

**PENGARUH TARAF PEMBERIAN AIR TERHADAP PERTUMBUHAN  
DAN HASIL TANAMAN RADISH (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle  
MENGUNAKAN SISTEM IRIGASI TETES YANG DIKENDALIKAN  
SECARA PRESISI DENGAN MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

**Skripsi**

**Oleh**

**Desi Rahmiyati Syawaliyah  
2114121025**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**PENGARUH TARAF PEMBERIAN AIR TERHADAP PERTUMBUHAN  
DAN HASIL TANAMAN RADISH (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle  
MENGUNAKAN SISTEM IRIGASI TETES YANG DIKENDALIKAN  
SECARA PRESISI DENGAN MIKROKONTROLER  
ARDUINO UNO**

**Oleh**

**DESI RAHMIYATI SYAWALIYAH  
2114121025**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### **PENGARUH TARAF PEMBERIAN AIR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN RADISH (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle MENGGUNAKAN SISTEM IRIGASI TETES YANG DIKENDALIKAN SECARA PRESISI DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

Oleh

**DESI RAHMIYATI SYAWALIYAH**

Pengelolaan air yang tepat sangat penting dalam budidaya tanaman radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle karena tanaman ini peka terhadap perubahan kadar air tanah. Penelitian ini bertujuan menentukan taraf kadar air yang paling optimal terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle menggunakan sistem irigasi tetes yang dikendalikan secara presisi dengan mikrokontroler Arduino Uno. Penelitian dilaksanakan pada September-November 2025 di Rumah Kasa Fakultas Pertanian Universitas Lampung menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan empat taraf kadar air tanah, yaitu 20-40%, 40-60%, 60-80%, dan 80-100% kapasitas lapang, masing-masing diulang empat kali. Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot tanaman, bobot umbi, panjang umbi, dan diameter umbi. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan Uji BNT taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa taraf kadar air berpengaruh nyata terhadap seluruh variabel pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle. Perlakuan 80-100% kapasitas lapang menghasilkan nilai tertinggi, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 60-80% kapasitas lapang. Dengan mempertimbangkan efisiensi penggunaan air, taraf kadar air 60-80% kapasitas lapang dinyatakan sebagai kondisi paling optimal, sedangkan perlakuan 20-40% menghasilkan respons terendah.

**Kata Kunci:** Arduino Uno, Irigasi Tetes, Kadar Air, Kapasitas Lapang, Kadar Air, Kapasitas Lapang, Radish cv. Cherry Belle.

**ABSTRACT****THE EFFECT OF WATER APPLICATION LEVELS ON THE GROWTH  
AND YIELD OF RADISH (*Raphanus sativus* L.) cv. CHERRY BELLE  
USING A PRECISION DRIP IRRIGATION SYSTEM  
CONTROLLED ON AN ARDUINO  
MICROCONTROLLER****By****DESI RAHMIYATI SYAWALIYAH**

*Proper water management is essential in radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle cultivation due to the plant's sensitivity to changes in soil moisture content. This study aimed to determine the most optimal soil moisture level for the growth and yield of radish cv. Cherry Belle using a precision drip irrigation system controlled by an Arduino Uno microcontroller. The research was conducted from September to November 2025 in the Greenhouse of the Faculty of Agriculture, Universitas Lampung. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was applied with four soil moisture levels: 20-40%, 40-60%, 60-80%, and 80-100% of field capacity, each replicated four times. Observed variables included plant height, number of leaves, plant fresh weight, tuber weight, tuber length, and tuber diameter. Data were analyzed using analysis of variance anova followed by the Least BNT 5% significance level. The results showed that different soil moisture levels significantly affected all growth and yield variables of radish. The 80-100% field capacity treatment produced the highest values; however, it was not significantly different from the 60-80% field capacity treatment. Considering water use efficiency, the 60-80% field capacity level was identified as the most optimal condition, while the 20-40% treatment resulted in the lowest response.*

**Keywords:** *Arduino Uno, Drip Irrigation, Field Capacity, Radish cv. Cherry Belle, Soil Moisture Content.*

Judul Skripsi

**PENGARUH TARAF PEMBERIAN AIR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN RADISH (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle MENGGUNAKAN SISTEM IRIGASI TETES YANG DIKENDALIKAN SECARA PRESISI DENGAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNO**

Nama Mahasiswa

**Desi Rahmiyati Syawaliyah**

Nomor Pokok Mahasiswa

**2114121025**

Jurusan

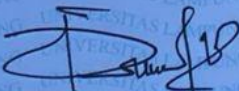
**Agroteknologi**

Fakultas

**Pertanian**

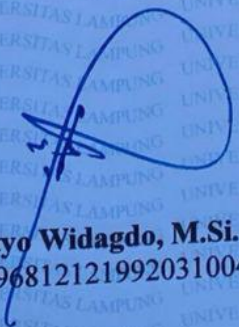
**MENYETUJUI:**

1. **Komisi Pembimbing,**

  
**Purba Sanjaya, S.P., M.Si.**  
NIP 198805112019031012

  
**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP 196411181989021002

2. **Ketua Jurusan Agroteknologi,**

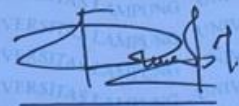
  
**Ir. Setyo Widagdo, M.Si.**  
NIP 196812121992031004



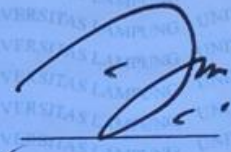
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji,**

**Ketua : Purba Sanjaya, S.P., M.Si.**



**Sekretaris : Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**



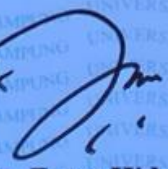
**Penguji  
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Afandi, M.P.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian,**



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP. 196411181989021002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Maret 2026**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Taraf Pemberian Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle Menggunakan Sistem Irigasi Tetes yang Dikendalikan secara Presisi dengan Mikrokontroler Arduino Uno**” adalah hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Seluruh hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 11 Maret 2026  
Yang membuat pernyataan,



**Desi Rahmiyati Syawaliyah**  
NPM 2114121025

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Tangerang, Provinsi Banten, sebagai anak bungsu dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar pada 2015, kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama dan menyelesaikannya pada 2018, serta menempuh pendidikan menengah atas hingga lulus pada 2021. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan strata satu pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam berbagai kegiatan baik di dalam maupun di luar kampus. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Karya jaya, Kecamatan Way Tuba, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung. Selain itu, penulis juga melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Balai Penelitian Tanaman Sayuran yang berlokasi di Lembang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat pada Juni-Agustus 2024. Penulis aktif dalam organisasi PERMA AGT (Persatuan Mahasiswa Agroteknologi) Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan pada periode 2023. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Kewirausahaan pada 2024.

## **PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya. dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, karya ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta, Papah dan Mamah yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis dengan doa, kasih yang tulus, serta dukungan tanpa batas. Berkat kekuatan dan pengorbanan merekalah penulis mampu menempuh pendidikan, menjalani masa perkuliahan, hingga menyelesaikannya dengan baik.

Kakak serta seluruh keluarga besar yang selalu hadir memberikan semangat dan motivasi dalam setiap proses yang penulis jalani.

Teman seperjuangan dan Keluarga Besar Agroteknologi 2021 atas kebersamaan, dukungan, doa, dan motivasi.  
AlmamaterKu, Universitas Lampung.

Kepada diri sendiri, terima kasih telah bertahan dan terus bertumbuh di tengah segala keterbatasan dan tantangan.

## **MOTTO**

“Bertumbuh sering kali berarti menerima lelah tanpa kehilangan arah.”

Waktu tidak selalu menghadirkan jalan yang lapang, hanya ruang untuk terus melangkah.  
di antara ragu yang sunyi dan doa yang setia  
arah perlahan menemukan maknanya.

