

Sistem Kontrol Kesuburan Tanaman Hidroponik Otomatis Menggunakan *Artificial Neural Network*

Reza Octaviany

Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya
93reza@gmail.com

Abstract

The COVID-19 pandemic increased the popularity of hydroponic gardening, but it remains challenging for beginners due to the need for precise control of plant conditions. This study develops an automatic hydroponic plant fertility control system using Artificial Neural Network (ANN) to monitor and optimize the growth of lettuce, pakcoy, and spinach. Utilizing sensors, Arduino UNO, Azure Cloud, and Python, the system automates monitoring and notification through Telegram. Testing shows a productivity increase of 13.91% in leaves and 15.28% in stems using the optimized ANN algorithm. Additionally, the System Usability Scale (SUS) evaluation indicates user satisfaction with the system.

Keywords : Hydroponics; Plant Fertility Control; Artificial Neural Network; Internet of Things; Arduino UNO.

Abstrak

Pandemi COVID-19 meningkatkan popularitas berkebun hidroponik, namun hal ini tetap menjadi tantangan bagi pemula karena memerlukan pengendalian kondisi tanaman yang presisi. Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol kesuburan tanaman hidroponik otomatis menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk memantau dan mengoptimalkan pertumbuhan selada, pakcoy, dan bayam. Dengan memanfaatkan sensor, Arduino UNO, Azure Cloud, dan Python, sistem ini mengotomatisasi pemantauan dan pemberitahuan melalui Telegram. Pengujian menunjukkan peningkatan produktivitas sebesar 13,91% pada daun dan 15,28% pada batang dengan ANN yang dioptimalkan. Selain itu, evaluasi *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan kepuasan pengguna terhadap sistem.

Keywords : Hidroponik; Kontrol Kesuburan Tanaman; *Artificial Neural Network*; *Internet of Things*; Arduino UNO.

1. PENDAHULUAN

Sayur dan buah kaya serat, vitamin, mineral, dan enzim yang penting untuk kesehatan, terutama dalam memperkuat imunitas (Widani, 2019). Selama pandemi COVID-19, kebutuhan konsumsi meningkat, namun akses sayuran segar terhambat, sehingga hidroponik menjadi solusi ramah lingkungan yang cocok untuk ruang terbatas dan memungkinkan kontrol nutrisi optimal (Zaelani & Rachmah, 2021). IoT dan AI mendukung pertanian pintar, mempermudah pengelolaan, mengoptimalkan sumber daya, dan memantau tanaman, sesuai kebutuhan populasi yang berkembang (Katiyar & Farhana, 2021).

Penelitian menunjukkan TDS dan pH air hidroponik dapat dimonitor dengan IoT (Rivana et al., 2023), serta pH dikendalikan dengan Arduino (Sulistyo, 2019). Nutrisi hidroponik juga dapat dikontrol menggunakan IoT dengan algoritma k-NN, menghasilkan akurasi 93% (Adidrana & Surantha, 2019). Penelitian ini mengadopsi algoritma ANN dan IoT untuk memantau pH, cahaya, intensitas, suhu, PPM, dan tinggi air, diharapkan berkontribusi pada AI, IoT, dan hidroponik.

2. KERANGKA TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

pH optimal (6.0–7.0) mendukung penyerapan hara, sementara pH rendah merusak akar dan pH tinggi menyebabkan kekurangan unsur mikro. Pengelolaan pH dengan kapur atau belerang meningkatkan hasil pertanian (Khaled & Sayed, 2023a). TDS meter IoT akurat mengukur nutrisi air, mencegah over/under-fertilizing, meningkatkan efisiensi dan kualitas panen (Firmansyah et al., 2022; Nandika & Amrina, 2021). Sensor YFs201 memantau aliran air nutrisi secara real-time untuk otomatisasi distribusi (Yusoff Yusmahaida et al., 2023a). Raspberry Pi mengontrol suhu (25°C–27°C) dan kelembaban (50%–70%) secara otomatis dengan sensor LDR dan DHT11, menciptakan kondisi ideal tanpa intervensi manual (Friadi & Junadhi, 2019a). Lampu LED dengan kontrol IoT mendukung fotosintesis dan pertumbuhan tanaman, didukung oleh 90% penelitian (2014–2022) (Sabila et al.,

2024). Sistem IoT berbasis ANN memiliki akurasi 95%, melampaui KNN, LSTM, RNN, dan SVM, menjadikannya unggul untuk kontrol berbasis AI (Thakur et al., 2023). Rangkuman lengkap tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinjauan Pustaka

Penulis	Tahun	Masalah	Metode	Hasil
Khaled & Sayed	2023	Pengaruh pH terhadap ketersediaan nutrisi tanaman.	Pengelolaan pH tanah menggunakan kapur atau belerang.	pH optimal 6,0–7,0 meningkatkan penyerapan nutrisi dan hasil pertanian.
Nandika & Amrina	2021	Kontrol nutrisi di sistem hidroponik berbasis IoT.	TDS meter untuk mengukur konsentrasi nutrisi air secara akurat.	Pengelolaan nutrisi yang presisi, mengurangi over/under-fertilizing, dan meningkatkan efisiensi serta hasil panen.
Firmansyah et al.	2022	Keberlanjutan dan produktivitas budidaya hidroponik.	Sistem IoT dengan TDS meter untuk pengukuran otomatis nutrisi.	Meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen secara berkelanjutan.
Yusoff Yusmahaida et al.	2023	Pengukuran aliran air dalam sistem hidroponik.	Sensor YFs201 diintegrasikan dengan IoT untuk memantau aliran air secara real-time.	Efisiensi distribusi nutrisi meningkat melalui kontrol otomatis.
Friadi & Junadhi	2019	Kontrol intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan di greenhouse hidroponik.	Raspberry Pi, sensor LDR dan DHT11 untuk pengontrolan otomatis.	Suhu terjaga di 25°C–27°C, kelembaban 50%–70%, memastikan kondisi ideal tanpa intervensi manual.
Sabila et al.	2024	Pengaruh spektrum dan intensitas cahaya LED pada pertumbuhan tanaman hidroponik.	Tinjauan literatur terhadap penelitian (2014–2022).	90% penelitian mendukung LED untuk pertumbuhan tanaman, dengan kontrol IoT meningkatkan efisiensi dan pertumbuhan ideal.
Thakur et al.	2023	Kontrol parameter lingkungan hidroponik berbasis kecerdasan buatan (AI).	Artificial Neural Networks (ANN) dengan model KNN, LSTM, RNN, dan SVM untuk pengambilan keputusan.	ANN memberikan akurasi 95%, menjadi model utama dalam pengembangan sistem kontrol hidroponik berbasis AI.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Hidroponik dan Parameter Kesehatan Hidroponik

Hidroponik, metode tanam dengan air tanpa lahan luas, cocok untuk perkotaan dan memungkinkan pertanian skala besar tanpa tanah (Fakultas Pertanian Universitas Tulungagung, 2022). Hidroponik populer karena bebas pestisida, dengan Faktor kunci meliputi nutrisi (berlebih menyebabkan prematur), pH (media asam tidak baik), intensitas air (airan terlalu deras atau lambat memicu lumut), cahaya, dan suhu yang memengaruhi media tanam (Friadi & Junadhi, 2019b; Khaled & Sayed, 2023b; Yusoff Yusmahaida et al., 2023b). Parameter optimal pada

Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Kesehatan Tanaman Hidroponik

No	Variabel kesehatan	Nilai	Sensor
1	Lama penyiraman	14–16 jam (matahari dan/atau <i>growing lights</i> LED)	Light Dependant Resistor (LDR)
2	Suhu	25°–27°C	DHT11
3	Intensitas Air	1–2 liter/menit	YF-S201
4	Total Dissolved Solid	Selada: 560–840; Pakcoy: 1050–1400; Bayam: 1260–1610	TDS Meter
5	Keasaman (pH)	5,5–7,5 (6,5)	pH meter + PH4502C

