

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

Aditya Cahya Putra  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
adityacahayaputra11@gmail.com

Ekki Kurniawan  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
ekkikurniawan@telkomuniversity.ac.id

Porman Pangaribuan  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Telkom  
Bandung, Indonesia  
porman@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  $25.15^{\circ}\text{C}$ , 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*.

**Kata kunci**— *Hidroponik, IoT, Monitoring, Otomatisasi, Node-RED*

## I. 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 perkerjaan 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 *AB 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 (otosintesis). 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 >500 ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan >6 pH, <7 pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu pertama. Kondisi 2 yaitu, >700 ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan >6 pH, <7 pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu kedua. Kondisi 3 yaitu, >850 ppm (*part per million*) untuk sensor TDS dan >6 pH, <7 pH untuk sensor pH hal ini ditujukan untuk kondisi air untuk tanaman selada pada minggu ketiga.

## II. KAJIAN TEORI

### A. 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].

### B. 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 menyiang gulma (rumput dan tanaman liar) [18]. 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
  - a. Produksi tanaman persatuan luas lebih banyak
  - b. Tanaman relatif tumbuh lebih cepat
  - c. Tidak membutuhkan tanah
  - d. Mudah menanam tanaman di lokasi yang tidak mungkin atau sulit ditanami
2. Kekurangan Hidroponik
  - a. Ketersediaan dan pemeliharaan perangkat hidroponik agak sulit
  - b. Modal yang diperlukan relatif besar
  - c. Perlu keterampilan
  - d. 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 [19]. Pada penelitian ini penulis menggunakan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*).

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

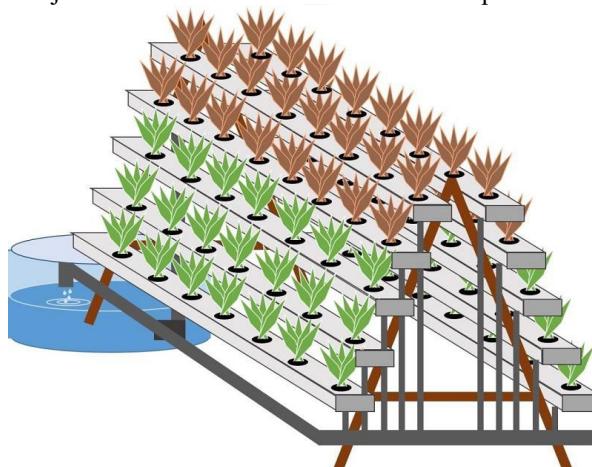
1. Penyemaian  
Dilakukannya penanaman benih di *rockwool* hingga muncul kecambah dan 2 daun awal dari hari ke-1 sampai hari ke-7.
2. Pemindahan Bibit  
Dilakukannya pemindahan bibit yang sudah muncul kecambah dan 2 daun awal ke dalam netpot. Kemudian, akan diaplikasikan pada sistem hidroponik DFT. Selanjutnya, 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.

### C. *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[16]. 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 C.1 menunjukkan contoh ilustrasi dari sistem hidroponik DFT.



GAMBAR 1  
Implementasi DFT [17]

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.

#### D. Nutrisi

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

unsur-unsur tersebut telah diatur sesuai dengan kebutuhan dan dikemas dengan nama pupuk *AB-Mix*.

#### E. 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 E.1

TABEL 1  
Tahapan Pemberian Nutrisi [15]

Nama Tanaman	PPM Max	pH	Masa Panen (hari)	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5
Selada	500-840	6,0 - 7,0	30-45	50	0	4	4	4

#### 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) [8]. 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 >700 ppm 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 korosif 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 [9].

#### 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 dapat tumbuh dengan optimal [20].

#### F. 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 [21]. 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*.

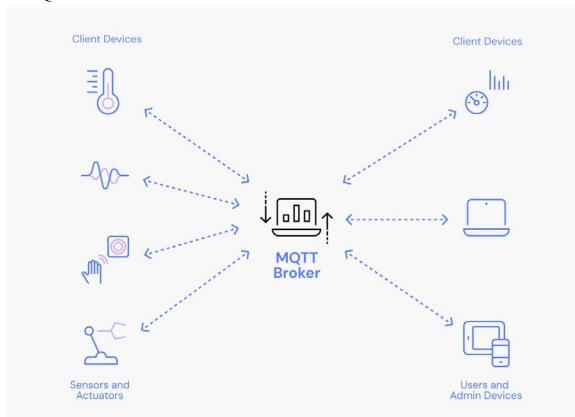
##### 2. Network Layer

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

##### 3. Application Layer

Pengguna mendapatkan data berdasarkan kebutuhan pengguna.

#### 1. MQTT



GAMBAR 2  
Ilustrasi Penggunaan 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 F.1. 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*.

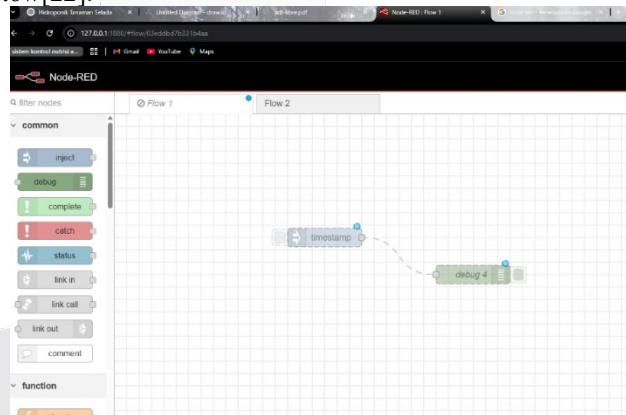
Protokol MQTT ini lebih sering digunakan untuk *Internet of Things* daripada HTTP, karena pesan yang dikirim dan diterima sangat ringan, sehingga sangat cepat, *bandwidth* yang dibutuhkan kecil, dan tidak membutuhkan daya yang besar. Selain itu, MQTT juga memastikan pengiriman pesan dengan 3 *Quality of Service*, yaitu *at most once*, *at least once*, dan *exactly once* [11].

#### 2. 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 meliput 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* [22].