## SANWACANA

Puji syukur atas Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan kuasa-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Taraf Pemberian Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle Menggunakan Sistem Irigasi Tetes yang Dikendalikan secara Presisi dengan Mikrokontroler Arduino Uno” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, saran, bimbingan, dan nasihat selama penulisan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik;
- (2) Bapak Ir. Setyo Widagdo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Universitas Lampung;
- (3) Bapak Purba Sanjaya, S.P., M.Si., selaku Pembimbing Utama yang telah senantiasa memberikan waktu, arahan, ilmu, nasihat, dan bimbingannya selama penelitian serta penulisan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik;
- (4) Bapak Dr. Ir. Afandi, M.P., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan arahan dalam penyusunan skripsi;
- (5) Seluruh Dosen Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat selama masa perkuliahan penulis;

- (6) Orang tua penulis yang senantiasa memberi doa, kasih sayang, serta dukungan kepada penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik;
- (7) Kakak penulis, serta seluruh keluarga yang memberikan doa dan dukungan kepada penulis dalam menjalankan perkuliahan serta penyusunan skripsi;
- (8) Rekan penelitian yang telah kebersamai dan berjuang bersama, saling membantu, mendukung, dan mendoakan: Szeinattie Arien Istiqah dan Afifah At-tharra Mazaya;
- (9) Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi, terimakasih atas saran, dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik.

Penulis menyadari dalam menyelesaikan skripsi ini terdapat banyak kesalahan ataupun kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis dan berbagai pihak.

Bandar Lampung, 11 Maret 2026  
Penulis



**Desi Rahmiyati Syawaliyah**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Kerangka Pemikiran .....	3
1.5 Hipotesis .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.) cv. Cherry Belle .....	7
2.2 Kondisi Lahan Percobaan .....	9
2.5 Mikrokontroler Arduino Uno .....	10
2.6 Peran Air dalam Pertumbuhan Tanaman .....	11
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	13
3.2 Alat dan Bahan .....	13
3.3 Metode Penelitian .....	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	14
3.4.1 Pembuatan Petak Tanam dan Sistem Irigasi .....	15
3.4.2 Pembuatan Skema Alat .....	15
3.4.3 Perancangan Perangkat Keras Arduino Uno .....	16
3.4.4 Kalibrasi Alat .....	17
3.4.5 Pengujian Alat .....	19
3.4.6 Penyemaian dan Penanaman .....	20
3.4.7 Pemeliharaan Tanaman .....	20

3.5 Pengamatan Tanaman.....	20
3.5.1 Tinggi Tanaman.....	21
3.5.2 Jumlah Daun .....	21
3.5.3 Bobot Tanaman .....	21
3.5.4 Diameter dan Panjang Umbi.....	21
3.5.5 Kadar Air Harian.....	22
3.5.6 Kadar Air Tanah, Kelembaban Udara, dan Suhu.....	22
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	23
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	24
4.1.2 Jumlah Daun .....	25
4.1.3 Bobot Tanaman .....	26
4.1.4 Bobot Umbi.....	26
4.1.5 Panjang Umbi.....	27
4.1.6 Diameter Umbi.....	28
4.1.7 Kadar Air Harian.....	28
4.2 Pembahasan.....	29
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>35</b>
5.1 Simpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>36</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran .....	6
2. Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.) cv. Cherry Belle .....	8
3. Tata letak penelitian .....	14
4. Skema perakitan alat Fritzing.....	16
5. Perbedaan tinggi radish cv. Cherry Belle setiap perlakuan.....	25
6. Kadar air harian.....	29
7. Kode pemrograman Arduino Uno .....	69
8. Lanjutan kode pemrograman Arduino Uno.....	70
9. Lanjutan kode pemrograman Arduino Uno.....	71
10. Lanjutan kode pemrograman Arduino Uno .....	72
11. Kurva kalibrasi metode pengeringan menggunakan oven.....	73
12. Pengeringan tanah menggunakan oven .....	74
13. Perakitan alat instalasi Arduino Uno .....	74
14. Semaian radish cv. Cherry Belle .....	75
15. Pemupukan radish cv. Cherry Belle .....	75
16. Kontrol kadar air harian.....	76
17. Pemanenan radish cv. Cherry Belle.....	76
18. Penimbangan hasil panen radish cv. Cherry Belle .....	77
19. Pengukuran menggunakan jangka sorong pada radish cv. Cherry Belle .....	77
20. Hasil uji tanah.....	78
21. Segitiga tekstur tanah .....	79
22. Tampilan umbi radish cv. Cherry Belle di Swalayan Chandra.....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Radish ( <i>Raphanus sativus</i> L.) cv. Cherry Belle .....	23
2. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle .....	24
3. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Tanaman Radish cv. Cherry Belle .....	25
4. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Tanaman (g) Radish cv. Cherry Belle.....	26
5. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Umbi (g) Tanaman Radish cv. Cherry Belle .....	27
6. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Panjang Umbi (cm) Tanaman Radish cv. Cherry Belle .....	27
7. Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Diameter Umbi (cm) Tanaman Radish cv. Cherry Belle .....	28
8. Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 6 hst .....	41
9. Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 6 hst .....	41
10. Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish 6 hst.....	42
11. Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 12 hst .....	42
12. Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 12 hst .....	43
13. Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 12 hst.....	43
14. Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 18 hst .....	44

15.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 18 hst .....	44
16.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 18 hst.....	45
17.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 24 hst .....	45
18.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 24 hst .....	46
19.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 24 hst.....	46
20.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 30 hst Transformasi Data ( $\sqrt{x}$ ).....	47
21.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 30 hst .....	47
22.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 30 hst .....	48
23.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 34 hst Transformasi Data ( $\sqrt{x}$ ).....	48
24.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 34 hst .....	49
25.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Tinggi Tanaman (cm) Radish cv. Cherry Belle 34 hst .....	49
26.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 6 hst .....	50
27.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 6 hst.....	50
28.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 6 hst .....	51
29.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 12 hst .....	51
30.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish 12 hst .....	52
31.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 12 hst....	52

32.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 18 hst .....	53
33.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 18 hst.....	53
34.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 18 hst....	54
35.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 24 hst .....	54
36.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 24 hst.....	55
37.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 24 hst....	55
38.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 30 hst .....	56
39.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 30 hst.....	56
40.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 30 hst....	57
41.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 34 hst .....	57
42.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 34 hst.....	58
43.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Jumlah Daun (helai) Radish cv. Cherry Belle 34 hst....	58
44.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Bobot Tanaman (g) Radish cv. Cherry Belle Transformasi Data ( $\sqrt{x}$ ) .....	59
45.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Tanaman (g) Radish cv. Cherry Belle .....	59
46.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Tanaman (g) Radish cv. Cherry Belle .....	60
47.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Bobot Umbi (g) Radish cv. Cherry Belle Transformasi Data ( $\sqrt{x}$ ).....	60
48.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Umbi (g) Radish cv. Cherry Belle 34 hst .....	61
49.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Bobot Umbi (g) Radish cv. Cherry Belle .....	61
50.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Panjang Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle .....	62
51.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Panjang Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle.....	62

52.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Panjang Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle .....	63
53.	Data Pengaruh Perbedaan Taraf Kadar Air terhadap Diameter Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle .....	63
54.	Hasil Uji Homogenitas Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Diameter Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle.....	64
55.	Hasil Uji Aditivitas dan Analisis Ragam Pengaruh Taraf Kadar Air terhadap Diameter Umbi (cm) Radish cv. Cherry Belle .....	64
56.	Nilai Sensor Berdasarkan Kalibrasi Metode Penambahan Air (Kering) .....	65
57.	Nilai Sensor Berdasarkan Kalibrasi Metode Penambahan Air (Basah).....	65
58.	Nilai Sensor Berdasarkan Kalibrasi Metode Pengeringan Menggunakan Oven.....	65
59.	Nilai Batas Kadar Air Berdasarkan Kapasitas Lapang (Afandi, 2019).....	65
60.	Nilai Sensor Taraf Kadar Air berdasarkan Nilai Tertinggi dan Terendah .....	66
61.	Nilai Kadar Air Aktual Sensor 1 .....	66
62.	Nilai Kadar Air Aktual Sensor 2 .....	66
63.	Nilai Kadar Air Aktual Sensor 3 .....	67
64.	Nilai Kadar Air Aktual Sensor 4 .....	67
65.	Standar Bobot dan Ukuran Radish cv. Cherry Belle di Swalayan Chandra .....	67
66.	Kadar Air Harian .....	68

