Desain dan Implementasi Sistem Hidroponik Selada Metode Deep Flow Technique Berbasis Internet of Things

1st Rizki Yandira
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
rizkiyandira@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Indah Permatasari
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
indahpermata@telkomuniversity.ac.id

3rd Fikra Titan Syifa
S1 Teknik Telekomunikasi
Telkom University
Purwokerto, Indonesia
fikras@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Budidaya selada (Lactuca sativa L.) dengan metode hidroponik Deep Flow Technique (DFT) memerlukan pengelolaan nutrisi dan ketinggian air yang optimal untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Pemantauan yang dilakukan secara manual cenderung kurang efektif dan berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian pemberian nutrisi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem hidroponik selada berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan pemantauan dan pengendalian nutrisi secara real-time. Sistem dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor ultrasonik, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Metode penelitian meliputi tahap perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian akurasi sensor, pengukuran Quality of Service (QoS), serta pengamatan pertumbuhan tanaman selama 30 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki rata-rata kesalahan sebesar 2,17% dengan tingkat akurasi 97,83%, sedangkan sensor TDS memiliki rata-rata kesalahan sebesar 7,52% dengan tingkat akurasi 92,48%. Pengujian QoS menghasilkan nilai throughput sebesar 587 kbps dan rata-rata delay sebesar 10,8 ms yang termasuk dalam kategori baik berdasarkan standar TIPHON. Selain itu, sistem mampu mengirimkan notifikasi secara otomatis ketika ketinggian air nutrisi berada di bawah batas yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil penelitian, sistem hidroponik selada berbasis IoT yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan dan pengendalian nutrisi secara efektif, mendukung pertumbuhan tanaman, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan budidaya hidroponik dengan metode DFT.memerlukan penggunaan air dalam jumlah besar. Efisiensi tersebut disebabkan oleh adanya mekanisme sirkulasi air di dalam sistem hidroponik, sehingga penggunaan air dapat dikendalikan dan kehilangan air akibat pembuangan dapat diminimalkan.

Kata kunci— DFT, sensor TDS, sensor ultrasonik, monitoring nutris

I. PENDAHULUAN

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang tidak memanfaatkan tanah sebagai media tumbuh, melainkan menggunakan larutan air yang diperkaya unsur hara sebagai media utama. Meskipun sistem ini menitikberatkan pada ketersediaan oksigen yang optimal bagi tanaman, penerapannya tidak memerlukan penggunaan air dalam jumlah besar. Efisiensi tersebut disebabkan oleh adanya mekanisme sirkulasi air di dalam sistem hidroponik, sehingga penggunaan air dapat dikendalikan dan kehilangan air akibat pembuangan dapat diminimalkan.

Sistem hidroponik umumnya memanfaatkan pipa PVC sebagai media tanam sekaligus saluran distribusi larutan nutrisi, salah satunya pada metode DFT (Deep Flow Technique). Perkembangan teknologi tersebut diikuti oleh berbagai permasalahan dalam pengelolaan budidaya hidroponik, terutama terkait ketidakseimbangan kadar nutrisi serta kurang optimalnya proses pemuatan kondisi tanaman. Kondisi tersebut dapat memicu gangguan fisiologis pada tanaman seperti nutrient burn, yang ditandai dengan perubahan wujud warna daun menjadi kering atau kecoklatan serta terhambatnya pertumbuhan tanaman akibat pemberian nutrisi yang berlebihan maupun tidak mencukupi.

Dalam implementasi sistem berbasis Internet of Things (IoT) pada hidroponik metode Deep Flow Technique (DFT), digunakan dua jenis sensor utama, yaitu sensor ultrasonik dan sensor Total Dissolved Solid (TDS). Sensor ultasonik berfungsi untuk memantau ketinggian larutan nutrisi di dalam wadah, sedangkan sensor TDS digunakan untuk mengukur tingkat konsentasi zat terlarut dalam larutan nutrisi yang dinyatakan dalam satuan parts per milion (ppm). Seluruh hasil pengukuran tersebut ditampilkan secara real-time melalui dashboard aplikasi Blynk, baik pada perangkat seluler maupun melalui antarmuka berbasis web. Pengendalian konsentrasi nutrisi dilakukan dengan membandingkan nilai ppm terhadap kebutuhan tanaman berdasarkan fase pertumbuhannya. Apabila nilai yang terdeteksi berada di bawah kisaran optimal, yaitu antara 500-840 ppm, maka sistem secara otomatis mengaktifkan pompa untuk menambahkan larutan nutrisi hingga mencapai kondisi yang diinginkan. Mekanisme ini memungkinkan penyesuaian nutrisi berlangsung tanpa intervensi manual secara terus-menerus. Larutan nutrisi yang digunakan berupa AB mix, yang terdiri atas dua komponen terpisah. Komponen pertama (Mix A) mengandung unsur hara makro, sementara komponen kedua (Mix B) menyediakan unsur hara makro. Kombinasi kedua larutan tersebut diperlukan untuk memastikan ketersediaan nutrisi yang seimbang bagi pertumbuhan tanaman.

Pertumbuhan tanaman selada memerlukan ketersediaan unsur hara esensial yang meliputi unsur mako seperti C, H, N, O, P, K, Ca, Mg, dan S, serta unsur mikro di antaranya Mn, Cu, Fe, Mo, Zn, dan B. Seluruh unsur tersebut umumnya telah diformulasikan dalam larutan nutrisi sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman guna mendukung pertumbuhan dan kualitas hasil panen. Dalam sistem budidaya hidroponik, kecukupan nutrisi menjadi faktor dominan yang menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman. Berbeda dengan metode konvensional, sistem hidroponik sepenuhnya bergantung pada suplai nutrisi eksternal karena tidak menggunakan media tanah. Oleh karena itu, pemberian pupuk menjadi komponen yang tidak terpisahkan, di mana nutrisi disuplai dalam bentuk larutan yang mengandung hara makro dan mikro secara seimbang.

