sistem hidroponik.

- PPM, pH dan Temperature

Ketiga node ini masing-masing menerima data dari masing-masing sensor dan data yang diterima digunakan sebagai pemantauan kondisi air pada sistem hidroponik.

2. Node Debug

Node debug dalam Node-Red digunakan untuk menampilkan data keluaran dari aliran (*flow*) yang dijalankan. Pada sistem ini, terdapat beberapa node debug seperti pada Gambar 21 yang digunakan untuk memonitoring nilai dari sensor maupun sebagai parameter status kontrol, yaitu:

- Debug 6, debug 7, dan debug 9

Digunakan untuk menampilkan data dari topik MQTT berupa kontrol mode sistem (/hidroponik/control/mode), kontrol mixer (/hidroponik/control/mixer), dan suhu (/hidroponik/sensor/suhu). Ketiga node ini berfungsi untuk memastikan data yang diterima oleh Node-RED sesuai dengan yang dikirim dari perangkat ESP32.

- Debug 8 dan debug 10

Digunakan untuk menampilkan nilai sensor pH, PPM, dan suhu yang berasal dari node input. Sehingga data dari sensor diproses oleh sistem secara *real-time*.

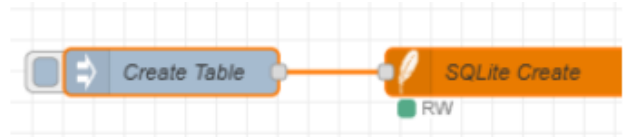
3. *Node Gauge* (Visualisasi)

Node gauge seperti pada Gambar 22 analog. Pada sistem ini node gauge berfungsi untuk menampilkan data sensor secara *real-time* yang ditampilkan pada web monitoring atau dashboard.

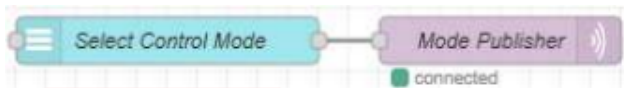
4. Node Penyimpanan SQLite

Node penyimpanan SQLite digunakan untuk menyimpan data ke dalam database lokal. Adapun fungsi dari masing-masing node pada Gambar 23 yaitu:

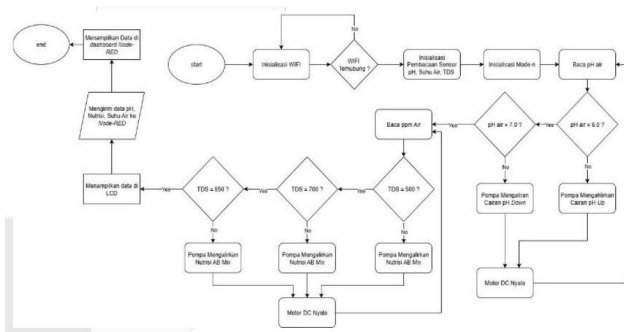
- *Node Create Table*



Gambar 23. Node Penyimpanan SQLite



Gambar 24. Node Pemilihan Mode Operasi Sistem



Gambar 25. *Flowchart* Penelitian

Node create table berfungsi menginisialisasikan perintah pembuatan tabel.

- *SQLite Create*

SQLite create berfungsi untuk menjalankan perintah dari *Node create table* dan membuat struktur database sesuai format yang diinginkan.

5. Node Pemilihan Mode Operasi Sistem

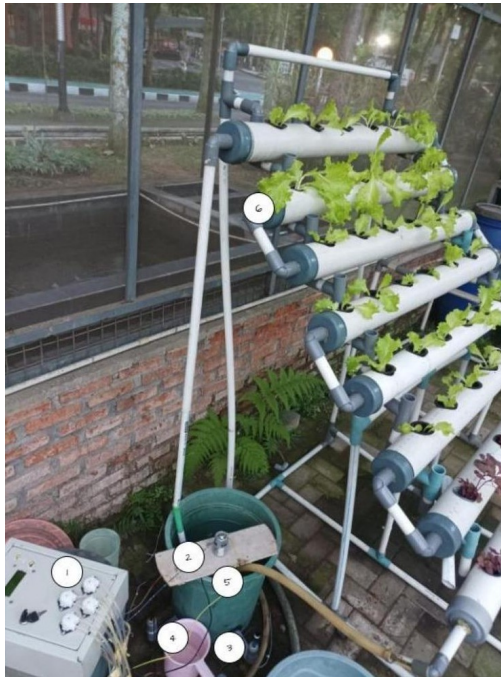
Gambar 24 Node Pemilihan Mode Operasi Sistem pada node pemilihan mode Operasi Sistem seperti pada Gambar 24, terdapat 2 Node yang memiliki fungsi masing masing:

- *Node Select Control Mode*

Berfungsi sebagai pemilihan mode operasi yang ditampilkan pada web-monitoring atau dashboard. Mode yang dipilih akan menjadi *payload* yang dikirim.