GAMBAR 3  
Contoh flow di dalam lingkungan pengembangan Node-Red

Flow ini terbentuk dari node-node yang saling berhubungan di mana tiap node melakukan tugas tertentu. Gambar F.2. Walaupun *Node-RED* didesain untuk *Internet of Things* (IoT), ia juga dapat digunakan untuk keperluan umum dan untuk berbagai macam jenis aplikasi [23]. *Node-RED* menyediakan berbagai jenis node yang dapat 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* (beserta 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*[22].

### 3. 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* [12]. 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

*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 F.1 merupakan nilai indeks untuk besar *throughput*.

TABEL 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

Persamaan perhitungan *Throughput* ditampilkan pada persamaan (2.1).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Besar paket diterima}}{\text{Waktu Pengamatan}} \quad (2.1)$$

#### 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 F.2 merupakan nilai indeks untuk besar *packet loss*.

TABEL 3  
Nilai Indeks Untuk Packet Loss

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

Persamaan perhitungan *Packet Loss* ditampilkan pada persamaan (2.2).

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

#### 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 F.3 merupakan nilai indeks untuk besar time *delay*.

TABEL 4  
Nilai Indeks Untuk Delay

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

Persamaan perhitungan *Delay* ditampilkan pada persamaan (2.3).

$$\text{Rata - rata delay} = \text{time 2} - \text{time 1} \quad (2.3)$$

#### 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.4 merupakan nilai indeks untuk *Jitter*.

TABEL 5  
Nilai Indeks Untuk Jitter

Kategori <i>Degredasi</i>	Besar <i>Time Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 s/d 75 ms	3
Sedang	75 s/d 125 ms	2
Jelek	125 s/d 225 ms	1

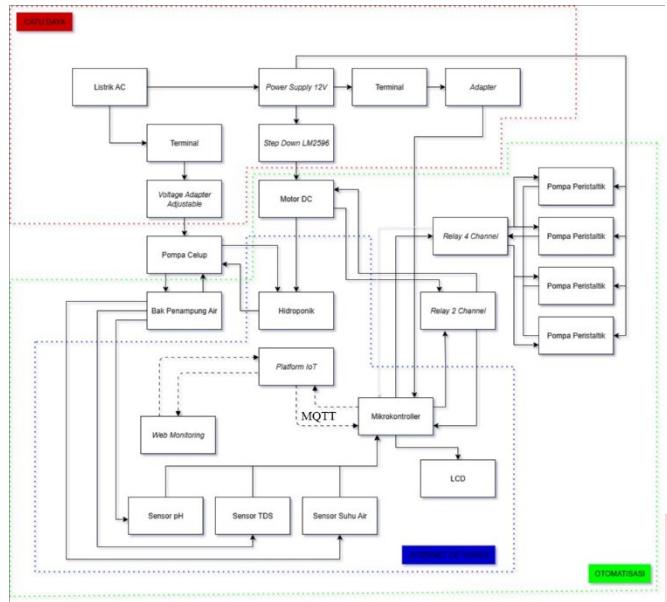
Persamaan perhitungan *Jitter* ditampilkan pada persamaan (2.4)

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total paket data yang diterima} - \text{total variasi delay}} \quad (2.4)$$

## III. METODE

### A. Desain Sistem dan Diagram Blok Keseluruhan

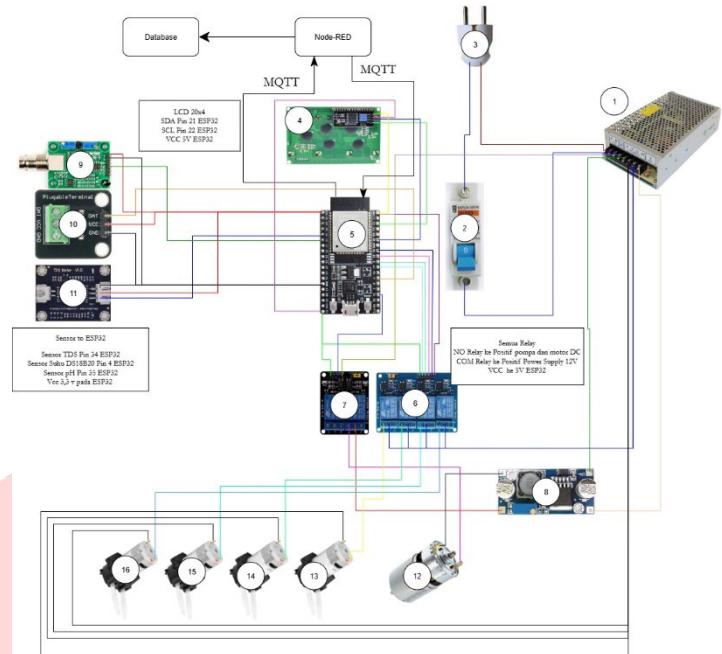
Pada penelitian ini dirancang suatu sistem *monitoring* dan otomatisasi pemberian nutrisi, penyesuaian kadar pH pada tanaman selada hidroponik. Sistem yang dibangun berbasis *Internet of Things* sehingga perangkat keras dan perangkat lunak saling terintegrasi serta terkoneksi dengan internet. Perancangan sistem ini dilakukan dengan maksud memudahkan pemberian informasi kepada pengguna seperti kondisi larutan nutrisi, pH dan suhu pada alat.



GAMBAR 4  
Diagram Blok Keseluruhan

Dari Gambar A.1 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 untuk sistem otomatisasi yang kita inginkan pada ESP32, setelah mendapatkan input maka ESP32 akan menjalankan sistem otomatisasi sesuai dengan kondisi yang diinput.

## B. Desain Perangkat Keras dan Spesifikasi Komponen



GAMBAR 5  
Desain Perangkat Keras

Pada Gambar B.1 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  
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

### 1. NodeMCU ESP32

ESP32 pada Gambar B.2 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 [10], adapun spesifikasi lainnya yang tercantum pada Tabel B.2



GAMBAR 6  
Mikrokontroler NodeMCU ESP32 [24]

TABEL 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

## 2. Pompa Air

Pompa air pada Gambar B.3 adalah jenis pompa air celup dengan jenis N1 800 L/H dan spesifikasi yang ada pada Tabel B.3. Pompa ini bersifat *submersible* atau tahan air[27]. Pada penelitian ini pompa air digunakan untuk mengalirkan air yang berada di bak penampungan menuju hidroponik selada.