.

II. KAJIAN TEORI

Sebagai acuan dalam perancangan dan implementasi sistem hidroponik selada berbasis Internet of Things (IoT). Teori-teori yang digunakan meliputi metode hidroponik Deep Flow Technique (DFT), konsep Internet of Things (IoT), NodeMCU ESP8266, sensor Total Dissolved Solids (TDS), sensor ultrasonik, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Pemahaman terhadap teori tersebut diperlukan untuk mendukung proses perancangan, implementasi, dan analisis kinerja sistem yang dikembangkan.

Deep Flow Technique (DFT)

Deep Flow Technique (DFT) merupakan salah satu metode hidroponik yang menggunakan larutan nutrisi dengan kedalaman tertentu sebagai media pertumbuhan tanaman. Pada metode ini, akar tanaman terendam sebagian di dalam larutan nutrisi yang terus bersirkulasi melalui saluran tanam menggunakan pompa. Sistem sirkulasi tersebut memungkinkan tanaman memperoleh pasokan air, nutrisi, dan oksigen secara berkelanjutan sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Dibandingkan dengan metode Nutrient Film Technique (NFT), DFT memiliki volume larutan nutrisi yang lebih banyak sehingga tanaman masih memperoleh suplai air ketika pompa berhenti bekerja dalam waktu tertentu. Oleh karena itu, metode DFT dinilai lebih stabil dan sesuai untuk budidaya tanaman daun, seperti selada, yang membutuhkan ketersediaan nutrisi secara kontinu.

Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga mampu saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Teknologi IoT memanfaatkan sensor, mikrokontroler, aktuator, dan media komunikasi untuk memperoleh informasi dari lingkungan, mengolah data, kemudian mengirimkannya ke platform berbasis internet sehingga dapat dipantau secara real-time.

Pada penelitian ini, teknologi IoT diterapkan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor TDS dan sensor ultrasonik menuju aplikasi Blynk. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi nutrisi dan ketinggian larutan hidroponik melalui perangkat seluler tanpa harus berada di lokasi sistem.

NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan papan mikrokontroler yang telah dilengkapi modul Wi-Fi sehingga mampu terhubung langsung ke jaringan internet. Perangkat ini berfungsi sebagai pusat pengendali sistem dengan menerima data dari sensor, memproses informasi sesuai program yang telah dibuat, kemudian mengirimkan hasilnya ke aplikasi Blynk melalui koneksi internet.

Selain berfungsi sebagai pengolah data, NodeMCU ESP8266 juga mengendalikan aktuator seperti *relay* dan motor servo untuk mengatur proses penambahan nutrisi sesuai kondisi yang terdeteksi oleh sensor. Penggunaan NodeMCU ESP8266 dipilih karena memiliki ukuran yang ringkas, konsumsi daya rendah, serta mudah diprogram menggunakan Arduino IDE.

Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

Sensor Total Dissolved Solids (TDS) merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur jumlah zat padat terlarut di dalam larutan nutrisi. Nilai hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan parts per million (ppm), yang menunjukkan konsentrasi mineral dan unsur hara yang tersedia bagi tanaman.

Pada sistem yang dikembangkan, sensor TDS digunakan untuk memantau konsentrasi nutrisi secara real-time. Data hasil pembacaan sensor menjadi dasar dalam menentukan apakah larutan nutrisi perlu ditambahkan agar tetap berada pada rentang kebutuhan tanaman selada selama masa pertumbuhan.

Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik bekerja dengan memanfaatkan gelombang suara berfrekuensi tinggi untuk mengukur jarak antara sensor dengan permukaan objek. Sensor memancarkan gelombang ultrasonik, kemudian menerima kembali gelombang pantul yang digunakan untuk menghitung jarak berdasarkan waktu tempuh sinyal.

Pada penelitian ini, sensor ultrasonik dimanfaatkan untuk mengukur ketinggian larutan nutrisi di dalam reservoir. Informasi tersebut digunakan untuk memantau perubahan volume larutan serta memberikan informasi apabila ketinggian air berada di bawah batas yang telah ditentukan sehingga sistem dapat segera dilakukan pengisian ulang.

Aplikasi Blynk

Blynk merupakan platform Internet of Things yang menyediakan antarmuka berbasis aplikasi seluler untuk melakukan monitoring dan pengendalian perangkat secara real-time. Platform ini memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi sistem dari jarak jauh melalui koneksi internet.

Pada penelitian ini, aplikasi Blynk digunakan untuk menampilkan nilai TDS, ketinggian larutan nutrisi, serta status aktuator yang bekerja pada sistem hidroponik. Dengan adanya integrasi antara NodeMCU ESP8266 dan Blynk, proses pemantauan dapat dilakukan secara lebih mudah, cepat, dan efisien sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi sistem kapan pun dan di mana pun.

Tanaman Selada

Selada (Lactuca sativa L.) merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan menggunakan sistem hidroponik karena memiliki siklus panen yang relatif singkat, kebutuhan nutrisi yang mudah dikontrol, serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Tanaman ini tumbuh optimal pada lingkungan dengan ketersediaan air dan nutrisi yang stabil, sehingga sangat sesuai diterapkan pada metode hidroponik Deep Flow Technique (DFT).

Pertumbuhan selada dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kualitas larutan nutrisi, intensitas cahaya, suhu, serta ketersediaan oksigen pada daerah perakaran. Oleh karena itu, pemantauan konsentrasi nutrisi dan volume larutan secara berkala menjadi faktor penting untuk menjaga pertumbuhan tanaman tetap optimal. Pada penelitian ini, tanaman selada digunakan sebagai objek utama untuk menguji kinerja sistem monitoring dan pengendalian hidroponik berbasis Internet of Things (IoT).