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian sebagai pengguna air terbesar dituntut untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan air tanpa menurunkan produktivitas tanaman budidaya. Pengelolaan irigasi yang kurang tepat masih sering terjadi dan berpotensi menyebabkan pemborosan air dalam jumlah besar. Kondisi ini berdampak langsung terhadap stabilitas produksi tanaman hortikultura, terutama pada komoditas yang sensitif terhadap ketersediaan air. Data statistik pertanian menunjukkan bahwa produksi sayuran nasional sejak 2023 mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya, salah satunya penyebab penurunan produktivitas maupun hasil tanaman dipengaruhi oleh faktor iklim dan keterbatasan pengelolaan sumber daya air (BPS, 2024). Penerapan teknologi irigasi presisi berbasis sensor dan mikrokontroler mulai banyak dikembangkan sebagai solusi untuk mengurangi penggunaan air secara berlebihan sekaligus menjaga produktivitas tanaman (Li *et al.*, 2020).

Teknologi irigasi yang dinilai efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air adalah sistem irigasi tetes. Irigasi tetes mampu menyalurkan air secara langsung ke zona perakaran tanaman. Teknologi ini sangat penting diterapkan pada tanaman yang peka terhadap ketersediaan air, seperti tanaman umbi-umbian radish (*Raphanus sativus* L.). Radish merupakan tanaman hortikultura berumur pendek dengan sistem perakaran dangkal, sehingga sangat sensitif terhadap fluktuasi kadar air tanah. Menurut Kusuma *et al.* (2018), ketidaktepatan pengelolaan air, baik berupa kekurangan maupun kelebihan air yang dapat berdampak langsung terhadap pertumbuhan vegetatif dan pembentukan umbi.

Respons tanaman radish terhadap cekaman air diketahui bervariasi setiap jenisnya, baik dari aspek pertumbuhan vegetatif maupun kualitas umbi. Tanaman radish yang mengalami cekaman air dapat menurunkan biomassa umbi dan total biomassa tanaman. Cekaman air pada taraf sedang dinilai masih mampu mempertahankan hasil umbi yang relatif tinggi sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan air. Menurut Ahmad *et al.* (2014), Kultivar Cherry Belle merupakan salah satu kultivar radish berumur genjah yang memiliki umbi berukuran kecil, berbentuk bulat, dan berwarna merah cerah. Kultivar ini banyak dibudidayakan karena masa panennya yang singkat serta nilai ekonominya yang relatif tinggi, sehingga memiliki potensi besar untuk dikembangkan melalui sistem budidaya yang efisien dan terkontrol.

Air berperan sebagai faktor utama dalam pertumbuhan tanaman karena terlibat langsung dalam proses fisiologi tanaman. Kekurangan air dapat menurunkan luas daun, laju ekspansi daun, dan kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya, sedangkan kadar air tanah yang tinggi dapat menghambat asimilasi karbon akibat berkurangnya difusi oksigen di zona perakaran (Fererres dan Soriano, 2007). Pengelolaan air yang tepat mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mempertahankan produktivitas tanaman radish. Pengaturan kadar air tanah pada kisaran tertentu dapat menghasilkan pertumbuhan dan akumulasi biomassa yang optimal. Taraf irigasi yang tidak mencapai kondisi tanah jenuh justru menghasilkan pertumbuhan dan hasil yang lebih baik, yang menunjukkan adanya kisaran kelembaban optimum yang tidak selalu identik dengan kondisi tanah selalu basah (Dhawiyarda *et al.*, 2020).

Irigasi tetes merupakan salah satu teknologi irigasi hemat air yang banyak diterapkan pada tanaman hortikultura karena mampu mengurangi kehilangan air akibat evaporasi permukaan dan limpasan. Seiring dengan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT), sistem irigasi presisi berbasis sensor dan mikrokontroler semakin banyak dikembangkan untuk mendukung pengelolaan air yang lebih akurat dan adaptif. Penerapan sistem irigasi otomatis dapat mengatur pemberian air berdasarkan pembacaan kelembaban tanah secara *real time*.

Menurut Shinde dan Wandkar (2016), mikrokontroler seperti Arduino mampu mengendalikan pompa dan katup irigasi secara otomatis sesuai dengan ambang kelembaban yang telah ditetapkan, sehingga pemberian air dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual tanaman.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini yaitu berapa taraf kadar air terbaik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle yang dikendalikan dengan mikrokontroler Arduino Uno?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui taraf kadar air terbaik untuk pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle menggunakan sistem yang dikendalikan dengan mikrokontroler Arduino Uno.

## **1.4 Kerangka Pikiran**

Air merupakan salah satu faktor lingkungan penting dalam produksi pertanian karena berperan dalam proses fisiologis tanaman. Air berfungsi sebagai pelarut unsur hara di dalam tanah sehingga unsur hara dapat diserap oleh akar (Plett *et al.*, 2020). Air merupakan komponen utama penyusun jaringan tanaman. Penerapan sistem pertanian modern, air sering menjadi faktor pembatas utama akibat ketersediaannya yang semakin tidak menentu sebagai dampak perubahan iklim (Rejekiningrum *et al.*, 2022). Perubahan pola curah hujan menyebabkan periode kekeringan maupun kelebihan air terjadi lebih sering. Kondisi cuaca berdampak pada stabilitas produksi tanaman, terutama pada tanaman hortikultura yang umumnya memiliki sistem perakaran dangkal dan kebutuhan air relatif tinggi (Cartika *et al.*, 2023).

Sektor pertanian sebagai pengguna air terbesar dituntut untuk mengelola air secara lebih efisien agar kebutuhan pangan tetap terpenuhi. Efisiensi penggunaan air atau *Water Use Efficiency* (WUE) menggambarkan kemampuan tanaman dalam menghasilkan biomassa atau hasil ekonomi per satuan air yang digunakan. Peningkatan WUE tidak selalu berarti pengurangan jumlah air secara drastis, tetapi lebih menekankan pada penyesuaian pemberian air agar sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman (Arif *et al.*, 2024). Irigasi merupakan upaya penyediaan air bagi tanaman untuk memenuhi kebutuhan air selama siklus pertumbuhan (Pambudi, 2021). Irigasi berfungsi sebagai pengganti atau pelengkap curah hujan yang tidak mencukupi atau tidak merata (Amalia, 2023). Pengelolaan irigasi yang tidak tepat dapat menyebabkan pemberian air melebihi atau kurang dari kebutuhan tanaman, sehingga berdampak negatif terhadap pertumbuhan dan hasil. Rendahnya ketersediaan oksigen di daerah perakaran dapat menurunkan aktivitas respirasi akar dan mengganggu proses penyerapan unsur hara (Plett *et al.*, 2020).