GAMBAR 7  
Pompa Air [27]

TABEL 8  
Spesifikasi Pompa [27]

Keterangan	Spesifikasi
Model	N1 800 L/H
Tegangan Kerja	12V-24V

Keterangan	Spesifikasi
Power	22W
Max Flowrate	800 L/H
Max Water Temperature	100°C
Maximum Rated Current	1000mA

## 3. Sensor pH

Sensor pH pada Gambar B.4 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 keasaman, dengan itu tanaman hidroponik dapat tumbuh dengan baik [28], adapun penjelasan spesifikasi dari Sensor pH ini pada Tabel B.4



GAMBAR 8  
Sensor pH [29]

TABEL 9  
Spesifikasi Sensor pH [28]

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

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

Sensor *Total Dissolved Solid* (TDS) seperti pada Gambar B.5 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 B.5



GAMBAR 9  
Sensor TDS SEN0244 DFROBOT [30]

TABEL 10  
Spesifikasi Sensor TDS [30]

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

#### 5. Sensor DS18B20

Sensor suhu DS18B20 seperti pada Gambar B.6 adalah salah satu sensor yang digunakan pada penelitian ini, yang dimana memiliki fungsi sebagai pendekripsi suhu air, sensor suhu DS18B20 kedap air juga harus dihubungkan ke resistor *pull-up* agar dapat digunakan[31]. Prinsip kerja sensor DS18B20 dengan memasukkan sensor kedalam air dan dapat menghasilkan keluaran digital. Adapun spesifikasi dari sensor DS18B20 ini pada Tabel B.6



GAMBAR 10  
Sensor DS18B20 [31]

TABEL 11  
Spesifikasi Sensor DS18B20 [31]

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

#### 6. LCD 20x4

LCD (*Liquid Crystal Display*) seperti pada Gambar B.7 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 B.7



GAMBAR 11  
LCD [36]

TABEL 12  
Spesifikasi LCD [37]

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

#### 7. Relay 2 Channel

Pada penelitian ini *relay module 2 channel* seperti pada Gambar B.8 digunakan dalam sistem otomatisasi yang berfungsi sebagai pengendali kapan motor DC akan bekerja dan kapan motor DC akan tidak bekerja. Modul ini dilengkapi rangkaian *input isolated* sehingga lebih aman digunakan untuk mikrokontroler[32], adapun spesifikasi dari *Relay Module 2 Channel* pada Tabel B.8



GAMBAR 12  
Relay 2 Channel [31]

TABEL 13  
Spesifikasi Relay [31]

Keterangan	Spesifikasi
Jumlah Channel	2
Power Supply Range	2V-7,5V

Maksimal Arus dan Tegangan	250V/10A AC dan 30V/10A DC
----------------------------	----------------------------

#### 8. Relay 4 Channel

Relay 4 Channel seperti pada Gambar B.9 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 B.9



GAMBAR 13  
Relay 4 Channel [33]

TABEL 14  
Spesifikasi Relay 4 Channel [33]

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

#### 9. Pompa Peristaltik

Pompa Peristaltik seperti pada Gambar B.10 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 B.10



GAMBAR 14  
Pompa Peristaltik [34]

TABEL 15  
Spesifikasi Pompa Peristaltik [35]

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

Color	Black, White
-------	--------------

#### 10. Step Down LM2596

Step-down LM2596 pada Gambar B.11 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 B.11



GAMBAR 15  
Step Down LM2596

TABEL 16  
Spesifikasi Step Down LM2595

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

#### 11. Power Supply

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



GAMBAR 16  
Power Supply

TABEL 17  
Spesifikasi Power Supply

Spesifikasi	Keterangan
AC Input	110 V – 265 V AC

DC Output	+DC 12V ~ 20A
Total Power	120W Max

### 12. MCB (Miniature Circuit Breaker)

MCB (*Miniature Circuit Breaker*) atau dalam bahasa Indonesia yaitu Pemutus Sirkuit Miniatur seperti pada Gambar B.13 adalah perangkat yang digunakan untuk membatasi arus listrik dan pengaman 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 B.13



GAMBAR 17  
MCB

TABEL 18  
Spesifikasi MCB

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

### 13. Motor DC

Motor DC 775 seperti pada Gambar B.14 berfungsi sebagai pengaduk cairan yang dipompa oleh pompa peristaltik kedalam penampung air. Adapun spesifikasi dari motor DC 775 pada Tabel B.14



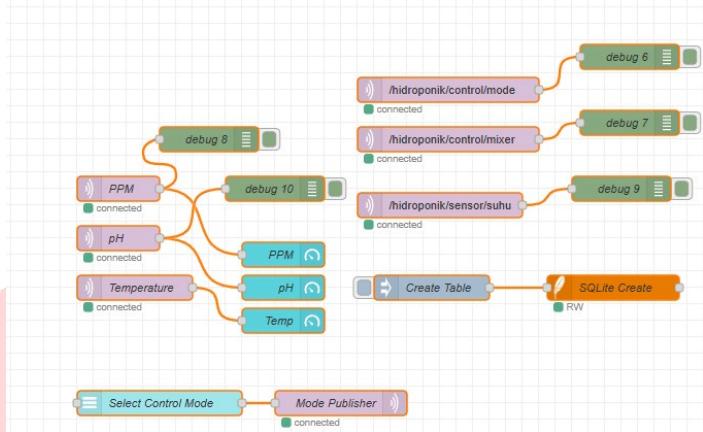
GAMBAR 18  
Motor DC

TABEL 19  
Spesifikasi Motor DC

Spesifikasi	Keterangan
Voltage	12V
Power Max	100W

Arus Tanpa Beban	1,2A
Kecepatan	12000RPM

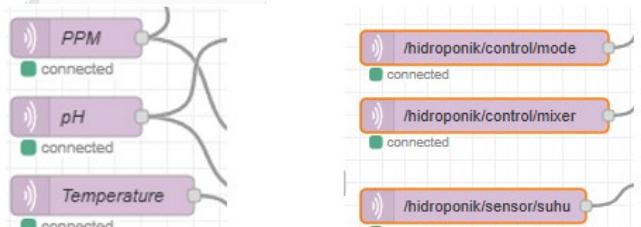
### C. Desain Node-RED



GAMBAR 19  
Node-RED Keseluruhan

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 C.1.