Di Indonesia, sinar matahari tidak mencukupi sehingga diperlukan tambahan pencahayaan LED putih (Edi Kresnha & Latifhah Agustina Wicahyani, 2019). Suhu ideal hidroponik adalah 25°–27°C; media tanam yang terlalu basah pada suhu tinggi dapat memicu lumut, merusak tanaman, menyerap nutrisi, dan menimbulkan bau (Rian, 2019). Aliran air terlalu deras membuat media basah, idealnya 1–2 liter/menit pada suhu normal, sedangkan air bernutrisi harus terlindung dari panas matahari berlebih (Suryani, 2015). Nutrisi hidroponik diukur menggunakan TDS, dengan kebutuhan selada 560–840 ppm, pakcoy 1050–1400 ppm, dan bayam 1260–1610 ppm (Nugroho et al., 2013; Tripama et al., n.d.). Keasaman media harus dijaga, dengan pH optimal 5,5–7,5 dan stabil di 6,5 untuk hasil terbaik (Suryani, 2015). Teknologi hidroponik pintar, seperti mikrokontroler untuk kontrol otomatis (S J P N Trust's, 2018) IoT untuk pemantauan jarak jauh (Goap et al., 2018), dan Android sebagai platform pengelolaan sistem (Cardle, 2016). Sensor YF-S201 mengukur aliran air melalui jumlah pulse (Ciptadi & Hardyanto, 2018), dan ANN memanfaatkan neuron dan hidden layer untuk klasifikasi data, mendukung pengambilan keputusan AI (Mehra et al., 2018).

3. METODOLOGI

3.1. Komponen

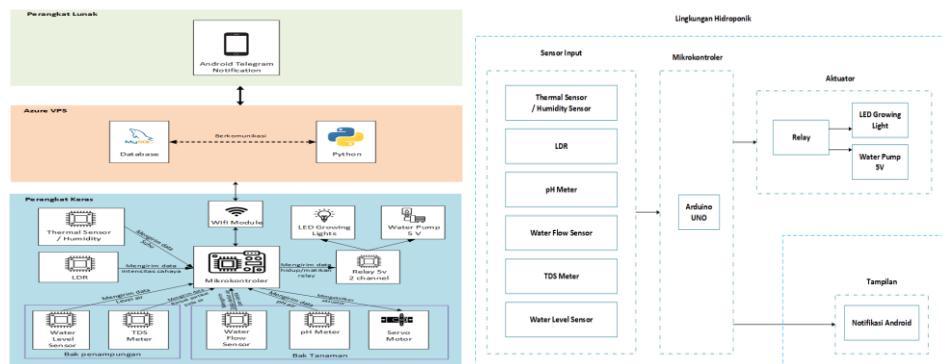
Komponen yang digunakan dalam pembuatan sistem dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen Alat

No	Nama perangkat	Tipe/jenis perangkat	Fungsionalitas
1	Mikrokontroler	Arduino UNO	Pusat kontrol sistem
2	TDS Meter	Probe Sensor TDS EC Meter	Mengukur <i>Total Dissolved Solid</i> air (PPM)
3	pH Meter	pH meter + PH4502C	Mengukur keasaman pada air
4	Sensor Cahaya	Light Dependent Resistor	Mengukur cahaya yang diterima
5	Thermal Sensor	DHT11	Mengukur Suhu dan kelembaban udara
6	Water flow sensor	YF-S201	Mengukur intensitas air
7	Sensor Ketinggian Air	Water Level Sensor	Mengukur tinggi air pada bak tanaman
8	Relay	Relay 5V 2 Channel	Saklar otomatis untuk lampu dan pompa
9	Wifi Module	ESP8266	Penghubung mikrokontroler dengan internet & sistem berbasis cloud
10	Lampu LED	<i>Growing light</i>	Aktuator untuk pencahayaan tanaman
11	Pompa USB	Pompa USB 5V	Aktuator kontrol nutrisi

3.2. Desain Perangkat Keras

Desain perangkat keras mencakup Schematic Diagram dan Blok Diagram. Schematic Diagram merepresentasikan elemen sistem dengan simbol dan grafik. Blok Diagram menunjukkan bagian utama sistem melalui blok-blok, seperti pada sistem smart farming hidroponik IoT. Kedua diagram dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Perangkat Keras

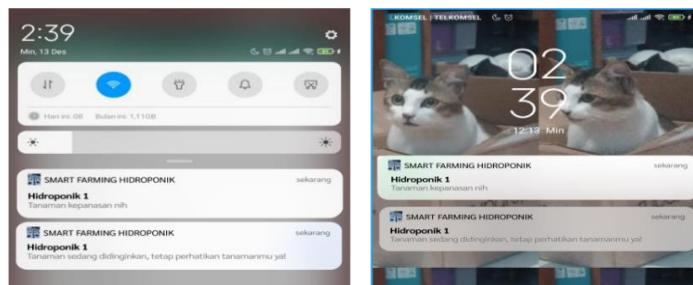
3.3. Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak digunakan untuk merancang sistem smart farming hidroponik sebelum pengembangan. Perangkat lunak yang dibutuhkan dibuat menggunakan berbagai tools, seperti yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Perangkat Lunak

No	Nama	Fungsi
1	Arduino IDE	Sebagai <i>editor</i> dan <i>compiler</i> untuk Arduino UNO.
2	Text Editor	<i>Editor</i> untuk kode program perangkat lunak selain Arduino (misalnya: python)
3	MySQL	Menyimpan data dari variabel yang dikirimkan oleh Arduino
4	Cloud	Menyimpan kode program secara online

Diagram skema merepresentasikan elemen-elemen sistem menggunakan simbol dan grafik. Dalam pengembangan sistem smart farming dan kontrol kesuburan tanaman hidroponik otomatis berbasis IoT, digunakan schematic diagram seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Notifikasi pada Ponsel Pengguna

Desain basis data digunakan untuk menggambarkan berapa banyak variabel yang akan dikirimkan ke database oleh sistem. Desain basis data yang digunakan pada sistem smart farming hidroponik, dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Desain Basis Data

3.4. Rancangan Pengujian

Penyemaian tanaman dilakukan selama 10 hari (Budi, 2020), Hal-hal yang harus dilakukan dalam penyemaian hidroponik adalah sebagai berikut:

- 1) Menyediakan 2 wadah (1 untuk tanaman pakcoy dan bayam, 1 lagi untuk tanaman selada)
- 2) Menaruh rockwool pada kedua wadah dengan jumlah pada wadah 1 18x4 dan pada wadah 2 18x2.
- 3) Memasukkan benih selada, bayam, dan pakcoy, dalam jumlah yang sama.
- 4) Menuangkan air dengan takaran yang sama pada kedua wadah dengan merata.
- 5) Menaruh kedua wadah di tempat yang terkena paparan sinar matahari.