- Mode *Publisher*

Bertugas untuk mengirimkan payload mode operasi yang dipilih ke *broker* MQTT, yang kemudian digunakan oleh sistem untuk menyesuaikan mode mana yang akan dijalankan sistem.



Gambar 26. Alat Penelitian

Flowchart

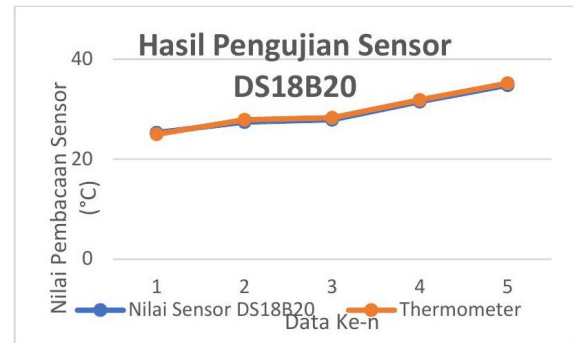
Dari diagram alir pada Gambar 25 menggambarkan alur kerja sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis IoT pada instalasi hidroponik. Sistem diawali dengan proses inisialisasi WiFi. Jika koneksi berhasil, dilanjutkan dengan inisialisasi pembacaan sensor pH, suhu air, dan TDS, serta mode operasi sistem. Selanjutnya, sistem membaca nilai pH air. Jika nilai pH lebih besar atau sama dengan 7.0 maka pompa pH Down akan diaktifkan untuk menurunkan pH, sedangkan jika nilai pH kurang dari atau sama dengan 6.0 maka pompa pH Up akan diaktifkan untuk menaikkan pH. Setelah proses koreksi pH, motor DC dinyalakan untuk mencampur larutan dalam bak nutrisi. Kemudian sistem membaca nilai TDS (ppm) untuk menentukan konsentrasi nutrisi. Jika $TDS \leq 500\text{ppm}$, $500\text{ppm} < TDS \leq 700\text{ppm}$, atau $700\text{ppm} < TDS \leq 850\text{ppm}$, maka sistem akan mengaktifkan pompa untuk menambahkan larutan AB Mix sesuai kondisi. Namun, jika TDS sudah melebihi 850 ppm, maka tidak ada penambahan nutrisi. Setelah penambahan nutrisi, motor DC kembali diaktifkan untuk memastikan larutan tercampur sempurna. Semua data pembacaan sensor meliputi pH, suhu air, dan TDS ditampilkan pada LCD dan dikirim ke platform Node-RED melalui protokol MQTT. Data tersebut kemudian ditampilkan secara *real-time* pada dashboard Node-RED, yang memudahkan pengguna dalam memantau kondisi larutan nutrisi secara jarak jauh.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Perangkat

Pengujian perangkat ini merupakan tahapan pengujian pada perangkat keras. Pada tahapan pengujian ini dilakukan dengan menghitung nilai larutan nutrisi, tingkat basa atau asam air dan suhu air. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keberhasilan alat dan seberapa baik kualitas dari alat tersebut. Dari Gambar 26 dapat kita lihat beberapa komponen dari penelitian ini. Berikut komponen-komponennya:

1. Pompa peristaltik yang berfungsi sebagai penyalur cairan AB mix serta cairan penyeimbang asam atau basa.



Gambar 27. Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20

2. Motor DC sebagai pengaduk ketika terjadi pemompaan cairan kedalam bak penampung air.
3. Sensor pH sebagai sensor yang membaca nilai dari keasaman atau kebasahan air pada bak penampung air dan sebagai parameter sistem kontrol.
4. Sensor TDS sebagai sensor yang membaca nilai dari ppm (part per million) pada bak penampung air dan sebagai parameter sistem kontrol.
5. Sensor DS18B20 sebagai sensor yang membaca suhu air.
6. Hidroponik sebagai media penanaman selada.

Pengujian Sensor

Pengujian sensor merupakan tahapan hasil dari kalibrasi berbagai sensor, fungsi dan kinerja sistem. Hasil dari kalibrasi sensor terdapat nilai akurasi dan error untuk mengetahui tingkat keakuratan dari keluaran nilai sensor. Nilai akurasi dan error didapat dengan persamaan :

$$Error(\%) = \frac{\text{Nilai Sensor} - \text{Nilai Kalibrator}}{\text{Nilai Kalibrator}} \times 100 \quad (5)$$

$$Akurasi(\%) = 100\% - \text{error} \quad (6)$$

$$Rata - Rata = \frac{\text{JumlahSemuaData}}{\text{BanyaknyaData}} \quad (7)$$

Pada kedua persamaan (5), (6), dan (7) merupakan faktor pendukung dari hasil kalibrasi nilai keluaran sensor tersebut. Persamaan (5) memerlukan nilai sensor dan nilai kalibrator untuk mencari nilai error. Setelah itu, dapat mencari nilai akurasi dari suatu sensor dengan menggunakan persamaan (6) tersebut. Persamaan (7) digunakan untuk mencari rata-rata dari hasil pembacaan setiap sensor.