#### 1. Node MQTT Input



GAMBAR 20  
Node MQTT Input

*Node MQTT input* seperti pada Gambar C.2 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 di dalam 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

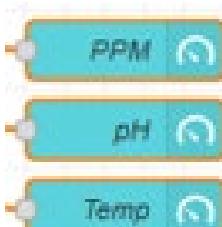


GAMBAR 21  
Node Debug

*Node debug* dalam *Node-Red* digunakan untuk menampilkan data keluaran dari aliran (*flow*) yang dijalankan. Pada sistem sistem ini, terdapat beberapa *node debug* seperti pada Gambar C.3 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*.

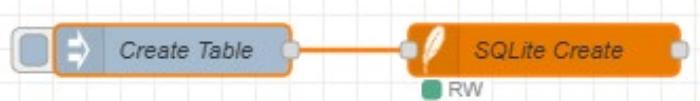
## 3. Node Gauge (Visualisasi)



GAMBAR 22  
Node Gauge

*Node gauge* seperti pada Gambar C.4 berfungsi untuk menampilkan data dalam bentuk meter 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

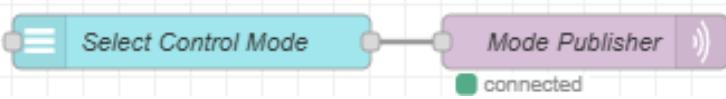


GAMBAR 23  
Node Penyimpanan SQLite

*Node penyimpanan SQLite* digunakan untuk menyimpan data ke dalam database lokal. Adapun fungsi dari masing-masing node pada Gambar C.5 yaitu:

- *Node Create Table*  
*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.

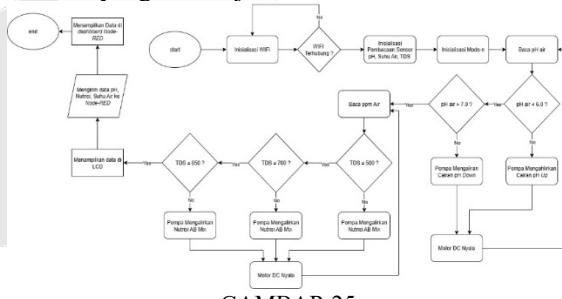
## 5. Node Pemilihan Mode Operasi Sistem



GAMBAR 24  
Node Pemilihan Mode Operasi Sistem

Pada *node pemilihan mode* Operasi Sistem seperti pada Gambar C.6, 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 25  
Flowchart Penelitian

Dari diagram alir pada Gambar D.1 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  $TDS \leq 500$  ppm,  $\leq 700$  ppm, atau  $\leq 850$  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.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Perangkat



GAMBAR 26  
Alat Penelitian

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 A.1 dapat kita lihat beberapa komponen dari penelitian ini. Berikut komponennya:

1. Pompa peristaltik yang berfungsi sebagai penyulur cairan AB mix serta cairan penyeimbang asam atau basa.
2. Motor DC sebagai pengaduk ketika terjadi pemompaan cairan kedalam bak penampung air.

3. Sensor pH sebagai sensor yang membaca nilai dari keasaman atau kebasaan 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.

##### B. 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 :

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai sensor} - \text{Nilai Kalibrator}}{\text{Nilai Kalibrator}} \times 100 \quad (4.1)$$

$$\text{Akurasi (\%)} = 100\% - \text{error} \quad (4.2)$$

$$\text{Rata-Rata} = \frac{\text{Jumlah Semua Data}}{\text{Banyaknya Data}} \quad (4.3)$$

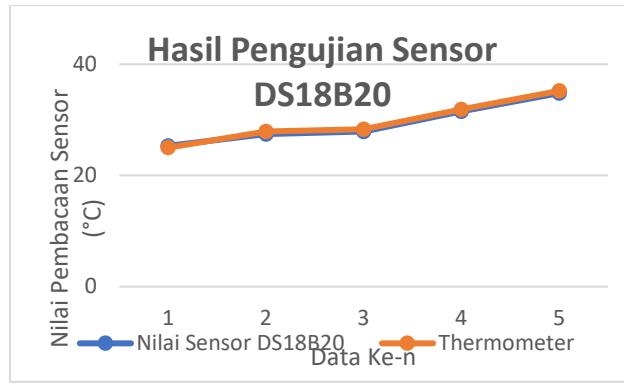
Pada kedua persamaan (4.1), (4.2), dan (4.3) merupakan faktor pendukung dari hasil kalibrasi nilai keluaran sensor tersebut. Persamaan (4.1) memerlukan nilai sensor dan nilai kalibrator untuk mencari nilai *error*. Setelah itu, dapat mencari nilai akurasi dari suatu sensor dengan menggunakan persamaan (4.2) tersebut. Persamaan (4.3) 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 pembandingan keluaran pada sensor dengan termometer digital yang dapat kita lihat pada Gambar B.1

TABEL 20  
Rata-rata Suhu Air DS18B20 dan thermometer

N o.	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				98,66

GAMBAR 27  
Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B20

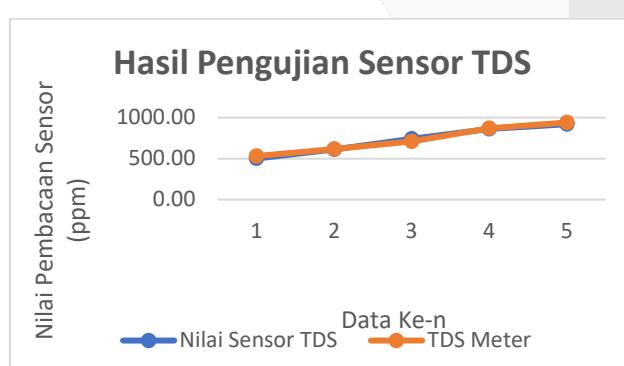
Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel B.1 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,66 % dan rata-rata *error* sebesar 1,34 %.