3.4.1. Pengujian Fungsional Alat terhadap Tanaman

A. Masa Pertumbuhan

Setelah 10 hari penyemaian, tanaman dipindahkan ke pipa hidroponik dan memerlukan perhatian pada pemberian nutrisi, pencahayaan, dan suhu udara untuk pertumbuhan optimal dan menghindari lumut. Pertumbuhan dilakukan selama 20 hari untuk memenuhi pengujian. Hal-hal yang dilakukan dalam masa pertumbuhan hidroponik antara lain:

- 1) Menaruh kain flanel sebagai media penyerapan air dan nutrisi ke dalam gelas bekas atau netpot.
- 2) Memindahkan rockwool pada netpot atau gelas mineral bekas ke dalam pipa hidroponik yang telah disediakan
- 3) Mengisi pipa sistem hidroponik dengan air nutrisi dan menyesuaikan penempatan tanaman sesuai dengan kebutuhan PPM (Tripama & Yahya, 2018; WN, 2016) yang dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**
- 4) Mengamati perbedaan tanaman pada pipa yang digunakan alat dan tidak digunakan alat, dapat dilihat pada Tabel 5. Tabel Nutrisi Hidroponik
- 5) Tabel 5. Tabel Nutrisi Hidroponik

No	Nama Tanaman	PPM	Keterangan penempatan
1	Selada	560-840	Rak ketiga (karena membutuhkan nutrisi paling sedikit)
2	Pakcoy	1050-1400	Rak Kedua (karena membutuhkan nutrisi yang sedang)
3	Bayam	1260-1610	Rak Pertama (karena membutuhkan nutrisi paling Banyak)

- 6) Tabel 6.

Tabel 5. Tabel Nutrisi Hidroponik

No	Nama Tanaman	PPM	Keterangan penempatan
1	Selada	560-840	Rak ketiga (karena membutuhkan nutrisi paling sedikit)
2	Pakcoy	1050-1400	Rak Kedua (karena membutuhkan nutrisi yang sedang)
3	Bayam	1260-1610	Rak Pertama (karena membutuhkan nutrisi paling Banyak)

Tabel 6. Tabel Pengujian Masa Pertumbuhan

No	Bagian Tanaman	Aktifitas pembanding
1	Daun	<ul style="list-style-type: none"> - Warna daun (warna daun dicatat jika ada daun yang layu dan berwarna kuning) - Jumlah daun (kotiledon dihitung) - Bentuk daun (mengkerut atau subur melebar)
2	Batang	<ul style="list-style-type: none"> - Tinggi batang (diukur dalam cm) - Warna batang (warna batang juga dicatat apabila terjadi keanehan pada batang tanaman)
3	Media tanam (rockwool)	<ul style="list-style-type: none"> - Apakah media tanam basah atau kering?

No	Bagian Tanaman	Aktifitas pembanding
4	Parasit	<ul style="list-style-type: none"> - Apakah media tanam ditumbuhinya lumut? - Mencatat berapa tanaman yang ditumbuhinya lumut - Mencatat berapa tanaman yang ditinggali hewan -

B. Masa Panen

Pada masa panen, perbedaan hasil tanaman hidroponik akan terlihat jelas, menunjukkan pengaruh penggunaan alat kontrol. Skenario pengujian pada tanaman selada, pakcoy, dan bayam dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Tabel Pengujian Masa Panen

No	Bagian Tanaman	Aktifitas pembanding
1	Daun	Warna; Jumlah; dan Lebar daun (panjang dari batang)
2	Batang	Tinggi batang (cm); dan Warna batang
3	Akar	Panjang akar
4	Keseluruhan tanaman	Lebar (diameter dalam cm); Tinggi (cm); Berat (gram); dan Rasa (manis atau pahit)

3.4.2. Pengujian Pengaruh Efektifitas Alat bagi Pengguna

Pengujian alat smart farming hidroponik dilakukan untuk dua pengguna selama dua bulan (penyemaian hingga panen), menggunakan metode System Usability Scale (SUS) (Thomas, 2015), Tabel pengujian sistem dapat dilihat pada Tabel 8, dengan skor kenyamanan berdasarkan jawaban pada Tabel 9, yang diproyeksikan sesuai standar SUS (Alathas, 2018). Diharapkan nilai kenyamanan dan efektivitas alat berada pada Grade A atau B.

Tabel 8. Tabel Pengujian Efektifitas Alat

No	Kategori	Pertanyaan
1	daya tarik	Apakah anda merasa nyaman ketika mengakses sistem <i>smart farming</i> hidroponik tersebut?
2		Apakah tulisan pada sistem <i>smart farming</i> hidroponik dapat terbaca dengan jelas?
3	kejelasan	apakah tampilan pada sistem <i>smart farming</i> hidroponik dapat dimengerti dengan baik?
4		apakah semua notifikasi pada sistem <i>smart farming</i> hidroponik dapat dipahami dengan mudah?
5		apakah anda dapat dengan mudah mengakses sistem <i>smart farming</i> hidroponik yang ada?
6	efisiensi	apakah tampilan dengan mudah dipahami tanpa diberikan petunjuk?
7		Apakah notifikasi sistem <i>smart farming</i> hidroponik memudahkan perawatan tanaman hidroponik anda?
8	ketepatan	apakah menurut anda sistem <i>smart farming</i> hidroponik sudah tidak ada error?
9	stimulasi	apakah anda dapat mengingat dengan jelas nama sistem tersebut?
10		apakah tampilan nama sistem <i>smart farming</i> hidroponik tersebut membuat anda nyaman?
11	kebaruan	apakah menurut anda sistem <i>smart farming</i> hidroponik tersebut telah mengikuti tren saat ini?

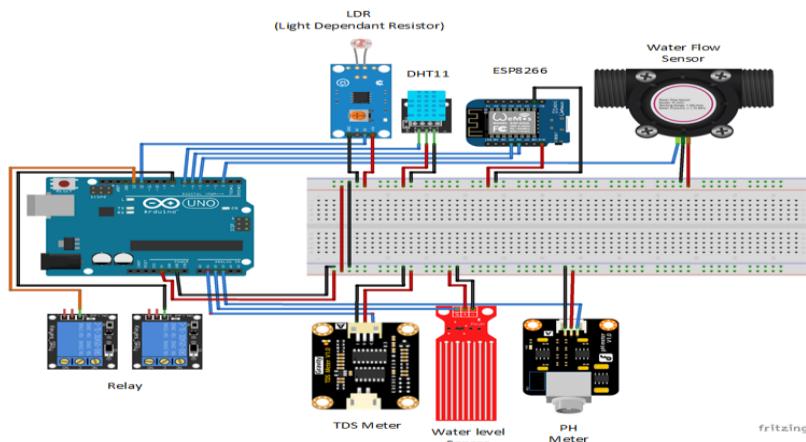
Tabel 9. Grade untuk Skor SUS

Skor SUS	Grade	Adjective Rating
> 80.3	A	Excellent
68 – 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 – 68	D	Poor
< 51	E	Awful

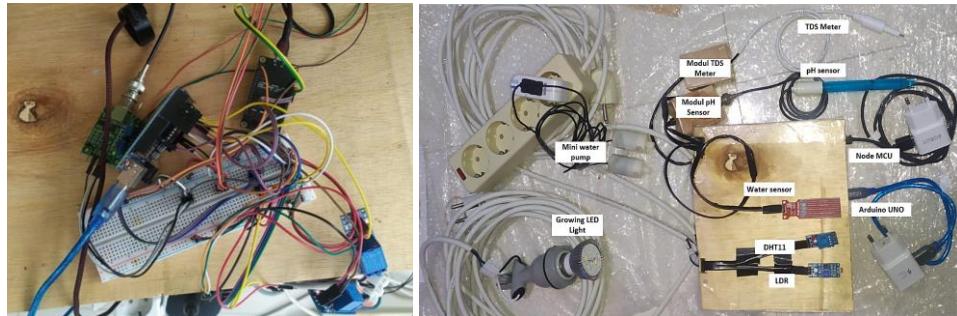
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dengan menggunakan alat-alat yang terdapat pada Tabel 3, dapat dilihat pada Gambar 4. Alat yang telah dibuat, kemudian diimplementasikan seperti pada Gambar 5.