1. Pengujian Suhu Air Sensor DS18B20

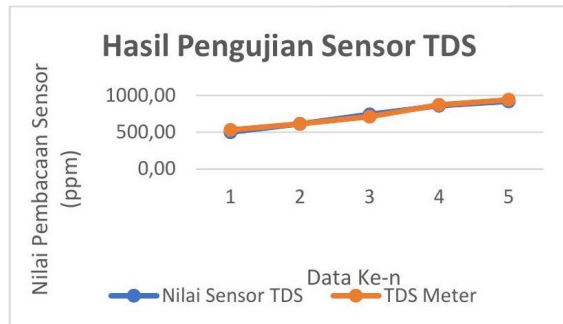
Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sensor DS18B20. Pengujian sensor suhu dilakukan untuk mengetahui nilai suhu air yang sudah dikalibrasi dan mengetahui apakah sensor berfungsi dengan baik. Pada proses pengujian sensor suhu dilakukan perbandingan keluaran pada sensor dengan termometer digital yang dapat kita lihat pada Gambar 27. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel 20 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,66 % dan rata-rata error sebesar 1,34%.

2. Pengujian Nutrisi Sensor TDS SEN0244

Sensor *Total Dissolve Solid* (TDS) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sensor TDS SEN0244. Pengujian sensor TDS dilakukan untuk mengetahui nilai suatu larutan nutrisi dan mengetahui apakah sensor berfungsi dengan baik. Pada proses

Table 20. Rata-rata Suhu Air DS18B20 dan thermometer

No.	Nilai Sensor DS18B20 (°C)	Thermometer (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
1	25,33	25	1,33	98,66
2	27,44	27,9	1,62	98,37
3	27,9	28,3	1,41	98,58
4	31,51	31,9	1,22	98,77
5	34,81	35,2	1,1	98,89
Rata-Rata			1,34	98,66

**Gambar 28.** Grafik Hasil Pengujian Sensor TDS**Table 21.** Rata-Rata Larutan Nutrisi Sensor TDS dan TDS Meter

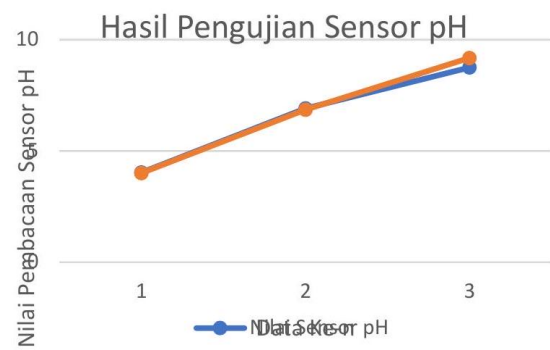
No	Nilai Sensor TDS (ppm)	TDS Meter (ppm)	Error (%)	Akurasi (%)
1	500.96	531	5.66	94.34
2	613.6	615	0.23	99.77
3	741.93	711	4.17	95.83
4	861.43	870	0.99	99.01
5	919.06	940	2.23	97.77
Rata-Rata			2.656	97.344

pengujian sensor TDS dilakukan pembading keluaran pada sensor dengan TDS meter yang dapat kita lihat pada Gambar 28.

Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada pengujian pengukuran sensor TDS mengambil sampel sebanyak 5 kali percobaan dengan air dari campuran AB mix yang berbeda-beda untuk melihat perbedaan nilai pada ppm. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel 21 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,925 % dan rata-rata error sebesar 1,075 %.

3. Pengujian Sensor pH Meter Module pH 4502-C

Sensor pH 4502-C adalah modul analog yang berfungsi membaca tingkat keasaman atau kebasaan larutan (nilai pH). Sensor ini terdiri dari dua bagian utama yaitu Probe dan Modul penguat. Pada proses pengujian sensor pH dilakukan pembading keluaran pada sensor dengan pH meter dan 3 buffer yang dapat kita lihat pada Gambar 29. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada pengujian pengukuran sensor pH mengambil sampel sebanyak 3 kali sebagai sumbu dengan buffer sebagai sumbu X dan dibandingkan dengan pembacaan pH Meter sebagai sumbu

**Gambar 29.** Grafik Hasil Pengujian Sensor pH**Table 22.** Rata-Rata Nilai pH Larutan Nutrisi Berdasarkan Sensor pH dan pH Meter

No	Nilai Sensor pH	pH Meter	Error (%)	Akurasi (%)
1	4,03	4,01	10,2	89,8
2	6,91	6,86	5,2	94,8
3	8,75	9,18	4,9	95,1
RataRata			6,76	93,23

Y. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel 22 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 93,233% dan rata-rata error sebesar 1,766%.