Relay 2 Channel

Relay 2 channel merupakan modul sakelar elektronik yang bekerja berdasarkan sinyal dari mikrokontroler untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik pada dua beban secara terpisah. Setiap channel dapat dikendalikan secara independen sehingga memungkinkan pengoperasian lebih dari satu perangkat menggunakan satu modul relay.

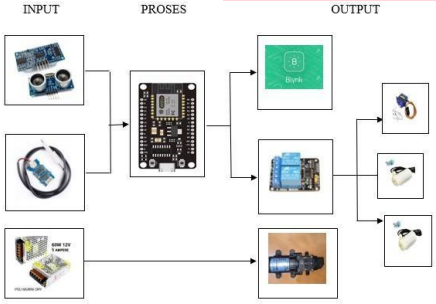
Pada penelitian ini, relay 2 channel digunakan sebagai aktuator yang dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266. Relay berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa sesuai dengan kondisi yang diperoleh dari sensor dan logika pengendalian yang telah diprogram. Penggunaan relay memungkinkan sistem melakukan proses pengendalian secara otomatis sehingga pengoperasian pompa menjadi lebih efisien dan tidak memerlukan intervensi pengguna secara langsung.

III. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang, mengimplementasikan, serta menguji kinerja sistem hidroponik selada berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Deep Flow Technique (DFT). Sistem dirancang untuk melakukan pemantauan kadar nutrisi dan ketinggian larutan secara real-time menggunakan sensor TDS dan sensor ultrasonik. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh NodeMCU ESP8266, kemudian dikirimkan ke aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Selain itu, NodeMCU mengendalikan relay yang mengaktifkan pompa nutrisi berdasarkan kondisi yang telah ditentukan sehingga proses pemantauan dan pengendalian dapat berlangsung secara otomatis.

Diagram Blok

Sistem yang dirancang terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, sensor TDS untuk mengukur konsentrasi nutrisi, sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian larutan nutrisi, relay 2 channel sebagai pengendali pompa, motor servo sebagai aktuator pembuka saluran nutrisi, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring. Seluruh komponen saling terintegrasi melalui jaringan internet sehingga data hasil pengukuran dapat dipantau secara real-time.

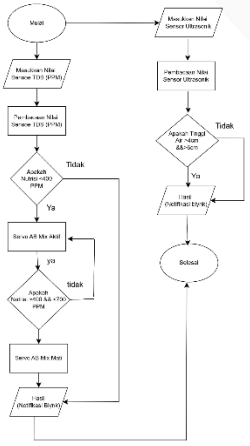


Gambar 1 Diagram Blok

Diagram alur sistem

Alur kerja sistem diawali dengan proses inisialisasi NodeMCU ESP8266 dan seluruh sensor yang digunakan. Sensor TDS membaca nilai konsentrasi nutrisi, sedangkan sensor ultrasonik mengukur ketinggian larutan pada reservoir. Data hasil pembacaan kemudian diproses oleh NodeMCU untuk menentukan kondisi sistem berdasarkan batas nilai yang telah ditetapkan.

Apabila kadar nutrisi berada di bawah nilai yang ditentukan, NodeMCU mengaktifkan relay dan motor servo untuk menambahkan larutan nutrisi hingga mencapai nilai yang diinginkan. Seluruh data pengukuran dan status aktuator dikirimkan ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara real-time.



Gambar 2 Diagram alur sistem

Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan NodeMCU ESP8266, sensor TDS, sensor ultrasonik, relay 2 channel, motor servo, pompa air, serta instalasi hidroponik metode DFT. Sensor TDS dipasang pada reservoir nutrisi untuk mengukur konsentrasi larutan, sedangkan sensor ultrasonik ditempatkan pada bagian atas reservoir untuk mendeteksi tinggi permukaan air. Relay digunakan sebagai pengendali pompa, sedangkan motor servo berfungsi mengatur mekanisme penambahan nutrisi sesuai dengan logika yang telah deprogram



Gambar 3 Implementasi Perangkat Keras

Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam melakukan monitoring dan pengendalian secara otomatis. Parameter yang diuji meliputi akurasi sensor TDS, akurasi sensor ultrasonik, waktu respons pengiriman data menuju aplikasi Blynk, serta keberhasilan relay dalam mengendalikan pompa nutrisi. Hasil pengukuran sensor dibandingkan dengan alat ukur referensi untuk memperoleh nilai persentase kesalahan (error) dan akurasi. Selain itu, dilakukan pengujian komunikasi data guna memastikan informasi yang ditampilkan pada aplikasi Blynk sesuai dengan kondisi aktual sistem.

Metode Analisis Data

Metode analisis data digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem hidroponik selada berbasis Internet of Things (IoT). Analisis dilakukan terhadap hasil pengujian sensor TDS, sensor ultrasonik, serta kualitas komunikasi data (Quality of Service atau QoS). Parameter yang dianalisis meliputi persentase error, akurasi sensor, throughput, packet loss, delay, dan jitter. Nilai-nilai tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor dan kualitas komunikasi data antara NodeMCU ESP8266 dengan aplikasi Blynk

a. Persentase Error

Persentase error digunakan untuk mengetahui selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur referensi. Nilai error dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Error}(\%) = \frac{|\boldsymbol{Measured\ Value - True\ Value}|}{|\boldsymbol{True\ Value}|} \times \mathbf{100} \qquad (1)$$

b. Akurasi Sensor

Nilai akurasi menunjukkan tingkat kedekatan hasil pengukuran sensor terhadap nilai referensi. Akurasi dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Akurasi}\ (\%) = 100\% - \textit{Error}\ \text{Relatif}\ (\%) \qquad (2)$$