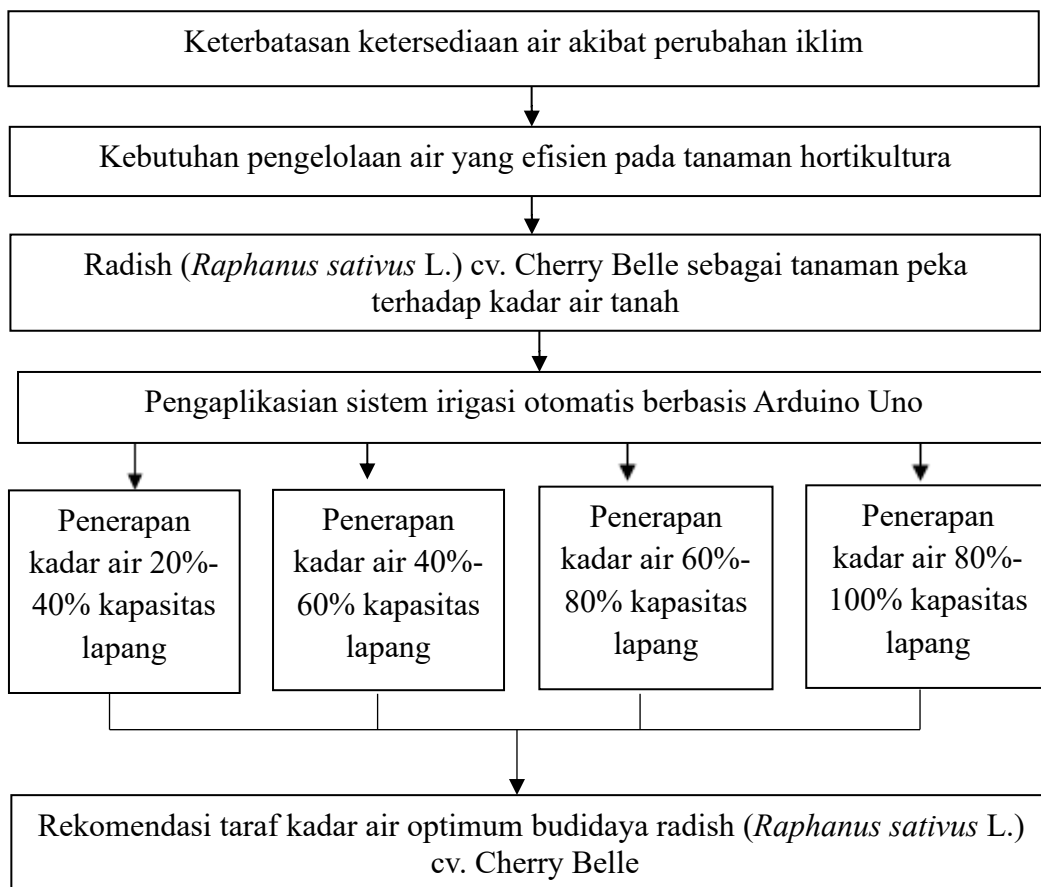
Teknologi irigasi yang banyak dikembangkan adalah irigasi tetes. Sistem irigasi tetes menyalurkan air secara perlahan langsung ke zona perakaran tanaman dengan debit rendah dan frekuensi tinggi. Dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional, irigasi tetes memiliki efisiensi penggunaan air yang lebih tinggi karena mampu menekan kehilangan air akibat evaporasi dan limpasan (Cartika *et al.*, 2023). Sistem ini juga mampu menjaga kadar air tanah relatif stabil, sehingga fluktuasi kelembaban tanah dapat diminimalkan.

Radish (*Raphanus sativus* L.) merupakan tanaman hortikultura dari famili Brassicaceae yang dibudidayakan sebagai sayuran umbi. Tanaman radish termasuk tanaman semusim dengan siklus hidup relatif singkat dan laju pertumbuhan yang cepat (Hernandez, 2021). Karakteristik tersebut menyebabkan radish sangat responsif terhadap kondisi lingkungan selama masa pertumbuhan. Sistem perakaran radish bersifat dangkal (Hatfield dan Dold, 2019). Umbi radish berfungsi sebagai organ penyimpanan hasil fotosintesis, sehingga keseimbangan

antara pertumbuhan vegetatif dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi hasil akhir. Kultivar Cherry Belle merupakan salah satu kultivar radish yang banyak dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Kultivar ini dikenal berumur genjah, dengan umbi berbentuk bulat, berwarna merah cerah, dan berukuran relatif kecil. Sifat genjah dan responsif terhadap lingkungan menjadikan kultivar Cherry Belle rentan terhadap fluktuasi kadar air tanah. Kekurangan air dapat menghambat pertumbuhan daun dan pembentukan umbi, sedangkan kelebihan air dapat mengganggu pembesaran umbi serta kondisi perakaran (Kaur *et al.*, 2021).

Kadar air tanah menunjukkan jumlah air yang tersimpan di dalam pori-pori tanah dan tersedia bagi tanaman (Putri *et al.*, 2025). Kadar air tanah berkaitan erat dengan potensial air tanah yang menentukan kemudahan air untuk diserap oleh akar. Kondisi kadar air tanah yang tinggi menunjukkan potensial air tanah relatif lebih besar sehingga aliran air ke akar berlangsung lebih mudah (Hatfield dan Dold, 2019). Kadar air tanah yang rendah menyebabkan penurunan potensial air tanah dan membatasi kemampuan tanaman dalam menyerap air di sekitar akar (Kaur *et al.*, 2021).

Perlakuan dalam penelitian ini berupa pengendalian kadar air tanah pada tanaman radish cv. Cherry Belle dengan empat taraf, yaitu 20-40%, 40-60%, 60-80%, dan 80-100% kapasitas lapang. Penerapan berbagai taraf kadar air bertujuan untuk menentukan taraf pemberian air yang paling optimal bagi pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle. Pengendalian kadar air tanah dilakukan menggunakan sistem irigasi presisi berbasis sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler Arduino. Sensor digunakan untuk memantau kondisi kelembaban tanah secara *real time*, sedangkan Arduino berfungsi mengendalikan pemberian air sesuai dengan ambang kadar air yang telah ditetapkan. Diagram kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran.

### 1.5 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat pertumbuhan dan hasil radish cv. Cherry Belle terbaik berdasarkan pengaturan taraf terbaik pemberian air menggunakan sistem irigasi tetes yang dikendalikan secara presisi dengan mikrokontroler Arduino Uno.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle

Radish (*Raphanus sativus* L.) merupakan sayuran umbi semusim dari famili Brassicaceae yang dibudidayakan sebagai tanaman sayur akar dan daun muda. Tanaman ini dapat tumbuh dan dibudidayakan di wilayah tropis, subtropis, hingga beriklim sedang. Radish termasuk salah satu tanaman umbi yang memiliki kandungan nutrisi, vitamin, mineral, serta senyawa bioaktif yang relatif tinggi, sehingga digolongkan sebagai sayuran fungsional (Gamba *et al.*, 2021). Taksonomi radish diklasifikasikan ke dalam kingdom Plantae, ordo Brassicales, famili Brassicaceae, genus *Raphanus*, dan spesies *Raphanus sativus* L. (Singh, 2021).

Marfologis tanaman radish memiliki sistem perakaran berupa akar tunggang yang mengalami pembesaran dan membentuk umbi sebagai organ utama hasil panen. Umbi radish menunjukkan variasi bentuk, ukuran, dan warna, mulai dari silindris, kerucut, hingga bulat, dengan warna putih, merah, ungu, atau hitam, tergantung pada kultivar dan faktor genetik. Daun radish tersusun dalam bentuk roset, bertekstur lunak, dan memiliki variasi bentuk daun, mulai dari utuh hingga berlekuk/*lyrate* (Singh, 2021). Fisiologi pertumbuhan radish ditandai oleh siklus hidup yang relatif pendek, yaitu sekitar 25-45 hari. Fase pertumbuhan vegetatif awal ditandai dengan pembentukan daun, yang berperan penting dalam mendukung fotosintesis dan akumulasi asimilat untuk pembesaran umbi. Pertumbuhan dan hasil radish sangat dipengaruhi oleh kesesuaian kondisi lingkungan, terutama iklim, suhu, dan panjang hari.