Pengujian Sistem Komunikasi

Pengujian sistem komunikasi atau *Quality of Service* (QoS) dilakukan menggunakan perhitungan manual dan software *wireshark* untuk mendapatkan parameter nilai *delay time*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* untuk mengetahui kualitas dari kinerja perangkat *Internet of Things* (IoT) yang digunakan. Berikut adalah hasil pengujian parameter *Quality of Service*.

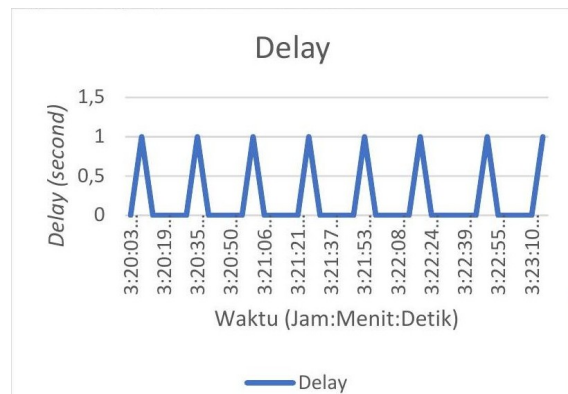
1. Pengujian Delay Time Pengiriman Data

Pengujian nilai *delay* dilakukan dengan menghitung selisih waktu antara pembacaan di Antares dengan serial monitor pada Arduino IDE. Pengujian menghasilkan nilai rata-rata *delay* dari 114 paket data dari ESP32 menuju platform node-red. Nilai rata-rata *delay* dapat dihitung dengan persamaan (3). Pada Gambar 30 hasil pengujian *delay* dalam pengiriman data ke platform node-red melalui MQTT sebagai protokol komunikasi.

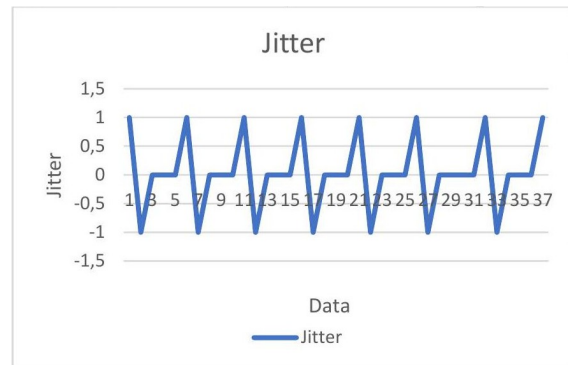
Pada Gambar 30 menunjukkan *delay* pengiriman setiap 3 data. Dari hasil pengujian diatas dan menggunakan persamaan (3) maka dapat diambil nilai *delay* pengiriman data dari ESP32 ke node-red adalah 10 detik dengan rata-rata *delay* 0,210 detik atau 210 ms. Pengujian *delay* ini tergolong dalam kategori bagus dan tergolong pada indeks 3.

2. Pengujian Jitter Pengiriman Data

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur variasi *delay* atau perbedaan selang waktu paket datang pada lokasi tujuan. Pengujian *jitter* dilakukan dengan cara mengambil data yang sudah didapat dari pengujian *delay* sebelumnya. Pengujian menghasilkan nilai rata-rata *jitter* dari 114 paket data ESP32 ke Node-RED. *Jitter* memiliki perhitungan yang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (4). Pada Gambar 31 hasil pengujian *jitter* dalam pengiriman data ke Node-RED.



Gambar 30. Grafik Pengujian Delay Time



Gambar 31. Grafik Pengujian Jitter

Pada Gambar 31 menunjukkan *jitter* pengiriman dari setiap 3 data. Dari hasil pengujian diatas dan menggunakan persamaan (4) maka dapat diambil nilai *jitter* pengiriman data dari ESP32 ke Node-RED dengan rata-rata variansi *delay* sebesar 0,027 detik atau 27 ms. Pengujian *jitter* ini tergolong dalam kategori bagus dan tergolong pada indeks 3.

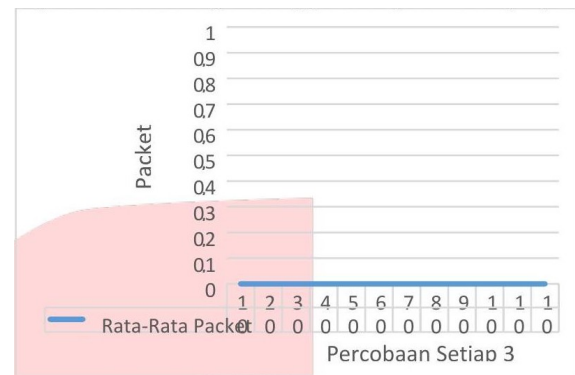
3. Pengujian *Packet Loss* Pengiriman Data