Gambar 4. Rangkaian Perangkat Keras



Gambar 5. Implementasi Perangkat Keras

4.2. Implementasi Perangkat Lunak

Kebutuhan lingkungan perangkat lunak terbagi menjadi dua kebutuhan, yaitu untuk kebutuhan api pada server, dan kebutuhan perangkat lunak untuk pengolahan data pada learning. Kebutuhan untuk keperluan pada pembuatan api dapat dilihat pada Tabel 10 dan kebutuhan lingkungan pada pembuatan learning dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Kebutuhan Lingkungan Perangkat Lunak untuk API

No	Kebutuhan	Versi	Keterangan
1	Virtual Private Server	Disesuaikan dengan kebutuhan learning	Sebagai server agar dapat mengolah data secara online
2	Python	3.8.9	Untuk membuat api agar dapat mengirimkan notifikasi antara node mcu, program learning, database, dan aplikasi telegram
3	Postman (opsional)	7.36.6	Untuk melakukan testing ke server
4	Browser	91.0.4472.77 (64-bit)	Untuk melihat isi database pada server

Tabel 11. Kebutuhan Lingkungan Perangkat Lunak untuk Learning

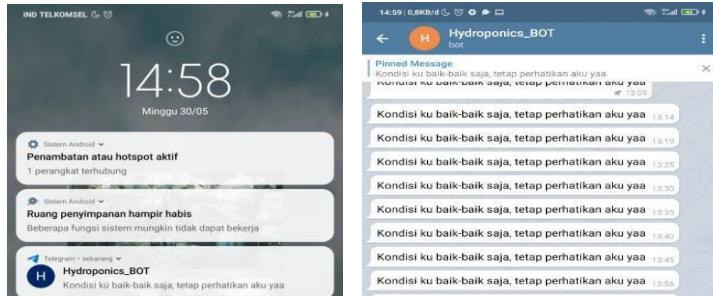
No	Kebutuhan	Versi	Keterangan
1	Python	3.8.9	Untuk melakukan learning pada program ANN
2	Anaconda Jupyter Notebook	6.0.1	Untuk membuat model, dan melakukan testing algoritma learning
3	Tensorflow	2.1.0	Library yang dibutuhkan untuk melakukan learning
4	MySQL	8.0	Untuk menyimpan data input dan data output hasil learning

Notifikasi perangkat lunak menginformasikan kondisi lingkungan tanam dalam 5 menit terakhir, berdasarkan hasil learning di cloud VPS (Virtual Private Server). Tabel 12 dan Gambar 6

Tabel 12. Keterangan Notifikasi yang diterima User dari Hasil Learning

Hasil	Keterangan	Notifikasi yang diterima user
0	Data normal	Kondisi ku baik-baik saja, tetap perhatikan aku yaa

1	Tambah air karena pH rendah/tinggi, atau PPM terlalu tinggi, atau air tong habis	Waduh tong air harus di tambah air nih, soalnya ph terlalu rendah/tinggi, atau ppm terlalu tinggi, atau air dalam tong habis
2	Pompa air Mati	Hai! Pompa air mu mati, nanti tanamannya layu loh!
3	Pompa air terlalu kencang	Halo! Pompa air mu terlalu kencang nih nanti tanamanmu tidak sehat loh!
4	Suhu terlalu panas	Aduh panas banget nih, tanamanmu butuh udara sejuk



Gambar 6. Contoh Notifikasi

4.3. Implementasi Artificial Neural Network

Perangkat lunak berbasis ANN memproses input Arduino untuk mengaktifkan aktuator dan mengirim notifikasi Telegram. Data sensor dikirim via API ke database untuk learning, dengan hasil dikembalikan ke tabel output.

4.3.1. Algoritma Pertama

Kolom pertama mencatat pH (0–14) dari pH meter. Kolom kedua mencatat cahaya dari modul LDR, menghasilkan 1 untuk gelap dan 0 untuk terang (<276 digital). Kolom ketiga mencatat intensitas suhu dari sensor waterflow (0–3), 0 menunjukkan tidak ada aliran dan 3 aliran maksimum. Kolom keempat mencatat suhu udara (25–40°C) dari sensor DHT11. Kolom kelima mencatat PPM (0–2150) dari TDS Meter, 0 berarti tidak ada zat larut dan 2150 konsentrasi maksimum. Kolom keenam mencatat tinggi air (0–630), dengan 0 tidak ada air dan 630 sangat tinggi. Kolom tujuh dan delapan, hasil prediksi Algoritma 1 dari kolom dua hingga lima (rasio 0–3), yang diproyeksikan menjadi matriks zero-one pada kolom sembilan hingga dua belas sesuai Tabel 13, seperti pada Gambar 7.

Tabel 13. Keterangan Hasil ML

Nilai	Keterangan
0	Tidak melakukan apa-apa
1	Hidupkan Lampu
2	Hidupkan Pompa nutrisi TDS
3	Hidupkan Lampu dan Pompa nutrisi TDS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	PH	cahaya	intensitas suhu	PPM	tinggi air hasil ml	ml hasil ml	ml	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
2	6.5	1	3	27	188	622	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	5.7	1	3	26.9	79	557	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
4	6	1	3	27	11	491	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	6.5	1	3	27.1	345	428	0	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0

Gambar 7. Tabel Data Set Algoritma 1

Hasil notif, dengan rasio 0-4, merupakan prediksi dari kolom pertama hingga keenam, yang diproyeksikan ke kolom tiga belas hingga tujuh belas sebagai matriks zero-one dari kolom delapan, sesuai keterangan pada Tabel 14.

Tabel 14. Keterangan Hasil Notif

Nilai	Keterangan
0	Data normal
1	Tambah air karena pH rendah/tinggi, atau PPM terlalu tinggi, atau air tong habis
2	Pompa air Mati
3	Pompa air terlalu kencang
4	Suhu terlalu panas

Pada Gambar 8. Dataset untuk menentukan hasil machine learning menggunakan kolom cahaya, intensitas, suhu, dan PPM (kolom kedua hingga keempat). Keempat kolom ini saling berkaitan untuk menentukan aksi aktuator sesuai dengan Tinjauan Pustaka. Notifikasi pada Telegram ditentukan oleh kolom pertama hingga keenam.

4.3.2. Algoritma Kedua

PH	cahaya	intensitas suhu	PPM	tinggi air	hasil ml	hasil notif
6.5	1	3	27	188	622	3
5.7	1	3	26.9	79	557	3
6	1	3	27	11	491	3
6.5	1	3	27.1	345	428	0
6.2	1	3	27.1	602	444	0

Gambar 8. Tabel Data Set Algoritma 2

Dapat dilihat pada Gambar 8. tabel dataset untuk algoritma kedua sama dengan algoritma pertama, namun hanya hingga kolom kedelapan karena pembuatan matriks zero-one dilakukan otomatis dalam algoritma pre-processing. Perbedaan signifikan dalam pengolahan data preprocessing antara algoritma pertama dan kedua menghasilkan model dan hasil pengujian yang berbeda.

4.4. Pengujian Artificial Neural Network

Dengan menggunakan dataset yang telah dibuat, learning dilakukan dengan membuat model terlebih dahulu, kemudian mengekspor model ke dalam folder model. Model tersebut kemudian dipanggil pada file untuk melakukan prediksi. Langkah pengujian dapat dilihat pada Tabel 15. Setelah melakukan import data, data yang akan di prediksi kemudian di deklarasikan kemudian dilakukan prediksi.