Kultivar radish yang banyak dibudidayakan di wilayah tropis adalah kultivar Cherry Belle. Kultivar ini memiliki umbi berukuran relatif kecil, berbentuk bulat, dan berwarna merah cerah. Radish Cherry Belle termasuk ke dalam kelompok kultivar radikula yang banyak dikembangkan sebagai sayuran salad dengan umur panen yang singkat (Singh, 2021). Radish mengandung berbagai senyawa bioaktif, antara lain flavonoid, polifenol non-flavonoid, terpen dan turunannya, lemak serta senyawa terkait, serta glukosinolat beserta produk degradasinya (Gamba *et al.*, 2021). Kultivar Cherry Belle dikenal sebagai tipe radish berumbi kecil dengan bentuk bulat, kulit berwarna merah mengkilap, daging umbi berwarna putih, tekstur renyah, dan rasa agak pedas. Keunggulan kultivar Cherry Belle yaitu ukuran umbi yang relatif seragam, siklus hidup yang pendek, serta daya adaptasi yang baik pada berbagai sistem budidaya tanaman, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai sayuran salad.

Radish memiliki sistem perakaran dangkal dan umur tanaman yang relatif singkat. Radish menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap cekaman kekeringan terutama pada fase pembesaran umbi. Kekurangan air pada fase tersebut dapat menyebabkan umbi berukuran kecil, bentuk tidak seragam, atau mudah pecah, sedangkan kelebihan air berpotensi meningkatkan risiko penyakit akar serta menurunkan kualitas umbi (Satari *et al.*, 2020). Tampilan fisik tanaman radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Radish (*Raphanus sativus* L.) cv. Cherry Belle.

## 2.1 Kondisi Lahan Percobaan

Rumah kaca merupakan struktur bangunan semi-transparan yang digunakan dalam kegiatan pertanian untuk menciptakan kondisi lingkungan yang lebih terkendali. Atap dan dinding rumah kaca umumnya terbuat dari bahan yang tembus cahaya, seperti plastik transparan, sehingga memungkinkan penetrasi cahaya matahari yang cukup bagi tanaman. Fungsi utama rumah kaca adalah melindungi tanaman dari pengaruh lingkungan luar yang bersifat ekstrem, baik yang berkaitan dengan kondisi iklim maupun perubahan kelembaban tanah, sehingga iklimat di sekitar tanaman dapat dikendalikan dengan lebih baik (Lubis *et al.*, 2015). Keberadaan atap transparan pada rumah kaca bertujuan untuk memaksimalkan proses pertumbuhan tanaman, khususnya fotosintesis, dengan tetap menyediakan intensitas cahaya yang memadai.

Media tanam berperan penting sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya sistem perakaran, sekaligus sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara yang dibutuhkan tanaman. Media tanam yang baik harus memiliki porositas yang optimal, aerasi dan drainase yang baik, serta kapasitas penyimpanan air yang memadai, salah satunya melalui kombinasi tanah dengan bahan organik seperti arang sekam atau sekam padi (Wang *et al.*, 2024). Tanah yang subur memiliki struktur yang mendukung penetrasi dan perkembangan akar serta mampu mempertahankan kelembaban tanah dalam kondisi relatif stabil.

Sekam padi merupakan hasil samping pengolahan padi yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan campuran media tanam. Sekam padi memiliki kandungan bahan organik serta sifat berongga yang dapat meningkatkan porositas media tanam. Penambahan sekam padi dalam media tanam mampu meningkatkan sirkulasi udara di sekitar akar tanaman, sehingga mengurangi risiko genangan air dan memperbaiki kondisi drainase. Selain itu, sekam padi juga berperan dalam membantu mengatur suhu di dalam media tanam, yang penting untuk menjaga stabilitas lingkungan perakaran dan mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Wang *et al.*, 2024).

### 2.3 Mikrokontroler Arduino Uno

Perubahan iklim memiliki keterkaitan yang erat dengan pengelolaan irigasi di sektor pertanian di berbagai negara. Keterbatasan ketersediaan air irigasi mendorong pengembangan teknologi irigasi modern yang mampu menghemat penggunaan air sekaligus menjaga produktivitas tanaman tetap optimal (Akturk *et al.*, 2024). Sistem irigasi tradisional yang masih banyak diterapkan sering menyebabkan kelebihan maupun kekurangan air, sehingga berdampak pada penurunan hasil tanaman serta rendahnya efisiensi pemanfaatan sumber daya air (Faria *et al.*, 2025). Kondisi tersebut menjadi semakin penting pada komoditas sayuran berumur pendek yang peka terhadap cekaman air, termasuk tanaman umbi seperti radish.

Seiring dengan permasalahan irigasi di bidang pertanian, konsep pertanian presisi berkembang dengan menekankan pemberian air, hara, dan input budidaya lainnya secara tepat sesuai kebutuhan tanaman. Penerapan sensor tanah menjadi komponen penting dalam sistem pertanian presisi karena mampu menyediakan informasi kondisi tanah secara akurat dan berkelanjutan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan irigasi. Mikrokontroler berperan penting dalam pertanian modern sebagai pusat kendali sistem otomasi yang berfungsi mengolah data sensor dan mengendalikan aktuator secara *real time*. Mikrokontroler menerima data berupa kadar kelembaban tanah, suhu, kelembaban udara, maupun tinggi permukaan air, kemudian menerjemahkannya menjadi perintah untuk menyalakan atau mematikan pompa serta membuka atau menutup katup irigasi (Abdulhamid dan Njoroge, 2020).

Mikrokontroler yang banyak digunakan adalah Arduino Uno karena bersifat *open-source*, berbiaya relatif rendah, serta mudah diaplikasikan baik pada perangkat lunak maupun perangkat keras (Girisha *et al.*, 2023). Sistem berbasis mikrokontroler umumnya mengintegrasikan sensor kelembaban tanah tipe resistif atau kapasitif, sensor suhu dan kelembaban udara, serta modul *relay* untuk

mengendalikan pompa air (Kanimozhi, 2024). Pengembangan mikrokontroler mulai diarahkan untuk mendukung penerapan pertanian presisi pada berbagai komoditas hortikultura, termasuk tanaman sayuran jenis umbi (Liana *et al.*, 2025).

Irigasi tetes dikenal sebagai salah satu metode irigasi yang paling efisien dalam pemanfaatan air karena mampu menyalurkan air secara langsung ke zona perakaran tanaman melalui berdebit rendah. Metode ini dapat mengurangi kehilangan air akibat evaporasi permukaan dan perkolasi dalam, serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan dengan sistem irigasi permukaan konvensional (Shinde dan Wandkar, 2016). Integrasi Arduino Uno dengan sistem irigasi tetes menghasilkan sistem irigasi tetes presisi yang bekerja berdasarkan data sensor. Sistem alat bekerja dengan memastikan kelembaban tanah diukur secara terus menerus, kemudian data tersebut diproses oleh Arduino untuk mengaktifkan pompa dan mengalirkan air melalui tetes hanya ketika tanaman membutuhkannya (Arun *et al.*, 2022).

## **2.4 Peran Air dalam Pertumbuhan Tanaman**

Air merupakan komponen utama penyusun jaringan tanaman dan berperan penting dalam berbagai proses fisiologis, antara lain fotosintesis, respirasi, serta translokasi hasil asimilasi. Ketersediaan air yang mencukupi berfungsi menjaga tekanan turgor sel, sehingga mendukung proses pembelahan dan pemanjangan sel baik pada organ vegetatif maupun generatif tanaman (Nurjanaty *et al.*, 2019). Kekurangan air dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan cekaman yang berdampak luas terhadap aspek morfologi, fisiologi, dan hasil tanaman. Kondisi kadar air tanah yang rendah, penyerapan air dan unsur hara oleh akar menjadi terganggu, sehingga laju fotosintesis menurun akibat penutupan stomata serta berkurangnya pembentukan klorofil. Contoh yang terjadi pada tanaman umbi, kekurangan air selama fase pembesaran umbi berpotensi menurunkan berat segar, diameter umbi, dan kualitas visual, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap nilai ekonomis hasil panen (Lara, 2025).