Pengujian *Packet loss* memiliki tujuan untuk mengetahui jumlah perbandingan paket data yang dikirim dan yang diterima. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirim data ke platform IoT sebanyak 60 paket data dan melakukan perbandingan berapa banyak data yang diterima oleh platform IoT. *Packet loss* memiliki perhitungan yang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

Pada Gambar 32 hasil pengujian *packet loss* dalam pengiriman data ke Antares. Hasil pengujian *packet loss* pada pengiriman data dari ESP32 ke MQTT didapatkan tidak ada paket data yang hilang dikarenakan semua data berhasil diterima oleh Node-RED sehingga penggunaan modul ESP32 sudah berjalan dengan baik. Pengujian *packet loss* ini tergolong dalam kategori sangat bagus dan tergolong pada indeks 4.

4. Pengujian *Throughput* Pengiriman Data

Pengujian *throughput* untuk kecepatan transfer atau pertukaran data efektif yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* dapat diperoleh dengan menghitung jumlah keseluruhan data yang berhasil diterima dalam selang waktu tertentu. *Throughput* memiliki perhitungan yang dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1). Dari hasil *wireshark* pada Gambar 33 rata-rata *throughput* dan nilai yang didapat adalah 540 Bytes/s atau 4320 bit/s. Hal ini menandakan bahwa data yang dikirim dalam selang



Gambar 32. Grafik Penggunaan Packet Loss

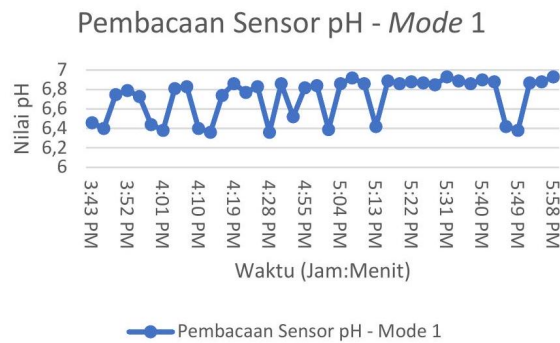


Gambar 33. Pengujian Throughput

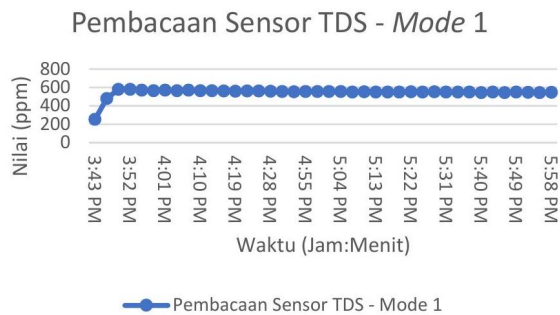


Gambar 34. Tampilan UI pada Node-Red

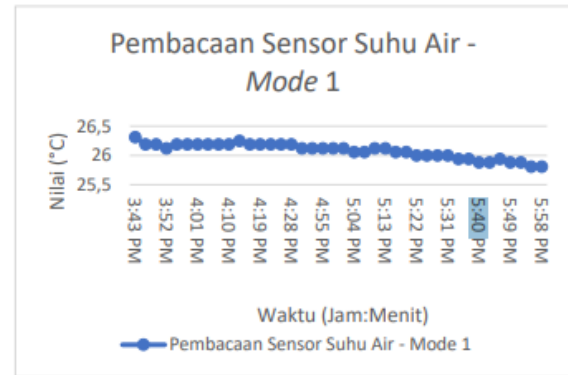
waktu tertentu berhasil sehingga dengan kecepatan transfer yang bagus.