## 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 pengujian sensor TDS dilakukan pembandingan keluaran pada sensor dengan TDS meter yang dapat kita lihat pada Gambar B.2

TABEL 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	

GAMBAR 28  
Grafik Hasil Pengujian Sensor TDS

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

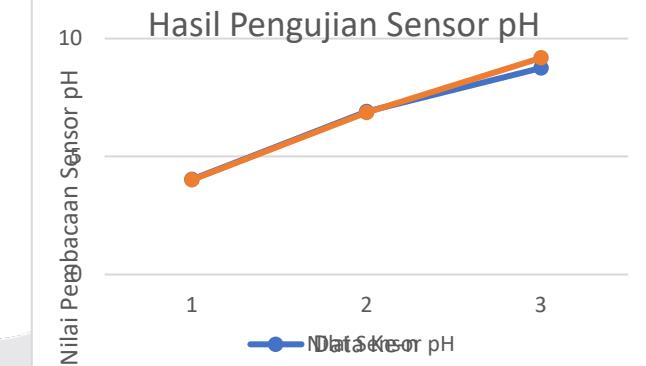
yang berbeda-beda untuk melihat perbedaan nilai pada ppm. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel B.2 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 98,925 % dan rata-rata *error* sebesar 1,075 %.

## 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 pembandingan keluaran pada sensor dengan pH meter dan 3 buffer yang dapat kita lihat pada Gambar B.3

TABEL 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
Rata-Rata			6,76	93,23

GAMBAR 29  
Grafik Hasil Pengujian Sensor pH

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 Y. Dari pengujian sensor tersebut tingkat akurasi sangat menentukan pada pengujian sistem keseluruhan nanti. Pada Tabel B.3 didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 93,233 % dan rata-rata *error* sebesar 1,766%.

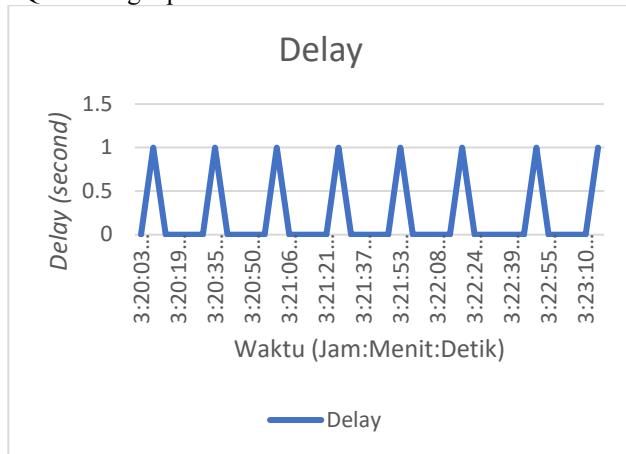
## C. Pengujian Sistem Komunikasi

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 (2.3). Pada Gambar C.1 hasil pengujian *delay* dalam pengiriman data ke *platform node-red* melalui MQTT sebagai protokol komunikasi.



GAMBAR 30  
Grafik Pengujian Delay Time

Pada Gambar C.1 menunjukkan *delay* pengiriman setiap 3 data. Dari hasil pengujian diatas dan menggunakan persamaan 2.3 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 (2.4). Pada Gambar C.2 hasil pengujian *jitter* dalam pengiriman data ke *Node-RED*.

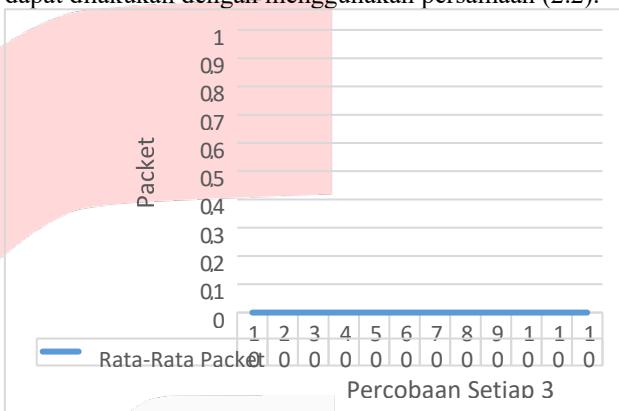


GAMBAR 31  
Grafik Pengujian Jitter

Pada Gambar C.2 menunjukkan *jitter* pengiriman dari setiap 3 data. Dari hasil pengujian diatas dan menggunakan persamaan 2.4 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 (2.2).

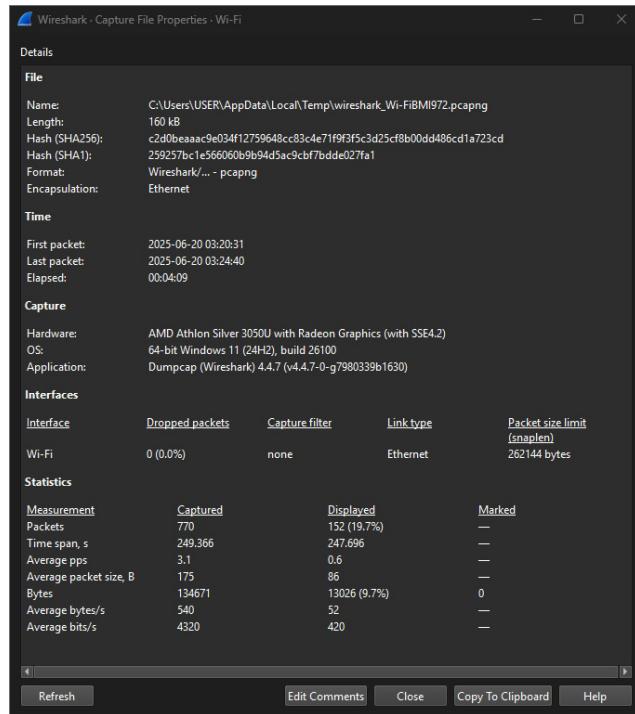


GAMBAR 32  
Grafik Penggunaan Packet Loss

Pada Gambar C.3 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 (2.1).



GAMBAR 33  
Pengujian Throughput

Dari hasil *wireshark* pada Gambar C.4 rata-rata *throughput* dan nilai yang didapat adalah 540 Bytes/s atau 4320 bit/s. Hal ini menandakan bahwa data yang dikirim dalam selang waktu tertentu berhasil sehingga dengan kecepatan *transfer* yang bagus.

#### D. Tampilan User Interface Pada Node-Red



GAMBAR 34  
Tampilan UI 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*.