Kelebihan air juga memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Kondisi tanah atau media tumbuh yang terlalu jenuh air menyebabkan terjadinya hipoksia pada zona perakaran, menghambat respirasi akar, serta menurunkan efisiensi penyerapan unsur hara. Tanaman pada kondisi tersebut, pori-pori udara dalam tanah berkurang sehingga difusi oksigen ke jaringan akar terhambat dan akar menjadi lebih rentan terhadap kerusakan (Krestiani dan Supriyo, 2022). Kelebihan air dapat memicu terjadinya pelindian unsur hara, menurunkan konsentrasi nutrisi dalam larutan tanah, serta mengganggu keseimbangan unsur yang diserap oleh tanaman (Nurjanaty *et al.*, 2019). Hubungan antara taraf pemberian air dengan pertumbuhan dan hasil tanaman sangat erat, karena air secara langsung mempengaruhi pembentukan biomassa, luas daun, serta distribusi asimilat ke organ ekonomis. Pemberian air pada taraf yang mendekati kapasitas lapang umumnya mampu meningkatkan berat basah dan berat kering tanaman serta mendukung perkembangan organ hasil secara optimal.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada September-November 2025 yang bertempat di dalam Rumah kaca Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan spesifik lokasi 05°22' LS dan 105°14' BT, pada ketinggian 148 mdpl.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikrokontroler Arduino Uno, adaptor, sensor kelembaban tanah, sensor kelembaban udara dan suhu, pompa air, *relay*, selang air, ember, sekop, kabel bintang serabut, kabel *jumper*, kotak pelindung alat, laptop, mistar ukur, pisau tipis/*cutter*, pengait kabel, selotip, *shoulder*, spidol, monitor, air, media tanam, benih radish cv. Cherry Belle, lem tembak, paku, papan kayu, pupuk, dan plastik bening.

#### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Perlakuan yang diterapkan terdiri dari satu faktor yaitu taraf kadar air dengan persentase 20%-40% (P1), 40%-60% (P2), 60%-80% (P3), dan 80%-100% (P4), yang diulang sebanyak 4 kali dalam satu percobaan. Tata letak penelitian disajikan pada Gambar 3.

P3.U4	P4.U3	P1.U2	P4.U1
P2.U4	P2.U3	P3.U2	P1.U1
P4.U4	P3.U3	P4.U2	P2.U1
P1.U4	P1.U3	P2.U2	P3.U1

Gambar 3. Tata letak penelitian.

Keterangan:

P1 : Kadar air 20%-40%

P2 : Kadar air 40%-60%

P2 : Kadar air 60%-80%

P4 : Kadar air 80%-100%

U1 : Ulangan/Kelompok 1

U2 : Ulangan/Kelompok 2

U3 : Ulangan/Kelompok 3

U4 : Ulangan/Kelompok 4

Data hasil penelitian diuji homogenitas ragam menggunakan Uji Bartlett dan keaditifan model menggunakan Uji Tukey sebagai prasyarat analisis ragam. Data selanjutnya dianalisis menggunakan analisis ragam anova. Hasil analisis ragam yang menunjukkan pengaruh perlakuan nyata, dilakukan pemisahan nilai tengah untuk diketahui perbedaan respon antarperlakuan menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Uji BNT digunakan karena sesuai untuk membandingkan rata-rata perlakuan pada rancangan percobaan dengan jumlah ulangan yang terbatas, sehingga interpretasi hasil analisis tetap memenuhi kaidah statistik yang berlaku.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan di rumah kaca dengan beberapa rangkaian mencakup pembuatan petak tanam, persiapan media tanam, pembuatan skema rangkaian alat, kontrol irigasi dan pemantauan kondisi lingkungan, perakitan perangkat dan komponen Arduino Uno, kalibrasi alat, pengujian alat, penyemaian, penanaman, pemeliharaan tanaman, dan pemanenan.

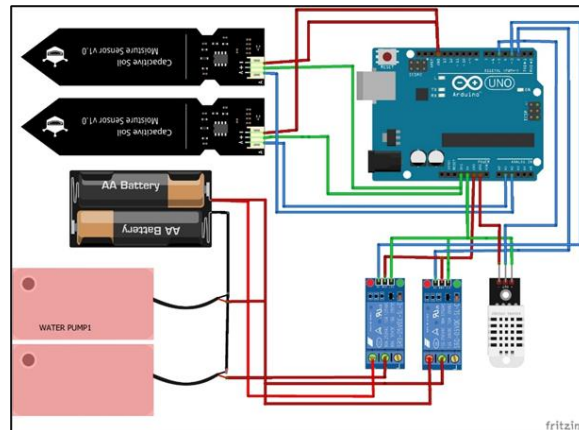
### 3.4.1 Pembuatan Petak dan Sistem Irigasi

Petak tempat tanam menggunakan bahan kayu yang membentuk persegi panjang dengan panjang 140 cm dan lebar 100 cm. Petak membentuk bak tanam dengan kedalaman 30 cm. Petak utama disesuaikan dengan ukuran plot 30 cm. Bak tanam berupa petak dilapisi dengan plastik bening serta direkatkan agar air yang diberikan tetap berada pada wilayah petak.

Sistem irigasi tetes dirancang untuk mendukung pemberian air secara terkontrol dan efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman. Saluran air untuk kebutuhan irigasi dibuat menggunakan selang berukuran  $\frac{3}{4}$  inci. Selang-selang dilubangi terlebih dahulu dengan menggunakan solder untuk menciptakan lubang dengan ukuran sekitar 10 cm dan jarak antarlubang yang seragam. Proses setelah pelubangan selesai maka selang disambungkan ke pompa air. Penempatan dari selang diposisikan mengelilingi setiap kotak tanam untuk memastikan distribusi air yang merata di seluruh area tanaman.

### 3.4.2 Pembuatan Skema Alat

Skema alat dibuat untuk memvisualisasikan keterkaitan antarkomponen yang digunakan sebagai acuan perakitan alat kontrol irigasi dan pemantauan kondisi lingkungan. Skema alat digunakan sebagai acuan proses identifikasi jalur koneksi antarperangkat sehingga meminimalisir kesalahan dalam perakitan. Skema dirancang menggunakan Fritzing untuk menggambarkan cara kerja perangkat. Kombinasi dari berbagai komponen membentuk sebuah prototipe yang siap diuji. Beberapa perangkat utama yang digunakan dalam rangkaian ini meliputi Arduino sebagai mikrokontroler, modul *relay* untuk pengendalian, pompa air sebagai aktuator, sensor kelembaban tanah untuk pemantauan kadar air, serta sensor DHT22 yang berfungsi mengukur suhu dan kelembaban udara. Berikut skema perakitan melalui Fritzing disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema perakitan alat Fritzing.

### 3.4.3 Perancangan Perangkat Keras Arduino Uno

Perancangan perangkat keras menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dalam sistem kontrol otomatis kelembaban tanah. Arduino Uno berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang menerima *input* dari sensor, memrosesnya, dan mengendalikan aktuator sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Sistem ini dirancang untuk mengatur penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah yang terukur. Komponen perangkat keras yang digunakan meliputi Arduino Uno, sensor kelembaban tanah tipe V1.2, sensor DHT22, modul *relay*, pompa air, *breadboard*, kabel *jumper*, dan satu daya. Sensor kelembaban tanah dihubungkan ke salah satu pin analog Arduino Uno untuk membaca nilai kadar air tanah dalam rentang 0-100%. Data analog dari sensor kemudian dikonversi menjadi data digital oleh Arduino Uno untuk dianalisis. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara sebagai data pendukung lingkungan tumbuh tanaman.

Sistem bekerja dengan aliran daya dari *power supply* menuju Arduino Uno, sehingga seluruh sensor dapat berfungsi. Ketika nilai kelembaban tanah berada di bawah batas yang telah ditentukan, Arduino Uno akan mengirimkan sinyal ke modul *relay* untuk mengaktifkan pompa air. Sebaliknya, pompa akan berhenti secara otomatis ketika kelembaban tanah telah mencapai nilai optimum. Seluruh proses pengendalian dilakukan secara otomatis berdasarkan program yang

ditanamkan pada mikrokontroler. Perakitan prototipe dilakukan dengan merangkai seluruh komponen pada mikrokontroler sesuai skema perancangan. Program dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk membaca data sensor dan mengontrol *relay* berdasarkan nilai kelembaban tanah. Kode program diunggah ke Arduino Uno melalui kabel USB. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan sensor, *relay*, dan pompa air bekerja sesuai dengan perintah yang diberikan oleh Arduino Uno.