Tabel 15. Langkah Pengujian

Langkah	Keterangan
1	Data Preprocessing
2	Training
3	Export dan Import Model
4	Prediksi
5	Studi Kasus

4.4.1. Pengujian Model Algoritma

A. Studi Kasus 1

Diberikan pH 6.5 (normal), cahaya 1 (gelap), intensitas air 2 (normal), suhu 27.1°C (normal), PPM 758 (normal), dan tinggi air 458 (normal), seperti yang terlihat pada Gambar 9. Dengan pencahayaan gelap dan suhu normal, sistem diperkirakan akan menghidupkan lampu (angka 1), dan notifikasi menunjukkan kondisi lingkungan normal (angka 0). Pada Gambar 10(a), hasil yang diperoleh sesuai prediksi. Pada Gambar 10(b). hasil yang diperoleh sama dengan hasil Studi Kasus 1 Algoritma 1, maka diperoleh bahwa Studi Kasus 1 Algoritma 2 bernilai benar.

```
In [2]: ph=6.5
cahaya=1
intensitas=2
suhu=27.1
ppm=758
air= 458
```

Gambar 9. Input Studi Kasus 1

```
print (hasil_aktuator,hasil_notifikasi)
1 0
```

(a) algoritma 1

```
print(hasil_ml,hasil_notif)
1 0
```

(b) algoritma 2

Gambar 10. Output Studi Kasus 1

B. Studi Kasus 2

Diberikan pH 3 (asam), cahaya 1 (gelap), intensitas air 2 (normal), suhu 28°C (panas), PPM 300 (kekurangan nutrisi), dan tinggi air 458 (normal), seperti yang terlihat pada Gambar 11.

```
In [50]: ph=3
cahaya=1
intensitas=2
suhu=28
ppm=300
air= 458
```

Gambar 11. Input Studi Kasus 2

Dengan pencahayaan gelap dan suhu panas, sistem diprediksi tidak mengaktifkan aktuator (0) untuk mencegah lumut, dan notifikasi menunjukkan kekurangan air akibat pH asam (1). Pada Gambar 12(a), hasil sesuai prediksi, dan

Gambar 12(b) menunjukkan kesamaan dengan Studi Kasus 2 Algoritma 1, sehingga Studi Kasus 2 Algoritma 2 benar.

In [65]: <pre>print(hasil_aktuator,hasil_notifikasi)</pre>	In [13]: <pre>print(hasil_ml,hasil_notif)</pre>
0 1	0 1
(a) algoritma 1	(b) algoritma 2

Gambar 12. Output Studi Kasus 2

C. Studi Kasus 3

Diberikan pH 5.8 (normal), cahaya terang, intensitas air tinggi, suhu normal, PPM rendah, dan tinggi air normal, sistem diprediksi menghidupkan pompa (2) tanpa lampu, dengan notifikasi pompa terlalu kencang (3). Hasil pada Gambar 14(a) dan

Gambar 14 (b) menunjukkan hasil yang sama sehingga Studi Kasus 3 Algoritma 1 dan 2 benar.

```
In [66]: ph=5.8
cahaya=0
intensitas=3
suhu=26.5
ppm=412
air=340
```

Gambar 13. Input Studi Kasus 3

In [81]: <pre>print(hasil_aktuator,hasil_notifikasi)</pre>	In [18]: <pre>print(hasil_ml,hasil_notif)</pre>
2 3	2 3
(a) algoritma 1	(b) algoritma 2

Gambar 14. Output Studi Kasus 2

4.4. Pengujian Masa Tanam

Pada pengujian masa tanam, pengujian dilakukan dengan 10 tanaman, dan dicatat nilai rata-rata sesuai dengan parameter pembanding pada Tabel 6, diperoleh hasil pengujian dipisah menjadi 3 yaitu daun, batang, dan media tanam, hasil pengujian daun pada tumbuhan yang diberikan.

4.4.1. Hasil Uji Algoritma Pertama

Pengujian Algoritma 1 menunjukkan tanaman dengan alat memiliki daun normal, dengan jumlah daun bayam, pakcoy, dan selada masing-masing 39, 18, dan 11 (Tabel 16). Tanaman tanpa alat menunjukkan daun selada layu dan menguning pada hari ke-12, dengan jumlah daun 35, 17, dan 11 (Tabel 17). Tabel 18 dan Tabel 19 menunjukkan alat meningkatkan produktivitas daun.

Tabel 16. Hasil Uji Daun dengan Alat

Hari Ke	Warna			Jumlah			bentuk		
	bayam	pakcoy	Selada	bayam	Pakcoy	Selada	bayam	pakcoy	selada
1	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
2	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
3	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
4	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	16	11	5	normal	normal	normal
5	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	16	12	5	normal	normal	normal
6	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	18	12	7	normal	normal	normal
7	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	18	12	7	normal	normal	normal
8	hijau tua	hijau tua	Hijau	21	12	7	normal	normal	normal
9	hijau tua	hijau tua	Hijau	21	13	7	normal	normal	normal
10	hijau tua	hijau tua	Hijau	25	13	7	normal	normal	normal
11	hijau tua	hijau tua	Hijau	25	13	7	normal	normal	normal
12	hijau tua	hijau tua	Hijau	25	15	7	normal	normal	normal
13	hijau tua	hijau tua	hijau	28	15	8	normal	normal	normal
14	hijau tua	hijau tua	hijau	28	15	9	normal	normal	normal
15	hijau tua	hijau tua	hijau	28	15	9	normal	normal	normal
16	hijau tua	hijau tua	hijau	30	17	9	normal	normal	normal
17	hijau tua	hijau tua	hijau	32	17	10	normal	normal	normal
18	hijau tua	hijau tua	hijau	36	17	11	normal	normal	normal
19	hijau tua	hijau tua	hijau	39	17	11	normal	normal	normal
20	hijau tua	hijau tua	hijau	39	18	11	normal	normal	normal

Tabel 17. Hasil Uji Daun tanpa Alat

Hari Ke	Warna			Jumlah			bentuk		
	bayam	pakcoy	selada	Bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
1	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
2	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
3	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
4	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	15	11	5	normal	normal	normal
5	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	15	11	5	normal	normal	normal
6	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	16	11	5	normal	normal	normal
7	hijau tua	hijau tua	hijau keputihan	16	13	5	normal	normal	normal
8	hijau tua	hijau tua	Hijau	20	13	7	normal	normal	normal
9	hijau tua	hijau tua	Hijau	20	13	7	normal	normal	normal
10	hijau tua	hijau tua	Hijau	23	13	7	normal	normal	1 mengkerut
11	hijau tua	hijau tua	Hijau	25	13	7	normal	normal	1 mengkerut
12	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	27	15	7	normal	normal	1 mengkerut
13	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	27	15	7	normal	normal	1 mengkerut
14	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	29	15	9	normal	normal	1 mengkerut
15	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	29	15	9	normal	normal	1 mengkerut
16	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	29	17	9	normal	normal	1 mengkerut
17	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	32	17	10	normal	normal	1 mengkerut
18	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	35	17	10	normal	normal	1 mengkerut
19	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	35	17	10	normal	normal	1 mengkerut
20	hijau tua	hijau tua	1 layu kuning	35	17	11	normal	normal	1 mengkerut

Tabel 18. Hasil Uji Tinggi Batang Tanaman

Hari ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tanaman dengan Alat	bayam	7.8	7.9	8.2	8.5	8.6	9.2	10.5	11.7	12.1	13	13.4	14.5	16.3	17.5	19.1	21.3	23.2	25.9	28.2
	pakcoy	6	6	7	7.7	8.2	8.5	9	9.4	10.2	11	11.3	12.9	13	13.5	15.3	16.5	17	18.1	19.4
	selada	8	8	8.5	8.7	8.7	8.9	9.1	9.9	10.8	11.7	12.5	13.4	14.8	15.6	16.1	17.5	18.8	19.4	20.9
Tanaman tanpa Alat	bayam	7.8	7.9	8	8.2	8.5	8.7	9.1	9.8	10.2	11.5	13.4	15	16.2	17.1	18.3	19.8	21.3	23	24.8
	pakcoy	6	6	6.5	7	7.5	7.9	8.3	8.8	9.6	10.2	10.9	11.2	11.6	12.1	12.7	13.2	13.9	14.5	15.5
	selada	8	8	8.1	8.3	8.5	8.5	8.6	8.9	9.2	9.5	9.6	9.9	10.2	10.9	11.7	12.6	13.7	15.9	17.1