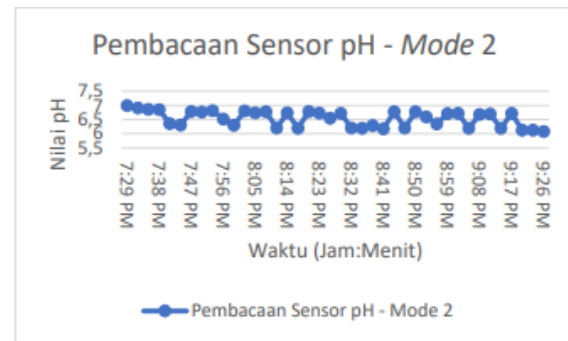
Gambar 35. Pembacaan Sensor pH Mode 1



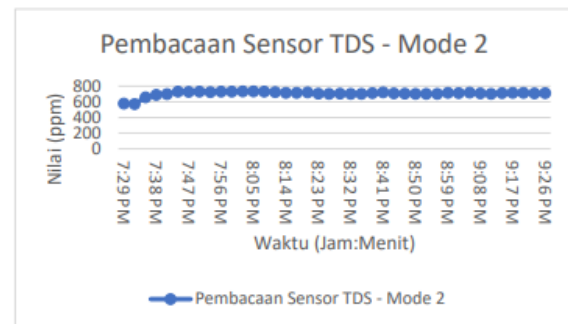
Gambar 36. Pembacaan Sensor TDS Mode 1



Gambar 37. Pembacaan Sensor Suhu Air - Mode 1



Gambar 38. Pembacaan Sensor pH Mode 2



Gambar 39. Pembacaan Sensor TDS Mode 2

Tampilan User Interface Pada Node-Red

Pada gambar diatas menunjukkan hasil tampilan dari website monitoring. *User Interface* pada website monitoring dirancang dan didesain menggunakan website node-red. Tampilan pada website monitoring akan menampilkan Suhu air (T), larutan Nutrisi (ppm) dan pH. *Select mode* berfungsi untuk memberikan perintah kepada ESP32 untuk menjalankan mode sesuai yang kita input.

Pengujian Monitoring

Pengujian monitoring sistem ini dilakukan untuk menganalisa kondisi parameter pada hidroponik. Pengujian dilakukan selama 120 menit atau 2 jam dan dilakukan pembacaan dari sensor setiap 3 menit sehingga didapatkan 40 data pembacaan. Pengambilan data monitoring terbagi menjadi 3 sesi berdasarkan Mode masing-masing:

1. Mode 1

Mode 1 adalah suatu kondisi dimana ESP 32 mendapatkan input Mode 1 dari Platform IoT yang kemudian akan dijalankan sistem otomatis pemberian nutrisi dan penyesuaian kadar pH. Dimana pada kondisi ini larutan nutrisi > 500ppm dan tingkat keasaman atau kebasaan pada nilai > 6 dan < 7 yang dimana sistem ini ditujukan pada tanaman selada minggu ke-1. Berikut grafik monitoring jika diberikan otomatisasi Mode 1: Pada Gambar 35 merupakan grafik monitoring pada pH air yang dilakukan oleh sensor pH, Dari grafik tersebut terlihat fluktuasi kecil, namun pembacaan tetap berada pada kisaran 6.3-6.9, yang cukup baik untuk sistem hidroponik.

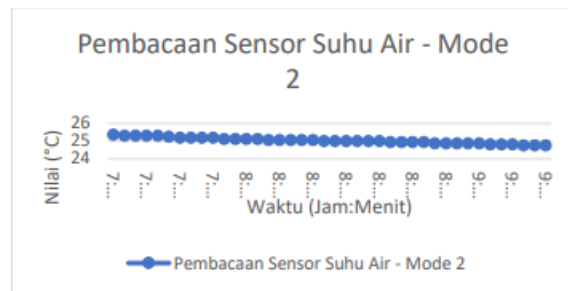
Pada Gambar ?? merupakan grafik monitoring pada Larutan Nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penguapan.

Pada Gambar 37 merupakan grafik monitoring pada pembacaan suhu air yang dilakukan oleh sensor DS18B20, Dimana

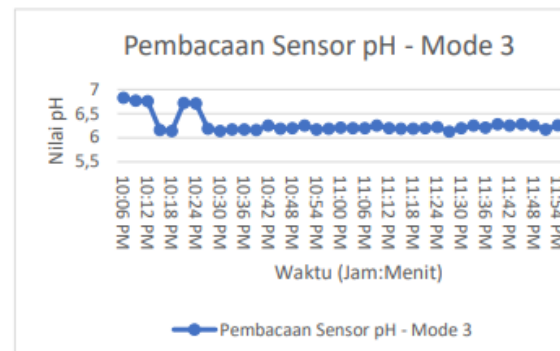
terlihat grafik yang turun dikarenakan penurunan suhu yang terjadi dari waktu pengambilan data pertama ke waktu pengambilan data berikutnya.

2. Mode 2

Mode 2 adalah suatu kondisi dimana ESP 32 mendapatkan input Mode 2 dari Platform IoT yang kemudian akan dijalankan sistem otomatis pemberian nutrisi dan penyesuaian kadar pH. Dimana pada kondisi ini larutan nutrisi > 700ppm dan tingkat keasaman atau kebasaan pada nilai > 6 dan < 7 yang dimana sistem ini ditujukan pada tanaman selada minggu ke-2. Berikut grafik monitoring jika diberikan otomatisasi Mode 2: Pada Gambar 38 merupakan grafik monitoring pada pH air yang dilakukan oleh sensor pH, Dari grafik tersebut terlihat fluktuasi kecil, namun pembacaan tetap berada pada kisaran 6.3-6.9, yang cukup baik untuk sistem hidroponik.



Gambar 40. Pembacaan Sensor Suhu Air Mode 2



Gambar 41. Pembacaan Sensor pH Mode 3

Pada Gambar 39 merupakan grafik monitoring pada Larutan Nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penguapan.

Pada Gambar 40 merupakan grafik monitoring pada pembacaan suhu air yang dilakukan oleh sensor DS18B20, Dimana terlihat grafik yang turun dikarenakan penurunan suhu yang terjadi dari waktu pengambilan data pertama ke waktu pengambilan data berikutnya.