Semakin tinggi nilai akurasi, maka semakin baik

kinerja sensor dalam melakukan pengukuran.

c. Throughput

Throughput merupakan jumlah data yang berhasil diterima dalam satuan waktu selama proses komunikasi berlangsung. Nilai throughput dihitung menggunakan

$$Throughput = \frac{Paket\ Data\ Diterima}{Lama\ Pengamatan} \quad (3)$$

Persamaan (3).

d. Packet loss

$$Packet\ Loss = \frac{(Paket\ Data\ Dikirim - Paket\ Data\ Diterima)}{Paket\ Data\ yang\ Dikirim} \quad (4)$$

Packet loss merupakan persentase paket data yang hilang selama proses transmisi. Nilai packet loss dihitung menggunakan Persamaan (4).
Semakin kecil nilai packet loss, maka semakin baik kualitas komunikasi data.

e. Delay

$$Delay = \frac{Total\ Delay}{Jumlah\ Data\ yang\ Diterima} \quad (5)$$

Delay merupakan waktu tunda yang dibutuhkan paket data sejak dikirim hingga diterima oleh perangkat tujuan. Nilai rata-rata delay dihitung menggunakan Persamaan (5).

f. Jitter

Jitter merupakan variasi waktu kedatangan paket data selama proses transmisi. Nilai jitter dihitung menggunakan Persamaan (6).

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Jitter}{Total\ Packet\ yang\ Diterima} \quad (6)$$

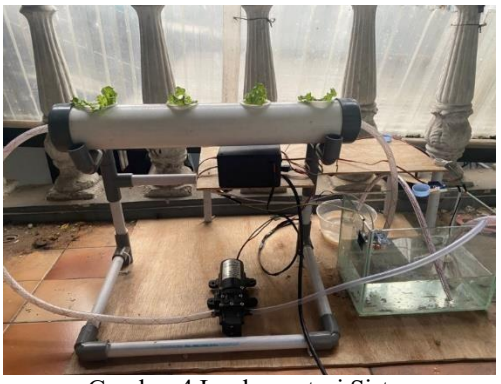
Nilai jitter yang semakin kecil menunjukkan komunikasi data yang semakin stabi

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil implementasi sistem hidroponik selada berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode Deep Flow Technique (DFT). Evaluasi dilakukan melalui pengujian akurasi sensor ultrasonik, sensor Total Dissolved Solids (TDS), kualitas layanan jaringan (Quality of Service/QoS), serta pengamatan kondisi tanaman selama masa budidaya. Hasil pengujian digunakan untuk mengetahui kinerja sistem dalam melakukan monitoring dan pengendalian nutrisi secara real-time.

Implementasi Sistem

Sistem hidroponik yang telah dikembangkan berhasil mengintegrasikan NodeMCU ESP8266, sensor TDS, sensor ultrasonik, relay 2 channel, motor servo, pompa air, dan aplikasi Blynk dalam satu sistem monitoring dan pengendalian. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan secara real-time ke aplikasi Blynk sehingga pengguna dapat memantau nilai TDS, ketinggian larutan nutrisi, serta status aktuator dari jarak jauh. Implementasi ini menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat bekerja sesuai dengan rancangan sistem yang telah dibuat.



Gambar 4 Implementasi Sistem

Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian sensor ultrasonik dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap pengukuran menggunakan mistar sebagai alat referensi. Sebanyak 20 kali pengujian dilakukan pada variasi ketinggian permukaan air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sebagian besar data memiliki selisih pengukuran sebesar 0 cm, sedangkan beberapa pengujian memiliki selisih sebesar 1 cm.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh rata-rata error sebesar 2,17% dengan tingkat akurasi 97,83%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat ketelitian yang tinggi sehingga layak digunakan untuk memantau ketinggian larutan nutrisi pada sistem hidroponik berbasis IoT.



Gambar 5 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

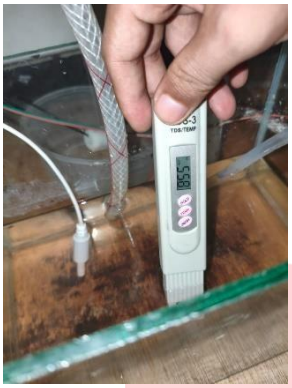
No.	ULtralsonik (cm)	Mistalr (cm)	Selisih	Error (%)	ALkulralsi (%)
1	7	7	0	0,00	100,00
2	11	11	0	0,00	100,00
3	16	15	1	6,67	93,33
4	17	17	0	0,00	100,00
5	4	4	0	0,00	100,00
6	26	25	1	4,00	96,00
7	13	13	0	0,00	100,00
8	18	18	0	0,00	100,00
9	22	22	0	0,00	100,00
10	8	7	1	14,29	85,71
11	9	9	0	0,00	100,00
12	15	16	1	6,25	93,75
13	15	14	1	7,14	92,86
14	20	20	0	0,00	100,00
15	6	6	0	0,00	100,00
16	4	4	0	0,00	100,00
17	11	11	0	0,00	100,00
18	21	20	1	5,00	95,00
19	23	23	0	0,00	100,00
20	18	18	0	0,00	100,00
Nilai Rata-rata				2,17	97,83

Pada table 1 untuk mencari nilai error menggunakan persamaan 1, untuk mencari nilai akurasi menggunakan persamaan 2.