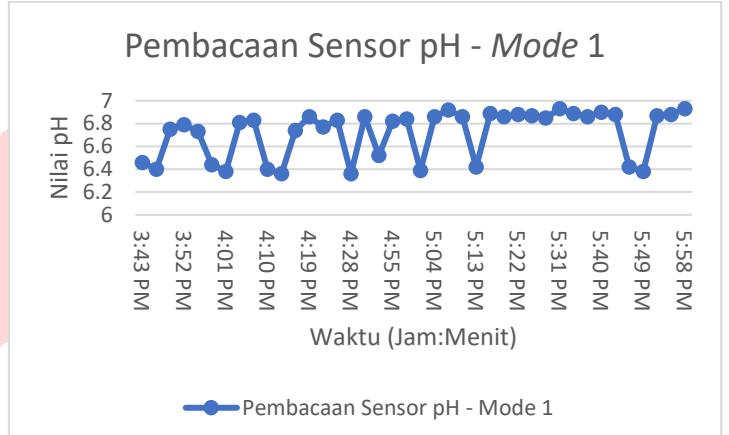
#### E. Pengujian Monitoring

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:

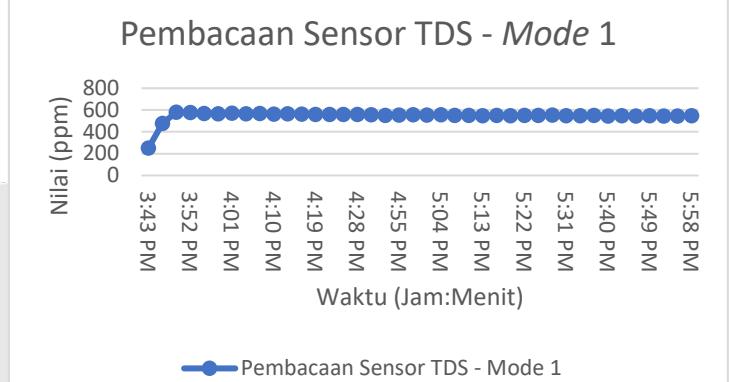
##### 1. Mode 1

*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 >500 ppm dan tingkat keasaman atau kebasaan pada nilai >6 dan <7 yang diamana sistem ini ditujukan pada tanaman selada minggu ke-1. Berikut grafik *monitoring* jika diberikan otomatisasi *Mode 1*:



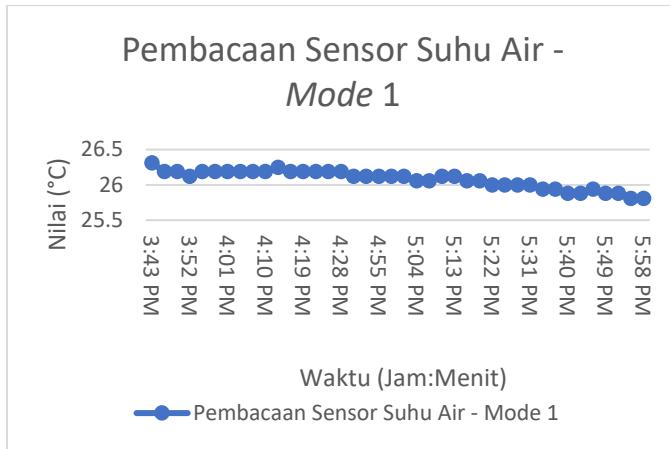
GAMBAR 35  
Pembacaan Sensor pH Mode 1

Pada Gambar E.1 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 hidropotnik.



GAMBAR 36  
Pembacaan Sensor TDS Mode 1

Pada Gambar E.2 merupakan grafik *monitoring* pada Larutan Nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penguapan.

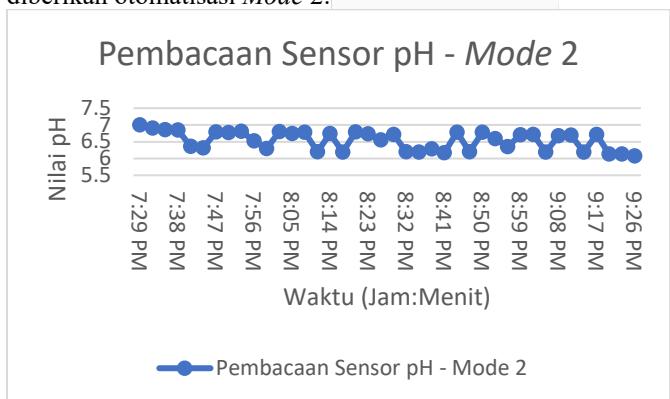


GAMBAR 37  
Pembacaan Sensor Suhu Air Mode 1

Pada Gambar E.3 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.

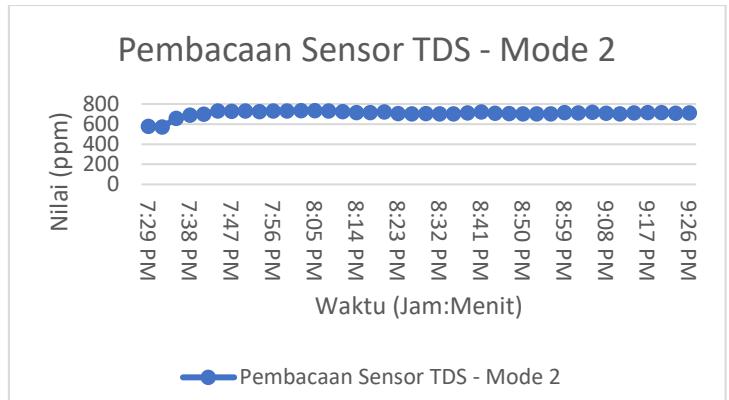
### 2. Mode 2

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  $>700$  ppm 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:



GAMBAR 38  
Pembacaan Sensor pH Mode 2

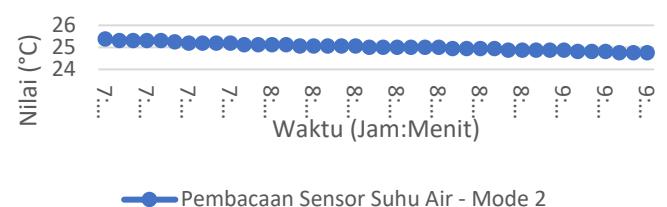
Pada Gambar E.4 merupakan grafik *monitoring* pada pH air yang dilakukan oleh sensor pH, Dari grafik tersebut terlihat fluktuasi kecil, namun pembacaan tetap berada pada kisaran 6.3-6.9, yang cukup baik untuk sistem hidroponik.