#### **3.4.4 Kalibrasi Alat**

Kalibrasi sensor kelembaban tanah dilakukan menggunakan dua metode. Metode pertama dilakukan melalui penentuan kadar air tanah berdasarkan perhitungan gravimetrik pada kondisi kapasitas lapang untuk menetapkan jumlah penambahan air pada setiap taraf kadar air. Metode kedua dilakukan dengan melihat nilai keluaran sensor terhadap kadar air tanah melalui air yang keluar selama proses Pengeringan.

Metode penambahan air dilakukan dengan menguji secara langsung media tanah yang sama dengan tanah penelitian. Tanah dikeringkan dengan metode kering udara selama 5 hari hingga berat tanah relatif konstan, yang ditandai dengan tidak adanya perubahan berat dalam selang waktu 24 jam. Tanah kering kemudian ditimbang untuk memperoleh berat kering tanah. Nilai berat kering tanah tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan kadar air tanah. Penentuan kapasitas lapang dilakukan menggunakan metode gravimetrik. Tanah kering dimasukkan ke dalam wadah kalibrasi, kemudian air ditambahkan secara perlahan hingga tanah berada pada kondisi jenuh tanpa genangan di permukaan. Setelah itu, tanah dibiarkan mengalir bebas selama 24 jam untuk menghilangkan air gravitasi. Tanah kemudian ditimbang untuk memperoleh berat basah tanah pada kondisi kapasitas lapang. Kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang dihitung menggunakan rumus:

$$KA(\%) = \frac{BB - BK}{BK} \times 100\%$$

Keterangan:

KA : Kadar air (%)

BB : Berat basah (g)

BK : Berat kering (g)

Perlakuan Taraf kadar air ditentukan berdasarkan persentasi dari kadar air kapasitas lapang, yaitu 20-40%, 40-60%, 60-80%, dan 80-100%. Berat basah tanah yang disesuaikan pada setiap taraf kadar air dihitung menggunakan rumus:

$$BB = BK(1 + KA)$$

Keterangan:

KA : Kadar air (%)

BB : Berat basah (g)

BK : Berat kering (g)

Jumlah air yang harus ditambahkan diperoleh dari selisih antara berat basah target dan berat kering tanah. Air ditambahkan secara bertahap dan merata ke dalam media tanah sesuai dengan hasil perhitungan. Setelah penambahan air, tanah diaduk secara perlahan untuk memastikan distribusi air merata dan didiamkan hingga kondisi kelembaban tanah stabil sebelum dilakukan pembacaan sensor.

Metode kalibrasi kedua dilakukan melalui proses pengeringan menggunakan oven sebanyak sepuluh kali. Sampel tanah diambil dari lokasi penelitian dan dimasukkan ke dalam wadah sebagai perwakilan setiap sensor. Wadah yang digunakan memiliki lubang drainase di bagian bawah sebagai jalur keluarnya air selama proses penjenuhan dan pengeringan. Wadah yang telah diisi tanah kemudian ditimbang untuk memperoleh berat awal sampel. Air selanjutnya ditambahkan ke dalam wadah berisi tanah secara perlahan hingga mencapai kondisi jenuh, yang ditandai dengan keluarnya air melalui lubang drainase pada bagian bawah wadah. Setelah proses penjenuhan, tanah dibiarkan selama

24 jam untuk menghilangkan air gravitasi, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat basah tanah. Setelah kondisi tanah stabil, sensor kelembaban tanah ditancapkan ke dalam media tanah dan nilai keluaran sensor dicatat.

Tahap berikutnya dilakukan pengeringan menggunakan oven pada suhu 105°C secara bertahap hingga sembilan kali untuk mengamati perubahan kadar air tanah pada setiap tahap pengeringan. Setelah setiap tahap pengovenan, sampel tanah didinginkan hingga mencapai suhu ruang sebelum dilakukan penimbangan dan pembacaan sensor. Setelah seluruh tahap pengovenan selesai, sampel tanah dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga diperoleh berat kering akhir. Selisih antara berat basah dan berat kering tanah digunakan untuk menghitung kadar air tanah aktual menggunakan metode gravimetrik dengan rumus:

$$w\% = \frac{M_w - M_p}{M_p} \times 100\%$$

Keterangan:

$M_w$  : Berat basah tanah (g)

$M_p$  : Berat kering tanah (massa padatan tanah) (g)

(Afandi, 2019).

### 3.4.5 Pengujian Alat

Perangkat rakitan Arduino Uno harus menjalani serangkaian uji coba untuk memastikan fungsi serta kesesuaiannya dengan parameter yang direncanakan. Pengujian dilakukan kurang lebih 1 minggu sebelum masuk masa penanaman. Selama proses ini, setiap bagian perangkat keras, perangkat lunak, dan sistem irigasi diperiksa untuk memastikan bahwa seluruh sistem bekerja sebagaimana mestinya.

### **3.4.6 Penyemaian dan Penanaman**

Radish dilakukan penyemaian sebagai langkah awal penanaman, Penyemaian dilakukan untuk mengecambahkan benih. Hasil semai akan diseleksi untuk didapatkan keseragaman tanaman sebagai bahan untuk penanaman. Penanaman atau pindah tanam radish dapat dilakukan sekitar 1 minggu setelah semai. Waktu terbaik untuk menanam radish ketika tanah tidak terlalu basah dan suhu udara berkisar antara 25°C hingga 30°C. Tanah harus dalam keadaan gembur dengan pH sekitar 6,0 hingga 7,0. Sistem drainase yang baik diperlukan untuk mencegah terjadinya genangan air yang dapat merusak akar tanaman. Sebelum menanam, tanah telah disiapkan dengan baik yaitu bersih dari gulma, kondisi gembur, dan lembab sampai pangkal media tanam. Penanaman radish ditanam dengan jarak lubang 10x15 cm serta kedalamannya sekitar 3-5 cm atau sampai daun utama. Setelah benih ditanam, pemantauan rutin dilakukan untuk mengevaluasi pertumbuhan tanaman. Setelah usia dua minggu setelah pindah tanaman dilakukan penyeleksian dengan menyisakan satu tanaman terkuat di setiap lubang tanam.

### **3.4.7 Pemeliharaan Tanaman**

Pemeliharaan tanaman mencakup beberapa kegiatan yaitu penyulaman, pemupukan, pengendalian tanaman yang terserang hama dan penyakit, pembersihan gulma, pengecekan fungsi alat. Penyulaman dilakukan 1-2 minggu setelah pindah tanam agar semua tanaman seragam pada saat panen. Pemupukan dilakukan menggunakan NPK 2 kali sebanyak 3 gram pertanaman selama periode pemupukan dan dilakukan dengan cara ditabur diantara setiap lubang tanam. Pengendalian hama tanaman yang terserang penyakit serta gulma dilakukan secara mekanik dan dikontrol setiap hari.

### **3.5 Pengamatan Tanaman**

Pengamatan dilakukan sejak awal hingga akhir masa budidaya secara berkala untuk memastikan kesesuaian pertumbuhan tanaman dengan perlakuan yang

diberikan. Variabel pertumbuhan berupa tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai) diamati setiap 6 hari sekali. Sementara itu, variabel hasil yang meliputi bobot segar tanaman (g), bobot umbi (g), panjang umbi (cm), dan diameter umbi (cm) diukur pada saat panen.

### **3.5.1 Tinggi Tanaman**

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan untuk mengetahui laju pertumbuhan vertikal selama masa percobaan. Tinggi tanaman juga dapat menjadi indikator kesehatan tanaman dimana pertumbuhan yang optimal menunjukkan bahwa tanaman mendapatkan air dan nutrisi yang cukup. Pencatatan tinggi tanaman dilakukan rutin setiap enam hari sampai akhir setelah panen.