3. Mode 3

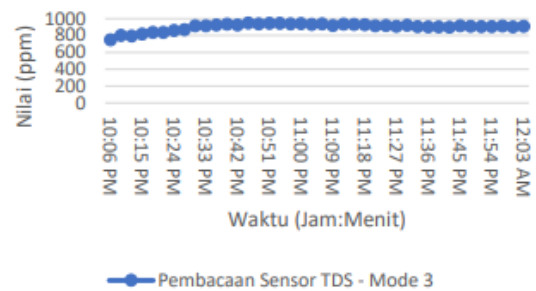
Mode 3 adalah suatu kondisi dimana ESP 32 mendapatkan input Mode 3 dari Platform IoT yang kemudian akan dijalankan sistem otomatis pemberian nutrisi dan penyesuaian kadar pH. Dimana pada kondisi ini larutan nutrisi > 850ppm dan tingkat keasaman atau kebasaan pada nilai > 6 dan < 7 yang dimana sistem ini ditujukan pada tanaman selada minggu ke-3. Berikut grafik monitoring jika diberikan otomatisasi Mode 3: Pada Gambar 41 merupakan grafik monitoring pada pH air yang dilakukan oleh sensor pH, Dari grafik tersebut terlihat fluktuasi kecil, namun pembacaan tetap berada pada kisaran 6.3-6.9, yang cukup baik untuk sistem hidroponik.

Pada Gambar 42 merupakan grafik monitoring pada larutan nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penguapan. Pada Gambar 43 merupakan grafik monitoring pada pembacaan suhu air yang dilakukan oleh sensor DS18B20, Dimana terlihat grafik yang turun dikarenakan terjadinya penurunan suhu dari waktu pengambilan data pertama ke waktu pengambilan data berikutnya.

Kesimpulan

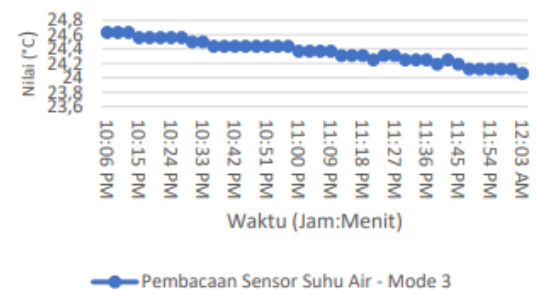
Berdasarkan hasil pengujian dan analisa alat Integrasi IoT Dalam Monitoring Sistem Pemberian Otomatis untuk Tanaman Hidroponik Jenis *Deep Flow Technique* di dalam *Greenhouse*, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Pembacaan Sensor TDS - Mode 3



Gambar 42. Pembacaan Sensor TDS Mode 3

Pembacaan Sensor Suhu Air - Mode 3



Gambar 43. Pembacaan Sensor Suhu Mode 3

1. Sistem dapat memonitoring berupa kadar larutan nutrisi, suhu air, dan pH pada air dengan rata-rata akurasi yang baik dari masing-masing sensor sebesar 97,344% untuk sensor larutan nutrisi TDS SEN0244, 98,66% untuk sensor suhu air DS18B20, dan 98,92% untuk sensor pH4502 – C.
2. Sistem dapat menerima data yang telah dikirim ke Node-RED, lalu menampilkan hasil monitoring dengan baik pada LCD dan website. Delay pengiriman rata-rata sebesar 0,21 detik atau 210 ms. Dalam pengiriman paket data tidak ada paket data yang hilang dalam pengiriman kemudian data tersebut dapat dilihat atau diakses melalui website.

Daftar Pustaka

1. Roidah IS. Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. Fakultas Pertanian, Universitas Ida. 2014.
2. Faikar M, Kurniawan E, Priharti W. Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things pada Bayam Merah Hidroponik; n.d. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
3. Kurniawan A, Lestari HA. Sistem Kontrol Nutrisi Floating Hydroponic System Kangkung (*Ipomea reptans*) Menggunakan Internet of Things Berbasis Telegram. Jurnal Teknik Pertanian Lampung. 2020;9(4):326-35.
4. Shandy M, Kurniawan E, Pangaribuan P. Monitoring Sistem Hidroponik Berbasis IoT; n.d. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
5. Romalasari A, Sobari E. Produksi Selada (*Lactuca sativa* L.) Menggunakan Sistem Hidroponik dengan Perbedaan Sumber Nutrisi.

- Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences. 2019;3(1):36-41.
6. Rukmana R. Bertanam Selada. Yogyakarta: Kanisius; 1994.
 7. Q NS. Mempercepat Panen Sayuran Hidroponik. Agro Media; 2017.
 8. Sesanti RN, Sismanto. Pertumbuhan dan Hasil Pakchoi (Brassica rapa L.) pada Dua Sistem Hidroponik dan Empat Jenis Nutrisi. Jurnal Kelitbangan. 2016;4(1):1-9.
 9. Astuti R, Supriyadi D. Pengaruh Sistem Hidroponik DFT terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). Jurnal Agrotek Indonesia. 2020;5(2):101-8.
 10. Farmee. Sistem DFT pada Hidroponik; n.d. Available from: <https://farmee.id/sistem-dft-pada-hidroponik/>.
 11. Manik DEP, Nababan FD, Ramadani F, Wirman SP. Sistem Otomasi pada Tanaman Hidroponik NFT untuk Optimalisasi Nutrisi; n.d. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Riau.
 12. Denanta P, Perteka B, Piarsa N, Wibawa KS. Sistem Kontrol dan Monitoring Tanaman Hidroponik Aeroponik Berbasis Internet of Things; 2020.
 13. Zahra N, Muthiadin C, Ferial F. Budidaya Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.) secara Hidroponik dengan Sistem DFT di BBPP Batangkaluku. Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi. 2023;3(1):18-22.
 14. Saparinto C. Grow Your Own Vegetables: Panduan Praktis Menanam 14 Sayuran Konsumsi Populer di Pekarangan. Yogyakarta: Penebar Swadaya; 2013.
 15. Syarifuddin A. Pengatur Suhu dan Kelembaban Otomatis Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things. Jurnal TeknoSAINS. 2018;1(1):1-14.
 16. Muliadi M, Imran A, Rasul M. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. Jurnal Media Elektrik. 2024;17(2):73-9.
 17. Mulyono S, Qomaruddin M, Anwar MS. Penggunaan Node-RED pada Sistem Monitoring dan Kontrol Greenhouse Berbasis Protokol MQTT; n.d. Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Sultan Agung.
 18. Tim MJ. Develop with Node-RED. Intel; 2016. Available from: <https://software.intel.com/en-us/articles/developing-withnodered>.
 19. Syarifuddin A. Pengatur Suhu dan Kelembaban Otomatis pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet of Things (IoT); 2020.
 20. Amazon. HiLetgo ESP-WROOM-32 Development Board Microcontroller. Amazon; n.d. Available from: <https://www.amazon.com/HiLetgo-ESP-WROOM-32-Development-MicrocontrollerIntegrated/dp/B0718T232Z>.
 21. Shopee. Pompa Air Celup N1 800 L/H DC 12V Mini Aquarium Hidroponik. Shopee Indonesia; n.d. Available from: <https://shopee.co.id/Pompa-Air-Celup-N1-800-L-H-DC-12V-Mini-Aquarium-Hidroponiki.33362967.5454694701>.
 22. Ghozali DA, Kurniawan E, Priharti W. Perancangan Sistem Hidroponik Bayam Merah dengan Air Elektrolisis; n.d. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
 23. uElectronics. Sensor de pH Líquido; n.d. Available from: <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-phliquido/>.
 24. Shopee. DFRobot SEN0244 Gravity Analog TDS Sensor Module Arduino ESP8266. Shopee Indonesia; n.d. Available from: <https://shopee.co.id/DFRobot-SEN0244-Gravity-Analog-TDS-Sensor-Module-Arduino-ESP8266-i.292092948.22802434677>.
 25. Ichibot. Modul Relay 2 Channel (2CH) 5V. Ichibot; n.d. Available from: <https://test.ichibot.id/product/modul-relay-2-channel-2ch-5v/>.
 26. Digiware. Character LCD 20x4 STN Yellow Green Background Yellow Green Backlight. Digiware Store; n.d. Available from: <https://digiwarestore.com/id/lcd-character/character-lcd-20x4-stn-yellow-green-background-yellow-green-backlight-712075.html>.
 27. Ichibot. LCD 2004 20x4 Background Kuning Hijau Teks Hitam. Ichibot; n.d. Available from: <https://test.ichibot.id/product/lcd-2004-20x4-background-kuning-hijau-teks-hitam/>.
 28. Digiware. Relay Module 2 Channel 5V. Digiware Store; n.d. Available from: <https://digiwarestore.com/id/relay/relay-module-2-channel-5v-263071.html>.
 29. IndMALL. What is 4 Channel Relay?. IndMALL; n.d. Available from: <https://www.indmall.in/faq/what-is-4-channel-relay/>.
 30. Ubuy. Peristaltic Pump - Powerful Peristaltic Pump Easy to Use 12V 3x5 Aquarium Peristaltic Tube DIY. Ubuy Indonesia; n.d.
 31. Shopee. Kamoer Peristaltic Pump 12 V Pompa Dosing Peristaltic DC Laboratorium. Shopee Indonesia; n.d. Available from: <https://shopee.co.id/Kamoer-Peristaltic-Pump-12-V-Pompa-Dosing-Peristaltic-DC-Laboratorium-i.8533626.44153274206>.