Hasil Pengujian Sensor TDS

Pengujian sensor TDS dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur TDS Meter pada 20 sampel larutan nutrisi. Pengujian dilakukan dengan menambahkan larutan AB Mix untuk meningkatkan nilai ppm serta menambahkan air bersih untuk menurunkan konsentrasi nutrisi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor TDS memperoleh rata-rata error sebesar 7,52% dengan tingkat akurasi 92,48%. Perbedaan pembacaan antara sensor dan alat referensi masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga sensor dinilai mampu melakukan monitoring konsentrasi nutrisi secara baik pada sistem hidroponik yang dikembangkan.



Gambar 6 Hasil Pengujian Sensor TDS

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor TDS

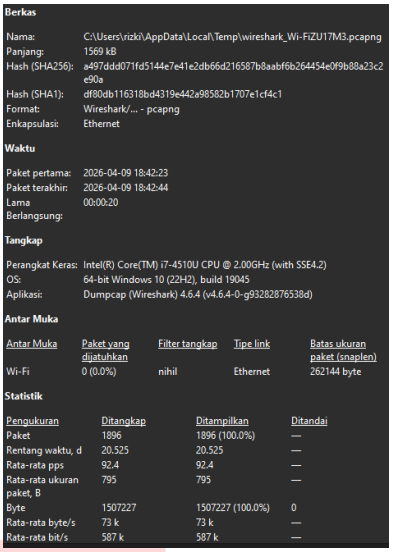
No.	TDS (ppm)	TDS Meter (ppm)	Selisih	Error (%)	ALkulralsi (%)
1	967	1000	33	3.30	96.70
2	560	605	45	7.44	92.56
3	725	780	55	7.05	92.95
4	580	630	50	7.94	92.06
5	750	810	60	7.41	92.59
6	860	915	55	6.01	93.99
7	672	710	38	5.35	94.65
8	860	920	60	6.52	93.48
9	1010	1,115	115	10.31	89.69
10	1003	1,085	85	7.83	92.17
11	967	1,015	48	4.73	95.27
12	765	835	70	8.38	91.62
13	1013	1,120	120	10.71	89.29
14	1014	1,130	130	11.50	88.50
15	540	605	65	10.74	89.26
16	580	665	85	12.78	87.22
17	735	810	75	9.26	90.74
18	970	1,010	40	3.96	96.04
19	925	965	40	4.15	95.85
20	870	915	45	4.92	95.08
Nilali Raltal-raltal				7.52	92.48

Pada table 2 untuk mencari nilai error menggunakan persamaan 1, untuk mencari nilai akurasi menggunakan persamaan 2.

Hasil Pengujian Quality of Service (QoS)

Pengujian QoS dilakukan menggunakan perangkat lunak Wireshark untuk mengetahui kualitas komunikasi data antara NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk. Parameter yang dianalisis meliputi throughput, packet loss, delay, dan jitter.

Hasil pengujian menunjukkan nilai throughput sebesar 587 kbps, packet loss sebesar 0%, rata-rata delay sebesar 10,8 ms, dan jitter sebesar 8,9 ms. Berdasarkan standar TIPHON, nilai tersebut termasuk dalam kategori baik hingga sangat baik sehingga komunikasi data pada sistem mampu berlangsung secara stabil dan mendukung proses monitoring secara real-time.



Berkas

Nama: C:\Users\rizki\AppData\Local\Temp\wireshark_Wi-FiZU17M3.pcapng
Panjang: 1569 kB
Hash (SHA256): a497ddd071fd5144e7e41e2db66d216587b8aabf6b264454e0f9b88a23c2e90a
Hash (SHA1): df80db116318bd4319e442a98582b1707e1cf4c1
Format: Wireshark/... - pcapng
Enkapsulasi: Ethernet

Waktu

Paket pertama: 2026-04-09 18:42:23
Paket terakhir: 2026-04-09 18:42:44
Lama Berlangsung: 00:00:20

Tangkap

Perangkat Keras: Intel(R) Core(TM) i7-4510U CPU @ 2.00GHz (with SSE4.2)
OS: 64-bit Windows 10 (22H2), build 19045
Aplikasi: Dumpcap (Wireshark) 4.6.4 (v4.6.4-0-g93282876538d)

Antar Muka

Antar Muka	Paket yang dijatuhkan	Filter tangkap	Tipe link	Batas ukuran paket (snaplen)
Wi-Fi	0 (0.0%)	nihil	Ethernet	262144 byte

Statistik

Pengukuran	Ditangkap	Ditampilkan	Ditandai
Paket	1896	1896 (100.0%)	—
Rentang waktu, d	20.525	20.525	—
Rata-rata pps	92.4	92.4	—
Rata-rata ukuran paket, B	795	795	—
Byte	1507227	1507227 (100.0%)	0
Rata-rata byte/s	73 k	73 k	—
Rata-rata bit/s	587 k	587 k	—

Gambar 7 Hasil Pengujian Quality of Service (QoS)

Pengujian Throughput

Pengujian throughput bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mentransmisikan data selama proses monitoring berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian, nilai throughput yang diperoleh sebesar 587 kbps. Nilai tersebut menunjukkan bahwa komunikasi data antara NodeMCU ESP8266 dan aplikasi Blynk mampu berlangsung dengan baik sehingga proses pengiriman data sensor dapat dilakukan secara kontinu.

Pengujian Packet Loss

Pengujian packet loss dilakukan untuk mengetahui jumlah paket data yang hilang selama proses transmisi. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai packet loss sebesar 0%, yang menunjukkan bahwa seluruh paket data berhasil diterima tanpa kehilangan selama komunikasi berlangsung. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem memiliki keandalan komunikasi yang sangat baik.

Pengujian Delay

Pengujian delay dilakukan untuk mengetahui waktu tunda pengiriman paket data dari NodeMCU ESP8266 menuju aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh rata-rata delay sebesar 10,8 ms yang termasuk kategori sangat baik menurut standar TIPHON.