Tabel 19. Peningkatan Produktifitas Batang Tanaman

No	Tanaman	Hasil Akhir		Peningkatan Produktifitas Batang
		Dengan alat	Tanpa alat	
1	Bayam	30.1	26	(30.1-26)/26 x 100% = 15.76%
2	Pakcoy	20.7	16.4	(20.7-16.4)/16.4 x 100% = 26.21%
3	Selada	22.1	19.5	(22.1-19.5)/19.5 x 100% = 13.33%
		Rata-Rata Produktifitas		55.3% / (3 tanaman) = 18.43%

Pengujian media tanam menunjukkan bahwa baik tanaman dengan alat maupun tanpa alat memiliki media tanam yang tetap basah karena sistem pipa. Namun, tanaman tanpa alat ditemukan lumut pada 2 media tanam selada (rockwool), yang muncul akibat media basah terkena panas setelah penambahan nutrisi.

Tabel 20. Hasil Uji Media Tanam

Hari ke	Tanaman dengan Alat						Tanaman Tanpa Alat					
	Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)			Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)		
	bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada	Bayam	Pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
1	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
2	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
3	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
4	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
5	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
6	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
7	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
8	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	tidak
9	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	1 lumut
10	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	1 lumut
11	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	1 lumut
12	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
13	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
14	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
15	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
16	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
17	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	Basah	basah	tidak	tidak	2 lumut

Hari ke	Tanaman dengan Alat						Tanaman Tanpa Alat					
	Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)			Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)		
	bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	Selada	Bayam	Pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
18	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
19	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	2 lumut
20	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	2 lumut

4.4.2. Hasil Uji Algoritma Kedua

Tabel 21 dan Tabel 22 menunjukkan tanaman dengan alat memiliki daun normal, kecuali 1 helai daun selada mengkerut sejak hari ke-18, dengan jumlah daun bayam, pakcoy, dan selada masing-masing 40, 21, dan 11. Tanaman tanpa alat menunjukkan daun pakcoy mengkerut sejak hari ke-14, dengan jumlah daun masing-masing 33, 19, dan 10. Kualitas selada lebih baik tanpa alat, sementara pakcoy lebih baik dengan alat. Peningkatan produktivitas daun tercantum pada Tabel 23.

Tabel 21. Hasil Uji Daun dengan Alat

Hari ke	warna			Jumlah			bentuk		
	bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
1	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	13	7	5	normal	normal	normal
2	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	13	7	5	normal	normal	normal
3	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	14	7	5	normal	normal	normal
4	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	15	9	5	normal	normal	normal
5	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	17	9	5	normal	normal	normal
6	hijau muda	hijau tua	hijau	17	9	7	normal	normal	normal
7	hijau muda	hijau tua	hijau	17	11	8	normal	normal	normal
8	hijau tua	hijau tua	hijau	19	11	8	normal	normal	normal
9	hijau tua	hijau tua	hijau	19	13	8	normal	normal	normal
10	hijau tua	hijau tua	hijau	23	13	8	normal	normal	normal
11	hijau tua	hijau tua	hijau	23	15	9	normal	normal	normal
12	hijau tua	hijau tua	hijau	26	15	9	normal	normal	normal
13	hijau tua	hijau tua	hijau	26	15	9	normal	normal	normal
14	hijau tua	hijau tua	hijau	30	17	9	normal	normal	normal
15	hijau tua	hijau tua	hijau	32	17	9	normal	normal	normal
16	hijau tua	hijau tua	hijau	32	17	9	normal	normal	normal
17	hijau tua	hijau tua	hijau	35	19	11	normal	normal	normal
18	hijau tua	hijau tua	hijau	35	19	11	normal	normal	1 mengkerut
19	hijau tua	hijau tua	hijau	38	19	11	normal	normal	1 mengkerut
20	hijau tua	hijau tua	hijau	40	21	11	normal	normal	1 mengkerut

Tabel 22. Hasil Uji Daun tanpa Alat

Hari Ke	warna			Jumlah			Bentuk		
	bayam	pakcoy	selada	Bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
1	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	13	7	5	normal	normal	normal
2	hijau muda	hijau tua	hijau keputihan	13	9	5	normal	normal	normal
3	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	13	9	5	normal	normal	normal
4	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	14	11	5	normal	normal	normal
5	hijau muda	hijau muda	hijau keputihan	14	11	5	normal	normal	normal
6	hijau muda	hijau tua	hijau	15	11	6	normal	normal	normal
7	hijau muda	hijau tua	hijau	15	13	6	normal	normal	normal
8	hijau tua	hijau tua	hijau	17	13	6	normal	normal	normal
9	hijau tua	hijau tua	hijau	20	13	7	normal	normal	normal
10	hijau tua	hijau tua	hijau	23	13	7	normal	normal	normal
11	hijau tua	hijau tua	hijau	25	13	7	normal	normal	normal
12	hijau tua	hijau tua	hijau	26	13	7	normal	normal	normal
13	hijau tua	hijau tua	hijau	28	15	8	normal	normal	normal
14	hijau tua	hijau tua	hijau	28	15	9	normal	1 mengkerut	normal
15	hijau tua	hijau tua	hijau	32	15	9	normal	1 mengkerut	normal
16	hijau tua	hijau tua	hijau	32	17	9	normal	1 mengkerut	normal
17	hijau tua	hijau tua	hijau	32	18	10	normal	1 mengkerut	normal
18	hijau tua	hijau tua	hijau	33	18	10	normal	1 mengkerut	normal
19	hijau tua	hijau tua	hijau	33	19	10	normal	1 mengkerut	normal
20	hijau tua	hijau tua	hijau	33	19	10	normal	1 mengkerut	normal

Tabel 23. Peningkatan Produktifitas Daun Tanaman

No	Tanaman	Hasil Akhir		Peningkatan Produktifitas Daun
		Dengan alat	Tanpa alat	

1	Bayam	40	33	$(40-33)/33 \times 100\% = 21.21\%$
2	Pakcoy	21	19	$(21-19)/19 \times 100\% = 10.52\%$
3	Selada	11	10	$(11-10)/10 \times 100\% = 10\%$
Rata-Rata Produktifitas			$41.73\% / (3 \text{ tanaman}) = 13.91\%$	

Berdasarkan pengujian batang pada tanaman dengan alat dan tanpa alat memiliki warna batang normal. Dengan tanaman yang memakai alat tinggi bayam, pakcoy, dan selada masing-masing 32.1, 19.9, dan 23.4. Tanaman tanpa alat tinggi batang bayam, pakcoy, dan selada masing-masing 27, 18, dan 20.1. Tanaman dengan alat menunjukkan hasil pertumbuhan lebih baik. Peningkatan produktivitas pertumbuhan batang dirangkum pada Tabel 24.