GAMBAR 39  
Pembacaan Sensor TDS Mode 2

Pada Gambar E.5 merupakan grafik *monitoring* pada Larutan Nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penuaan.

### Pembacaan Sensor Suhu Air - Mode 2

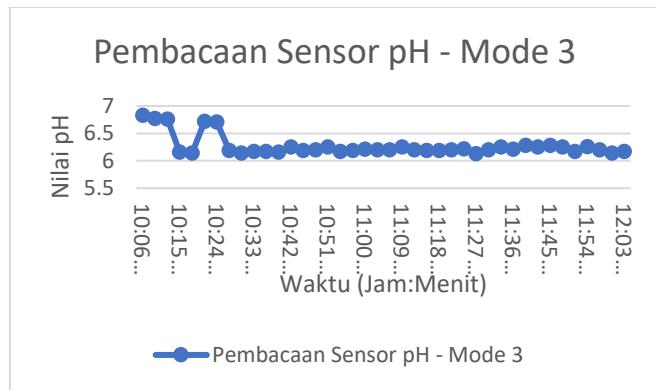


GAMBAR 40  
Pembacaan Sensor Suhu Air Mode 2

Pada Gambar E.6 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.

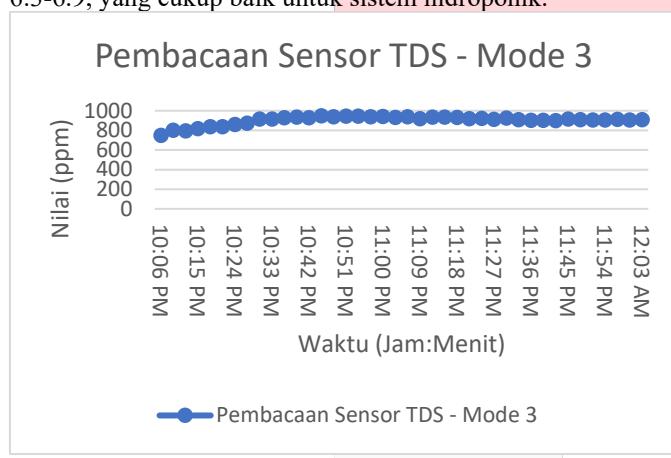
### 3. Mode 3

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  $>850$  ppm 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:



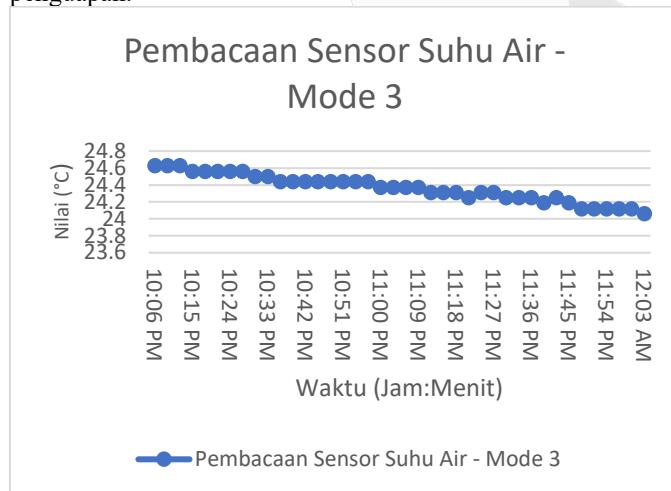
GAMBAR 41  
Pembacaan Sensor pH Mode 3

Pada Gambar E.7 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 42  
Pembacaan Sensor TDS Mode 3

Pada Gambar E.8 merupakan grafik *monitoring* pada larutan nutrisi yang dilakukan oleh sensor TDS, Dimana terlihat grafik yang terdapat sedikit penurunan diakibatkan penguapan.



GAMBAR 43  
Pembacaan Sensor Suhu Mode 3

Pada Gambar E.9 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.

## V. 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:

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 pH 4502-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 210ms. Dalam pengiriman paket data tidak ada paket data yang hilang dalam pengiriman kemudian data tersebut dapat dilihat atau diakses melalui *website*.

## REFERENSI

- [1] Roidah, I. S. (2014). *Pemanfaatan lahan dengan menggunakan sistem hidroponik*. Fakultas Pertanian, Universitas Ida.
- [2] Faikar, M., Kurniawan, E., & Priharti, W. (n.d.). *Sistem monitoring berbasis Internet of Things pada bayam merah hidroponik*. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [3] Kurniawan, A., & Lestari, H. A. (2020). Sistem kontrol nutrisi floating hydroponic system kangkung (*Ipomea reptans*) menggunakan Internet of Things berbasis Telegram [Control system of nutrient in floating hydroponic system for water spinach (*Ipomea reptans*) using Telegram-based IoT]. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 9(4), 326–335. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9.i4.326-335>
- [4] Shandy, M., Kurniawan, E., & Pangaribuan, P. (n.d.). Monitoring sistem hidroponik berbasis IoT. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [5] Romalasari, A., & Sobari, E. (2019). Produksi selada (*Lactuca sativa L.*) menggunakan sistem hidroponik dengan perbedaan sumber nutrisi. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1), 36–41. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v3i1.158>
- [6] Rukmana, R. (1994). *Bertanam selada*. Yogyakarta: Kanisius
- [7] Mufida, E., et al. (2020). Perancangan alat pengontrol pH air untuk tanaman hidroponik berbasis Arduino Uno. *InsanTek*. <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/insantek>
- [8] Denanta, P., Perteka, B., Piarsa, N., & Wibawa, K. S. (2020). Sistem kontrol dan monitoring tanaman hidroponik aeroponik berbasis Internet of Things.
- [9] Zahra, N., Muthiadin, C., & Ferial, F. (2023). Budidaya tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) secara