Tabel 3 Pengujian Delay

NO	*Time* 1(ms)	*Time* 2(ms)	*Delay* (ms)
1	0	0,0000167	0,0000167
2	0,0000167	0,7515003	0,7514836
3	0,7515003	1011,3644	1010,6129
4	1011,3644	2342,2917	1330,9273
5	2342,2917	2476,0973	133,8056
. . .	. . .	. . .	. . .
1891	20524,79	20524,79	0
1892	20524,79	20524,79	0
1893	20524,79	20524,79	0
1894	20524,79	20524,79	0
1895	20524,79	20525,0608	0,2708
	Totaıl *Delaıy*		20525,0608
	Raıtaı-raıtaı Penguıkuıraın Delaıy		10,83116665

Pada table 3 untuk mencari nilai *delay* mengguanakan

persamaan 5.

Pengujian Jitter

Pengujian jitter dilakukan untuk mengetahui variasi waktu kedatangan paket data selama proses komunikasi berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh rata-rata jitter sebesar 8,9 ms (sesuaikan dengan data penelitian Anda), sehingga komunikasi data berlangsung dengan stabil.

Tabel 3 Pengujian Jitter

No	*Delay* 1 (ms)	*Delay* 2 (ms)	*Jitter* (ms)
1	0,7514669	0,7514836	0,00001669
2	1009,861416	1010,6129	0,75148360
3	320,3144	1330,9273	1010,6129
4	1197,1217	133,8056	1063,3161
5	82,1624	51,6432	30,5192
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
1891	1,7509	0	1,7509
1893	0	0	0
1892	0	0	0
1893	0	0	0
1894	0,2708	0,256	0
	Total *Jitter*		16949,4678
	Rata-rata Pengukuran *Jitter*		8,94903262

Pada table 3 untuk mencari nilai jitter menggunakan persamaan 6.

Hasil Pengamatan Pertumbuhan Tanaman Selada

Pengamatan pertumbuhan tanaman selada dilakukan selama 27 hari untuk mengevaluasi kinerja sistem hidroponik metode Deep Flow Technique (DFT) berbasis Internet of Things (IoT). Parameter yang diamati meliputi perkembangan morfologi tanaman, konsentrasi nutrisi, dan kondisi larutan nutrisi selama masa budidaya.

a. Minggu Pertama (Hari ke-1 s.d. Hari ke-7)

Pada minggu pertama setelah pindah tanam, tanaman selada mulai beradaptasi dengan lingkungan hidroponik DFT. Pertumbuhan ditandai dengan munculnya daun baru serta perkembangan sistem perakaran. Konsentrasi nutrisi dipertahankan pada kisaran 500 ppm agar sesuai dengan kebutuhan tanaman pada fase awal pertumbuhan. Selama periode ini, sistem monitoring mampu menampilkan nilai TDS dan ketinggian larutan nutrisi secara real-time melalui aplikasi Blynk.



Gambar 7 Minggu Pertama (Hari ke-1 s.d. Hari ke-7)

b. Minggu Kedua (Hari ke-8 s.d. Hari ke-14)

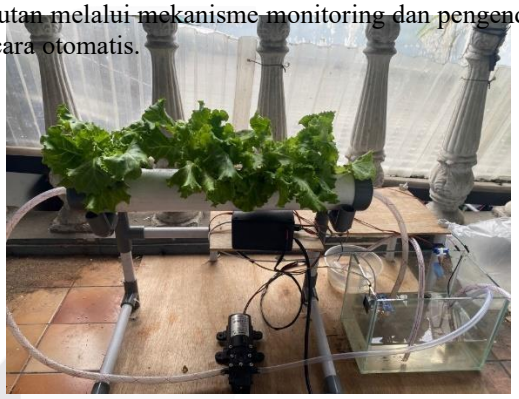
Memasuki minggu kedua, tanaman menunjukkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan minggu pertama. Jumlah daun meningkat dan ukuran daun mulai melebar. Pada fase ini, konsentrasi nutrisi ditingkatkan menjadi sekitar 700 ppm untuk memenuhi kebutuhan unsur hara selama fase vegetatif. Hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem mampu menjaga nilai TDS tetap berada pada kisaran yang telah ditentukan.



Gambar 8 Minggu Kedua (Hari ke-8 s.d. Hari ke-14)

c. Minggu Ketiga hingga Panen (Hari ke-15 s.d. Hari ke-27)

Pada minggu ketiga hingga masa panen, tanaman selada mengalami pertumbuhan optimal yang ditandai dengan daun yang lebih lebar, warna hijau yang lebih pekat, dan tinggi tanaman yang semakin meningkat. Konsentrasi nutrisi dipertahankan pada kisaran 840 ppm sehingga kebutuhan unsur hara tanaman tetap terpenuhi. Selain itu, sensor ultrasonik menunjukkan adanya penurunan volume larutan nutrisi akibat penyerapan oleh tanaman, namun sistem mampu mempertahankan kondisi larutan melalui mekanisme monitoring dan pengendalian secara otomatis.