Tabel 24 Hasil Uji Batang dengan Alat

Hari ke		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tanaman dengan Alat	bayam	8.1	8.2	8.3	8.6	8.8	9.2	10.4	11.8	12	12.9	13.2	14.4	16.1	17.4	19	21.5	23	26.1	29.5	32.1
	pakcoy	7	7	7.2	7.9	8	8.4	9.1	9.6	10	10.7	11.3	12.5	13.1	13.7	14.9	15.8	16.9	18.1	19.4	19.9
	selada	8.1	8.1	8.3	8.4	8.6	8.7	9	9.5	10	11.1	12.2	13.1	14.2	15.3	16.5	17.9	19.1	20.9	21.5	23.4
Tanaman tanpa Alat	bayam	8.1	8.2	8.3	8.5	8.9	9.1	9.7	10.2	10.9	11.5	13	15	17.2	18.1	19.2	20.4	21.6	24	25.7	27
	pakcoy	7	7	7	7	7.3	7.5	8	8.6	9.8	10.3	10.9	11.2	12.5	13.2	14.7	15.2	16	16.5	17.5	18
	selada	8.1	8.1	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9	9.2	9.9	10.5	10.9	11.8	12.5	13.4	14.5	15.7	17.1	19.1	20.1

Tabel 25. Peningkatan Produktifitas Batang Tanaman

No	Tanaman	Hasil Akhir		Peningkatan Produktifitas Batang
		Dengan alat	Tanpa alat	
1	Bayam	32.1	27	$(32.1-27)/27 \times 100\% = 18.89\%$
2	Pakcoy	19.9	18	$(19.9-18)/18 \times 100\% = 10.55\%$
3	Selada	23.4	20.1	$(23.4-20.1)/20.1 \times 100\% = 16.41\%$
Rata-Rata Produktifitas			$45.85\% / (3 \text{ tanaman}) = 15.28\%$	

Hasil pada Tabel 25 menunjukkan media tanam tetap basah pada kedua metode karena sistem pipa. Tanaman dengan alat memiliki 1 lumut pada selada sejak hari ke-17, sementara tanpa alat, terdapat 2 lumut pada media pakcoy mulai hari ke-11 dan ke-13.

Tabel 26. Hasil Uji Media Tanam

Hari ke	Media Tanam Tanpa Alat						Media Tanam Dengan Alat					
	Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)			Sifat media tanam			Parasit (lumut/hewan)		
	bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada	Bayam	pakcoy	selada	bayam	pakcoy	selada
1	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
2	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
3	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
4	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
5	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	Basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
6	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
7	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
8	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
9	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
10	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	tidak	tidak
11	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	1 lumut	tidak
12	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	1 lumut	tidak
13	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
14	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
15	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
16	basah	basah	basah	tidak	tidak	Tidak	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
17	basah	basah	basah	tidak	tidak	1 lumut	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
18	basah	basah	basah	tidak	tidak	1 lumut	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
19	basah	basah	basah	tidak	tidak	1 lumut	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak
20	basah	basah	basah	tidak	tidak	1 lumut	basah	basah	basah	tidak	2 lumut	tidak

4.5. Pengujian Masa Panen

4.5.1. Hasil Uji Algoritma Pertama

Pada pengujian masa tanam sesuai parameter pembanding pada Tabel 7, hasil pengujian dirangkum dalam Tabel 27 dan Tabel 28. Berdasarkan tabel, rata-rata tanaman dengan alat menunjukkan hasil lebih baik pada bagian daun, batang, dan pengukuran keseluruhan, sementara panjang akar tidak menunjukkan perbedaan.

Tabel 27. Hasil Panen Tanaman dengan Alat

Tanaman	daun				Batang			Akar			keseluruhan	
	warna	jumlah	lebar	tinggi	warna	Panjang	lebar	tinggi	berat	rasa		
bayam	hijau tua	39	6	30	hijau muda	30	22	30	44.8	tidak pahit		
pakcoy	hijau tua	18	4	21	hijau keputihan	30	16	21	32.4	tidak pahit		
selada	hijau	11	4	22	hijau keputihan	30	17	22	27.7	tidak pahit		

Tabel 28. Hasil Panen Tanaman tanpa Alat

Tanaman	daun				batang			Akar			keseluruhan	
	warna	jumlah	lebar	tinggi	warna	Panjang	lebar	tinggi	berat	rasa		
bayam	hijau tua	27	5	26	hijau muda	30	21	26	40.3	tidak pahit		
pakcoy	hijau tua	15	4	16	hijau keputihan	30	16	16	29.2	tidak pahit		
selada	hijau(1 kuning)	7	4	20	hijau keputihan	30	17	20	26.8	tidak pahit		

4.5.2. Hasil Uji Algoritma Kedua

Pengujian masa tanam sesuai parameter Tabel 7 dirangkum dalam Tabel 29 dan Tabel 33. Hasilnya menunjukkan rata-rata tanaman dengan alat lebih baik pada daun, batang, dan keseluruhan, sedangkan panjang akar tidak berbeda.

Tabel 29. Hasil Panen Tanaman dengan Alat

Tanaman	daun				Batang			Akar			keseluruhan	
	warna	jumlah	lebar	tinggi	warna	Panjang	lebar	tinggi	berat	rasa		
bayam	hijau tua	40	6	32.1	hijau muda	30	25	32.1	44.8	tidak pahit		
pakcoy	hijau tua	21	4.5	19.9	hijau keputihan	30	17	19.9	32.4	tidak pahit		
selada	hijau	11	4	23.4	hijau keputihan	30	18	23.4	27.7	tidak pahit		

Tabel 30. Hasil Panen Tanaman tanpa Alat

Tanaman	daun				Batang			Akar			Keseluruhan	
	warna	jumlah	lebar	tinggi	warna	Panjang	lebar	tinggi	berat	Rasa		
bayam	hijau tua	33	5	27	hijau muda	30	22	27	40.3	tidak pahit		
pakcoy	hijau tua	19	4	18	hijau keputihan	30	17	18	29.2	tidak pahit		
selada	hijau	10	4	20.1	hijau keputihan	30	17	20.1	26.8	tidak pahit		

4.6. Pengujian Pengaruh Efektifitas Sistem bagi Pengguna

Dengan mengikuti pertanyaan pada Tabel 8, diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 31. Berdasarkan Tabel 9, diharapkan skor SUS memperoleh nilai A atau B. Setelah dilakukan perhitungan dengan sistem SUS, maka diperoleh nilai algoritma 1 sebesar **77.5**, dan nilai algoritma 2 sebesar **78.5** oleh karena itu keduanya memiliki grade **B** untuk pengaruh efektifitas alat berdasarkan Tabel 9 nilai tersebut termasuk nilai **Baik**.

Tabel 31. Tabel Usability Test Algoritma

Pertanyaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Skor SUS	Rata-rata skor SUS
Algoritma 1	R1	4	2	4	1	4	3	3	1	2	1	5	77.5
	R2	3	2	3	2	4	2	4	2	3	4	3	
Algoritma 2	R1	4	2	4	2	4	3	3	1	3	2	3	78.5
	R2	4	2	3	2	3	2	4	3	3	2	4	

5. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa sistem telah berhasil diimplementasikan menggunakan Machine Learning, Cloud, dan Notifikasi. Algoritma pertama meningkatkan produktivitas daun sebesar 5,76% dan batang 18,43%, sementara algoritma kedua menghasilkan kualitas daun selada sedikit lebih buruk, namun daun pakcoy serta batang dan media tanam lebih baik, dengan produktivitas daun meningkat 13,91% dan batang 15,28%. Sistem smart farming hidroponik memperoleh penilaian Grade B atau Baik untuk kontrol tanaman melalui notifikasi pada kedua algoritma.