- [10] hidroponik dengan sistem DFT di BBPP Batangkaluku. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 3(1), 18–22. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v3i1.29922>
- [11] Syarifuddin, A. (2020). Pengatur suhu dan kelembaban otomatis pada budidaya jamur tiram berbasis Internet of Things (IoT).
- [12] Muliadi, M., Imran, A., & Rasul, M. (2024). Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 73–79. <https://doi.org/10.59562/metrik.v17i2.5398>
- [13] IoT Studio Telkom University. (2021, Januari 27). *Berkenalan dengan MQTT*. Telkom University IoT Studio. <https://iotstudio.labs.telkomuniversity.ac.id/berkenalan-dengan-mqtt/>
- [14] Purwahid, M., & Triloka, J. (2019). Analisis Quality of Service (QoS) jaringan internet untuk mendukung rencana strategis infrastruktur jaringan komputer di SMK N I Sukadana.
- [15] Fakhruzzaini, M., & Aprilianto, H. (n.d.). *Sistem otomatisasi pengontrolan volume dan pH air pada hidroponik*. Program Studi Teknik Informatika, STMIK Banjarbaru. <http://www.stmik-banjarbaru.ac.id>
- [15] Manik, D. E. P., Nababan, F. D., Ramadani, F., & Wirman, S. P. (n.d.). *Sistem otomasi pada tanaman hidroponik NFT untuk optimalisasi nutrisi*. Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Muhammadiyah Riau.
- [15] Rimail, S. (2016). *PPM hidroponik*. Scribd. <https://id.scribd.com/document/347828003/Ppm-hirdoponik>
- [16] Astuti, R., & Supriyadi, D. (2020). Pengaruh sistem hidroponik DFT terhadap pertumbuhan tanaman selada (*Lactuca sativa L.*). *Jurnal Agrotek Indonesia*, 5(2), 101–108.
- [17] Farmee. (n.d.). *Sistem DFT pada hidroponik*. Farmee.id. <https://farmee.id/sistem-dft-pada-hidroponik/>
- [18] S. Q, N. (2017). *Mempercepat panen sayuran hidroponik*. Agro Media.
- [19] Sesanti, R. N., & Sismanto. (2016). Pertumbuhan dan hasil pakchoi (*Brasicca rapa L.*) pada dua sistem hidroponik dan empat jenis nutrisi. *Jurnal Kelitbangan*, 4(1), 1–9.
- [20] Saparinto, C. (2013). *Grow your own vegetables – Panduan praktis menanam 14 sayuran konsumsi populer di pekarangan*. Yogyakarta: Penebar Swadaya.
- [21] Syarifuddin, A. (2018). Pengatur suhu dan kelembaban otomatis budidaya jamur tiram berbasis Internet of Things. *Jurnal TeknoSAINS*, 1(1), 1–14.
- [22] Mulyono, S., Qomaruddin, M., & Anwar, M. S. (n.d.). Penggunaan Node-RED pada sistem monitoring dan kontrol greenhouse berbasis protokol MQTT. Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Sultan Agung.
- [23] Tim MJ. (2016). *Develop with Node-RED*. Intel. <https://software.intel.com/en-us/articles/developing-withnodeRED>
- [24] Amazon. (n.d.). *HiLetgo ESP-WROOM-32 development board microcontroller*. Amazon. <https://www.amazon.com/HiLetgo-ESP-WROOM-32-Development-Microcontroller-Integrated/dp/B0718T232Z>
- [25] Mikrokontroler ESP32. (2021, November 16). *Raharja.ac.id*. <https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/>
- [26] Catchpoint. (n.d.). *MQTT broker and client communication* [Diagram]. In *Network Admin Guide – MQTT Broker*. Retrieved July 17, 2025, from <https://www.catchpoint.com/network-admin-guide/mqtt-broker>
- [27] Shopee. (n.d.). *Pompa air celup N1 800 L/H DC 12V mini aquarium hidroponik*. Shopee Indonesia. <https://shopee.co.id/Pompa-Air-Celup-N1-800-L-H-DC-12V-Mini-Aquarium-Hidroponik-i.33362967.5454694701>
- [28] Ghozali, D. A., Kurniawan, E., & Priharti, W. (n.d.). *Perancangan sistem hidroponik bayam merah dengan air elektrolisis*. Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [29] uElectronics. (n.d.). *Sensor de pH liquido*. <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-ph-liquido/>
- [30] Shopee. (n.d.). *DFRobot SEN0244 Gravity analog TDS sensor module Arduino ESP8266*. Shopee Indonesia. <https://shopee.co.id/DFRobot-SEN0244-Gravity-Analog-TDS-Sensor-Module-Arduino-ESP8266-i.292092948.22802434677>
- [31] Ichibot. (n.d.). *Modul relay 2 channel (2CH) 5V*. Ichibot. <https://test.ichibot.id/product/modul-relay-2-channel-2ch-5v/>
- [32] Digiware. (n.d.). *Relay module 2 channel 5V*. Digiware Store. <https://digiwarestore.com/id/relay/relay-module-2-channel-5v-263071.html>
- [33] IndMALL. (n.d.). *What is 4 channel relay?* IndMALL. [https://www.indmall.in/faq/what-is-4-channel-relay/?srsltid=AfmBOopjH5-EItAGkeKxMNjXH10M7TSYYK7jmh0Z34EHtWLj\\_6QiZ-PR](https://www.indmall.in/faq/what-is-4-channel-relay/?srsltid=AfmBOopjH5-EItAGkeKxMNjXH10M7TSYYK7jmh0Z34EHtWLj_6QiZ-PR)
- [34] Ubuy. (n.d.). *Peristaltic pump – Powerful peristaltic pump easy to use 12V 3x5 aquarium peristaltic tube DIY peristaltic liquid pump lab for aquarium*. Ubuy Indonesia.
- [35] Shopee. (n.d.). *Kamoer Peristaltic Pump 12 V Pompa Dosing Peristaltic DC Laboratorium*. Shopee Indonesia. <https://shopee.co.id/Kamoer-Peristaltic-Pump-12-V-Pompa-Dosing-Peristaltic-DC-Laboratorium-i.8533626.44153274206>
- [36] Digiware. (n.d.). *Character LCD 20x4 STN Yellow Green Background Yellow Green Backlight*. Digiware Store. <https://digiwarestore.com/id/lcd-character-character-lcd-20x4-stn-yellow-green-background-yellow-green-backlight-712075.html>
- [37] Ichibot. (n.d.). *LCD 2004 20x4 background kuning hijau teks hitam*. Ichibot. <https://test.ichibot.id/product/lcd-2004-20x4-background-kuning-hijau-teks-hitam/>