Gambar 9 Minggu Ketiga hingga Panen (Hari ke-15 s.d. Hari ke-27)

d. Hasil Monitoring Pertumbuhan Selada

Berdasarkan hasil pengamatan, sistem hidroponik berbasis IoT mampu menjaga konsentrasi nutrisi dan ketinggian larutan sesuai dengan kebutuhan tanaman pada setiap fase pertumbuhan. Hal tersebut ditunjukkan oleh perkembangan tanaman yang berlangsung secara bertahap dari minggu pertama hingga masa panen. Integrasi sensor TDS, sensor ultrasonik, NodeMCU ESP8266, serta aplikasi Blynk memungkinkan proses monitoring dilakukan secara *real-time*, sehingga kondisi sistem dapat dipantau dengan mudah dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Tabel 5 Hasil Monitoring Pertumbuhan Selada

Hari ke	Sensor TDS (ppm)		TDS Meter (ppm)		Sensor Ultrasonik (cm)	
-	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore

3	574	574	580	580	8	v8ol.
6	568	567	575	568	8	[84]A
9	784	783	785	785	7	s7aitiv
12	763	763	801	799	7	P7erb
15	865	864	860	852	6	4Lgr
18	850	849	857	850	6	160.2
21	844	844	851	848	6	[65]R
24	859	859	857	856	6	ULta
27	852	852	855	852	6	Hyd

Berdasarkan Tabel 5, konsentrasi nutrisi yang diberikan selama penelitian telah disesuaikan dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman selada pada setiap fase. Nilai TDS meningkat dari sekitar 570 ppm pada awal pengamatan hingga 850–865 ppm menjelang panen, sesuai dengan peningkatan kebutuhan nutrisi tanaman. Selain itu, hasil pengukuran sensor ultrasonik menunjukkan penurunan ketinggian larutan dari 8 cm menjadi 6 cm akibat penyerapan nutrisi oleh tanaman. Ketika nilai TDS melebihi batas yang ditentukan, sistem menambahkan air untuk menurunkan konsentrasi nutrisi. Sebaliknya, apabila ketinggian larutan mencapai 8 cm, pompa akan aktif secara otomatis untuk mengeluarkan sebagian larutan sehingga ketinggian air tetap berada pada batas yang telah ditetapkan.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem hidroponik selada berbasis *Deep Flow Technique* menggunakan metode *Internet of Things* yang mampu melakukan monitoring konsentrasi nutrisi dan ketinggian larutan secara real-time melalui aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil pengujian, sensor ultrasonik memperoleh tingkat akurasi sebesar 97,83% dengan error 2,17%, sedangkan sensor TDS memperoleh tingkat akurasi sebesar 92,48% dengan error 7,52%, sehingga kedua sensor dinilai layak digunakan pada sistem yang dikembangkan. Pengujian *Quality of Service* menghasilkan nilai *throughput* sebesar 587 kbps, *packet loss* 0%, *delay* rata-rata 10,8 ms, dan *jitter* rata-rata 8,9 ms, yang menunjukkan kualitas komunikasi data berada pada kategori baik hingga sangat baik berdasarkan standar TIPHON. Selain itu, sistem mampu menjaga konsentrasi nutrisi sesuai kebutuhan setiap fase pertumbuhan tanaman selada serta melakukan pengendalian larutan secara otomatis, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman hingga masa panen secara optimal.

REFERENSI

[1] M. A. Atori, "Sistem Monitoring Dan Kontro Sirkuasi Air Tanaman Hidroponik Seada Berbasis Internet of Things Pada Sistem Deep Fow Technique," Universitas Hasanuddin, vo. 6, no. 9, pp. 60–63, 2022.

[2] S. Pemanfaatan et a., "Strategi Pemanfaatan Media Air (Hidroponik) Pada Budidaya Tanaman Kangkung, Pakcoy, Dan Sawi Sebagai Aternatif Urban Farming," Journa on Education, vo. 06, no. 01, pp. 5835–5848, 2023.

[3] D. R. Wati and W. Shoihah, "PengonWati, D. R., & Shoihah, W. (2021). Pengontro pH dan Nutrisi Tanaman Seada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino. Mutinetics, 7(1), 12–20. https://doi.org/10.32722/mutinetics.v7i1.3504tro pH dan Nutrisi Tanaman Seada pada Hidroponik Sist," Mutinetics, 7, no. 1, pp. 12–20, 2021.

[4] Romaasari and E. Sobari, "Produksi Seada (actuca a .) Menggunakan Sistem Hidroponik Dengan edaan Sumber Nutrisi," Agriprima : Journa of Appied icutura Sciences, vo. 3, no. 1, pp. 36–41, 2019, doi: 5047/agriprima.v3i1.158.

[5] Indrawati, D. Indradewa, and S. Nuryani Hidayah mi, "The Infuenceof Media Compositions and roponic Nutrient Concentrations on Growth and Yied ofTomato (ycopersicon escuentum Mi.)," Vegetaika, vo. 1, no. 3, pp. 109–119, 2012.

[6] R. Nandika and E. Amrina, "Sistem Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT)," Sigma Teknika, vo. 4, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i1.3253.

[7] R. B. Arni Putri, T. D. Suistyo, and C. Anwar, "Penggunaan imbah Bagog Tiram dan Jenis Nutrisi Terhadap Pakcoy Pada Hidroponik Substrat," Agrosains: Jurna Peneitian Agronomi, vo. 19, no. 1, p. 28, 2017, doi: 10.20961/agsjpa.v19i1.20928.

[8] M. H. .Jensen, "Hydroponics Wordwide," 1999.

[9] Beben ArianandaTri NopsagiartiMashadi, "Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi arutan Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Seada (actuca sativa .) Hidroponik Sistem Foating," vo. 9, no. 2, pp. 345–353, 2020.

[10] Nasution, "Perbandingan Sistem Hidroponik DFT dan NFT," https://ayanasution.home.bog.[Onine].Avaiabe:https://ay anasution.home.bog

[11] S. M. Eys Kumaa Pramartaningthyas M Ihsanu Fuad, "Anaisis Performa Sistem Kendai PH DAN TDS Terarut Berbasis IoT," Jurna Resistor, vo. 5, no. 1, pp. 1–9, 2022.