Saran untuk penelitian selanjutnya meliputi penambahan aktuator untuk meningkatkan efektivitas alat, integrasi TensorFlow langsung pada perangkat IoT, fokus pada satu jenis tanaman atau tanaman dengan kebutuhan serupa, serta pengembangan notifikasi pengguna yang lebih kompleks untuk meningkatkan skor SUS.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta, Ibu Zaida Laila dan Ayah Hasanuddin, S.H., M.H., yang telah memberikan dukungan, doa, pengorbanan dan bimbingan tanpa henti sepanjang perjalanan hidup saya, serta atas dukungan finansial yang memungkinkan saya menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih Kepada Bapak Ade Rinando, yang telah menjadi teman seperjuangan saya, atas kesediaannya untuk terlibat dalam seluruh proses penelitian, serta kontribusi yang luar biasa dalam membantu mencari bahan-bahan penelitian dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adidrana, D., & Surantha, N. (2019). Hydroponic Nutrient Control System Based on Internet of Things. In *Communication & Information Technology Journal* (Vol. 13, Issue 2).
- Alathas, H. (2018). *Bagaimana Mengukur Kebergunaan Produk dengan System Usability Scale (SUS) Score*. Kelasux. <https://medium.com/kelasux/bagaimana-mengukur-kebergunaan-produk-dengan-system-usability-scale-sus-score-2d6843ca780a>
- Budi, B. (2020). *Selada Hidroponik*. Budidaya.Id. <https://budidaya.id/hidroponik/selada/>
- Cardle, J. P. (2016). *Android App Development in Android Studio Java + Android Edition for Beginners*. Manchester academic.
- Ciptadi, P. W., & Hardyanto, R. H. (2018). Penerapan Teknologi IoT pada Tanaman Hidroponik menggunakan Arduino dan Blynk Android. *Jurnal Dinamika Informatika*, 7(2).
- Edi Kresna, P., & Latifah Agustina Wicahyani, N. (2019). *Automasi Hidroponik Indoor Sistem Wick dengan Pengaturan Penyirinan Menggunakan Growing Lights dan Pemberitahuan Nutrisi Berbasis SMS Gateway* (Vol. 16).
- Fakultas Pertanian Universitas Tulungagung. (2022, August 22). *Pemanfaatan Lahan Sempit dengan Sistem Hidroponik*. Fakultas Pertanian Universitas Tulungagung.
- Firmansyah, S., Prihantoro, C., Haidar, H. A., & Baihaqi, M. Z. F. (2022). Sistem Automasi Hidroponic Berbasis IOT. *LEDGER : Journal Informatic and Information Technology*, 1(2), 1–4. <https://doi.org/10.20895/ledger.v1i2.796>
- Friadi, R., & Junadhi, J. (2019a). Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI. *Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS)*, 2, 30–37. <https://doi.org/10.36085/jtis.v2i1.217>
- Friadi, R., & Junadhi, J. (2019b). Sistem Kontrol Intensitas Cahaya, Suhu dan Kelembaban Udara Pada Greenhouse Berbasis Raspberry PI. *Journal of Technopreneurship and Information System (JTIS)*, 2, 30–37. <https://doi.org/10.36085/jtis.v2i1.217>

- Goap, A., Sharma, D., Shukla, A. K., & Rama Krishna, C. (2018). An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040>
- Katiyar, S., & Farhana, A. (2021). Smart Agriculture: The Future of Agriculture using AI and IoT. *Journal of Computer Science*, 17(10), 984–999. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2021.984.999>
- Khaled, F., & Sayed, A. (2023a). Soil pH and its influence on nutrient availability and plant health. *International Journal of Advanced Chemistry Research*, 5(2), 68–70. <https://doi.org/10.33545/26646781.2023.v5.i2a.204>
- Khaled, F., & Sayed, A. (2023b). Soil pH and its influence on nutrient availability and plant health. *International Journal of Advanced Chemistry Research*, 5(2), 68–70. <https://doi.org/10.33545/26646781.2023.v5.i2a.204>
- Mehra, M., Saxena, S., Sankaranarayanan, S., Tom, R. J., & Veeramanikandan, M. (2018). IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 155, 473–486. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.015>
- Nandika, R., & Amrina, E. (2021). (INTERNET of THINGS (IoT)-BASED HYDROPONIC SYSTEMS) SISTEM HIDROPONIK BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT). *Sigma Teknika*, 4(1), 1–8.
- Nugroho, F. Y., Santoso, I., & Zahra, A. A. (2013). ANALISIS KUALITAS LAYANAN PANGGILAN PADA TELEKOMUNIKASI BERGERAK 3G. *Jurnal Trasient*, 2(2).
- Rian. (2019, July 9). *Lumut Pada Hidroponik*. <Https://Borneo-Hidroponik.Blogspot.Com/2019/07/Lumut-Pada-Hidroponik.Html>.
- Rivana, R. R., Made, M. R., Edilla, & Jajang Jaenudin. (2023). Sistem Monitoring Nutrisi dan PH Air pada Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(3). <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i3.3579>
- S J P N Trust's. (2018). *Module 1: 8051 Microcontroller Basics*. Hirasugar Institute of Technology,Nidasoshi.
- Sabila, S., Tarita, W., Studi, P., Fisika, P., & Cahaya, I. (2024). *UTILIZATION OF LED LIGHT SPECTRUM VARIATIONS ON*. 5(2).
- Sulistyo, N. T. cahyo. (2019). ALAT PENGENDALI DERAJAT PH PADA SISTEM HIDROPONIK TANAMAN PAKCOY BERBASIS ARDUINO UNO. MULTITEK INDONESIA. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v13i1.1359>
- Suryani, R. (2015). *Hidroponik : Budi Daya Tanaman Tanaman Tanpa Tanah Mudah, Bersih dan Menyenangkan* (1st ed.). Arcitra.
- Thakur, P., Malhotra, M., & Bhagat, R. M. (2023). Implementation of an Automated Hydroponic System using ANN: A Case Study on Spinach. *2023 International Conference on Communication, Security and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, 341–346. <https://doi.org/10.1109/ICCSAI59793.2023.10421504>
- Thomas, N. (2015). *How To Use The System Usability Scale (SUS) To Evaluate The Usability Of Your Website*. Usability Geek. <Https://usabilitygeek.com/how-to-use-the-system-usability-scale-sus-to-evaluate-the-usability-of-your-website/>
- Tripama, B., Muhammad, D., Yahya, R., Agroteknologi, P., Pertanian, F., & Jember, U. M. (n.d.). *RESPON KONSENTRASI NUTRISI HIDROPONIK TERHADAP TIGA JENIS TANAMAN SAWI (Brassica juncea L.)* (Vol. 16, Issue 2). <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/>
- Tripama, B., & Yahya, M. R. (2018). RESPON KONSENTRASI NUTRISI HIDROPONIK TERHADAP TIGA JENIS TANAMAN SAWI (Brassica juncea L.). *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 16(2), 237. <https://doi.org/10.32528/agritrop.v16i2.1807>
-

- Widani, N. L. (2019). Penyuluhan Pentingnya Konsumsi Buah dan Sayur pada Remaja di Sos Desataruna Jakarta. *Patria*, 1(1), 57. <https://doi.org/10.24167/patria.v1i1.1779>
- WN, B. (2016). *Tabel PPM dan pH Nutrisi Hidroponik*. HIDROPONIKPEDIA. <http://hidroponikpedia.com/tabel-ppm-dan-ph-nutrisi-hidroponik/>
- Yusoff Yusmahaida, Osman Zuraida, & Suhaimi Zarina. (2023a). *Water Head Information Distribution Technique Using Yfs201 in the Waterfall Area. September*.
- Yusoff Yusmahaida, Osman Zuraida, & Suhaimi Zarina. (2023b). *Water Head Information Distribution Technique Using Yfs201 in the Waterfall Area. September*. <https://www.researchgate.net/publication/374060437>
- Zaelani, M. Z., & Rachmah, Q. (2021). Sistem Ketahanan Pangan Daerah pada Masa Pandemi Covid-19 : A Literature Review. *Media Gizi Kesmas*, 10(2), 291. <https://doi.org/10.20473/mgk.v10i2.2021.291-297>