[12] S. M. Eys Kumaa Pramartaningthyas M Ihsanu Fuad, "Rancang Bangun Sistem Kontro Tota Dissoved Soid pada Sistem Hidroponik Deep Fow Technique Berbasis IoT Untuk Budidaya Sayuran Kangkung," Mutitek Indonesia: Jurna Imiah, vo. 17, no. 1, pp. 60–68, 2023.

[13] S. Wibowo, "Apikasi Sistem Aquaponik Dengan Hidroponik Dft Pada Budidaya Tanaman Seada (actuca Sativa .)," Jurna Peneitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNSIQ, vo. 8, no. 2, pp. 125–133, 2021, doi: 10.32699/ppkm.v8i2.1490.

[14] S. Pramono, A. Nuruddin, and M. H. Ibrahim, "Design of a hydroponic monitoring system with deep fow technique (DFT)," AIP Conference Proceedings, vo. 2217, no. Apri, 2020, doi: 10.1063/5.0000733.

[15] R. E. Putri, A. Khainur, and A. Andasuryani, "Pengembangan Sistem Otomatisasi pH arutan Nutrisi pada Hidroponik Sistem DFT (Deep Fow Technique) Berbasis IOT," agriTECH, vo. 43, no. 3, p. 259, 2023, doi: 10.22146/agritech.71305.

[16] N. Arianty, "Pemanfaatan pekarangan daam usaha budidaya sayuran secara hidroponik," vo. 1, no. 1, pp. 182–186, 2019.

[17] A. Yachya et a., "Teknik Budidaya Sayuran Secara Hidroponik Sistem Dft Pada Siswa Sma Isam Peraungan Sidoarjo," Pancasona, vo. 2, no. 2, pp. 453–458, 2023, doi: 10.36456/pancasona.v2i2.7474.

[18]M. Lindo, S. Ali, F. Recky, I. Pengetahuan, and UL. S. Raltullalngi, "Respons Pertumbuhan Tanaman Selada Hijau (Lactucal saltival valr .Calipiral) dan Selada Merah (Lalctulcal saltival valr . Crispal) Terhadap Tingkat Nalulngaln Berbedal Dengaln Sistem Hidroponik," vol. 15, no. 1, pp. 1–5, 2026.

[19] Johar inda, Muhammad Nur Syam Qamaria, Andi Firda Hafid, Haswiana Binti Samsuddin, and Abdu Rahim, "Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan ahan Kosong di Kantor urah Sao, Watang Sawitto, Pinrang," Jurna epa-epa Open, vo. 1, no. 3, pp. 503–510, 2021.

[20] K. Kristianto, R. V. ambert, and A. S. Girsang, "Automated IoT Device to Manipuate Environmenta Condition of Back Sodier Fy," Internationa Journa of Emerging Technoogy and Advanced Engineering, vo. 12, no. 3, pp. 33–40, 2022, doi: 10.46338/ijetae0322_05.

[21] A. Herina, M. I. Syahbana, M. A. Gunawan, and M. M. Rizqi, "Sistem Kendai ampu Berbasis Iot Menggunakan Apikasi Bynk 2.0 Dengan Modu Nodemcu Esp8266," INSANtek, vo. 3, no. 2, pp. 61–66, 2022, doi: 10.31294/instk.v3i2.1532.

[22] Arasada B, Suprianto B, "Apikasi Sensor Utrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno," Jurna Teknik Eektro, vo. 6, no. 2, p. 2, 2017.

[23] I. Hudati, D. Y. Kusuma, N. B. Permatasari, and R. R. Pebriani,

"Sensor Utrasonik Waterproof A02YYUW Berbasis Arduino Uno pada Sistem Pengukuran Jarak," Jurna istrik, Instrumentasi dan Eektronika Terapan (JuIET), vo. 2, no. 2, pp. 14–19, 2021, doi: 10.22146/juiet.v2i2.71146.
[24] M. R. ubis, S. Saahuddin, A. Asran, and A. Kadir, "Perancangan Aat Navigasi Untuk Penderita Tuna Netra Dengan Sensor Utrasonic Menggunakan Patform Arduino," Jurna Energi Eektrik, vo. 9, no. 2, p. 12, 2021, doi: 10.29103/jee.v9i2.3912.
[25] A. Z. Abduameer, Z. Buntat, R. N. Arshad, and Z. Nawaw, "Eectroysis through magnetic fied for future renewabe energy," Internationa Journa of Recent Technoogy and Engineering, vo. 8, no. 2 Specia Issue, pp. 489–492, 2019.
[26] F. E. Damayanti, "TDS Meter: Pengenaan dan Pentingnyadaam Pengujian Kuaitas Air," 2023, HANNA instruments.
[27] N. AfriyanI Usman, "Pengaruh Konsentrasi Nutrisi Terhadap Pertumbuhan dan Hasi Seada (actuca sativa .) pada Sistem Hidroponik Deep Water Cuture (DWC)," Accident Anaysis and Prevention, vo. 183, no. 2, pp. 153–164, 2023.
[28] P. U. Rakhmawati, Rizdania, and Sumantri, "Anaisis Komunikasi Patform Internet of Things Apikasi Bynk," Teknoka, vo. 9, no. 9, p. C41, 2024.
[29] M. Artiyasa, A. Nita Rostini, Edwinanto, and Anggy Pradifta Junfithrana, "Apikasi Smart Home Node Mcu Iot Untuk Bynk," Jurna Rekayasa Teknoogi Nusa Putra, vo. 7, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i1.59.
[30] P. A. Nugroho, "Sistem Pengaman Sepeda Motor Menggunakan E-Ktp Berbasis Arduino Uno," Jeis: Jurna Elektro Dan Informatika Swadharma, vo. 2, no. 2, pp. 9–16, 2022, doi: 10.56486/jeis.vo2no2.178.
28, 2017, doi: 10.20961/aıgsjpaı.v19i1.20928.