### **3.5.2 Jumlah Daun**

Jumlah daun dihitung untuk mengetahui perkembangan vegetatif tanaman radish. Pencatatan jumlah daun dilakukan rutin setiap enam hari sampai akhir setelah panen daun yang banyak menunjukkan kemampuan fisiologi yang lebih baik sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

### **3.5.3 Bobot Tanaman**

Tanaman setelah dipanen dipisahkan bagian akarnya dengan memotong bagian akar dari pangkal batang tanaman. Akar dibersihkan dari tanah yang menempel, kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital.

### **3.5.4 Diameter dan Panjang Umbi**

Diameter dan panjang umbi diukur menggunakan jangka sorong. Diameter umbi diukur pada bagian tengah umbi. Panjang umbi diukur mulai dari pangkal ujung teratas umbi sampai pangkal ujung bawah umbi. Parameter ini dilakukan untuk mengetahui ukuran dari umbi yang dihasilkan.

### **3.5.5 Kadar Air Harian**

Kadar air harian dilakukan untuk mengontrol alat yang digunakan berjalan dengan baik atau tidak. Pengecekan kadar air harian dilakukan menggunakan alat kadar air *portable*. Pengecekan dilakukan untuk memastikan alat pada penelitian berjalan normal serta nilai asli kadar air berada pada rentang nilai aktual kadar air dari kapasitas lapang.

### **3.5.6 Kadar Air Tanah, Kelembaban Udara, dan Suhu**

Nilai kadar air tanah, kelembaban udara, dan suhu yang tertera monitor dan dicatat setiap hari setiap pukul 07.00, 13.00, dan 17.00 (WIB). Data yang didapat di kumpulkan dan menjadi nilai rata-rata dari kadar air tanah, kelembaban udara, serta suhu selama periode budidaya.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, perbedaan taraf pemberian air yang dikendalikan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman radish cv. Cherry Belle. Taraf kadar air 60-80% dan 80-100% kapasitas lapang menghasilkan pertumbuhan dan hasil terbaik tanaman radish cv. Cherry Belle. Taraf kadar air 60-80% kapasitas lapang merupakan taraf paling optimal karena menghasilkan pertumbuhan dan hasil tinggi dengan penggunaan air yang lebih efisien.

### **5.2 Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan media tanam dengan tekstur tanah yang berbeda atau menambahkan bahan organik untuk memperbaiki kualitas media tanam. Selain itu, perlu dilakukan pencatatan jumlah air yang digunakan selama masa tanam untuk mengetahui kebutuhan air tanaman yang lebih tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdel, C. G. 2015. Leaf performance analysis of four radish (*Raphanus sativus* L. cv. sativus) cultivars grown in controlled cabinets under varying temperatures and irrigation levels. *International Journal of Agricultural Policy and Research*. 3(1): 1-28.
- Abdulhamid, M. dan Njoroge, K. 2020. Irrigation system based on arduino uno microcontroller. *Poljoprivredna Tehnika*. 45(1): 25-34.
- Afandi. 2019. *Metode Analisis Fisika Tanah*. Aura. Bandar Lampung. 163 hlm.
- Ahmad, M., Khan, N., dan Iqbal, M. 2014. Growth and yield performance of different radish (*Raphanus sativus* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*. 51(2): 345-351.
- Akturk, İ., Koparan, M., Yıldırım, M., dan Mucan, U. 2024. A Closed loop automated drip irrigation system based on Arduino Uno. *Ziraat Fakültesi Dergisi*. 12(1): 1-15.
- Arif, C., Saptomo, S. K., Setiawan, B., Taufik, M., Suwarno, W., Nugroho, B. D. A., dan Mizoguchi, M. 2024. Water saving rice cultivation using sheet-pipe subsurface irrigation. *Heliyon*. 10(5): 1-18.
- Arun, S., Nandan, K. B., Vardhan, P. H., dan Rajath, T. 2022. Arduino based automatic irrigation control system by utilizing moisture content. *Journal of Mines Metals and Fuels*. 70(7): 331-336.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Produksi Tanaman Sayuran Tahun 2021-2023*. BPS. Jakarta.
- Cartika, I., Murtiningsih, R., Sembiring, A., Sulastiningsih, N. W. H., Moekasan, T., Prabaningrum, L., Setiawati, W., dan Hasyim, A. 2023. drip irrigation system: useful technique to improve chili production. *Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1(1): 51-88.
- Dhawiyarda, I. R., Hadijah, S., dan Maulidi, M. 2020. Pengaruh pemberian abu kayu dan pupuk KCl pada tanaman lobak kultivar cherry belle di tanah aluvial. *Jurnal Sains Pertanian*. 12(3): 323-328.

- Faria, B. D. C., Monteiro, M. D. G. C., dan Ali, S. A. 2025. Automated plant irrigation system using Arduino and IoT optimizing water. *International Journal of Advanced Research in Science Communication and Technology*. 6(1): 100-110.
- Fereres, E. dan Soriano, M. A. 2007. Deficit Irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. 58(2): 147-159.
- Gamba, M., Asllanaj, E., Raguindin, P. F., Glisic, M., Franco, O. H., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Kern, H. J., dan Muka, T. 2021. Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): a systematic review. *Trends in Food Science and Technology*. 11(1): 756-770.
- Girisha, K. M., Jahnavi, N., Kavyashree, Y. K., dan Fathima, A. 2023. Smart irrigation system using Arduino. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 11(6): 1420-1426.
- Haghpanah, M., Hashemipetroudi, S., Arzani, A., dan Araniti, F. 2024. Drought tolerance in plants: physiological and molecular responses. *Plants*. 13(20): 26-62.
- Hatfield, J. L. dan Dold, C. 2019. Water-use efficiency: Advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in Plant Science*. 10(1):103-122.
- Henschel, J. M., Dantas, E. F. O., Soares, V., Santos, S. K., Santos, L. O., Dias, T. J., dan Batista, D. S. 2022. Salicylic acid mitigates the effects of mild drought stress on radish (*Raphanus sativus*) growth. *Functional Plant Biology*. 49(7): 655-669.
- Kaur, H., Kohli, S. K., Khanna, K., dan Bhardwaj, R. 2021. Scrutinizing the impact of water deficit in plants: transcriptional regulation, signaling, photosynthetic efficacy and management. *Physiologia Plantarum*. 171(5): 689-702.
- King, A. E., Ali, G. A., Gillespie, A. W., dan Wagner-Riddle, C. 2020. Soil organic matter as catalyst of crop resource capture. *Soil Systems*. 4(1): 10.
- Krestiani, V. dan Supriyo, H. 2022. Kajian macam media tanam dan konsentrasi nutrisi ab mix terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) pada sistem hidroponik drip irrigation. *Muria Jurnal Agroteknologi*. 6(1): 31-42.
- Kusuma, P. T. W. W., Nio, S. A., dan Sangadji, M. 2018. Pengaruh level kelembapan tanah terhadap pertumbuhan dan hasil lobak (*Raphanus sativus* L.). *Jurnal Agrotek*. 6(2): 45-52.
- Li, L., Zhang, Q., dan Huang, D. 2020. Review of imaging techniques for plant phenotyping. *Sensors*. 14(11): 78-11.

- Liana, P., Al Rasyid, M. U. H., dan Setiawardhana, S. 2025. Development of IoT-based drip irrigation system for tobacco crops using fuzzy logic. *Com-IT Journal*. 19(2): 85-98.
- Lubis, D. S., Hanafiah, A. S., dan Sembiring, M. 2015. Pengaruh pH terhadap pembentukan bintil akar dan serapan hara N dan P pada beberapa varietas kedelai pada tanah inseptisol di rumah kaca. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 3(3): 111-115.
- Molz, F. J. dan Boyer, J. S. 2018. Growth-induced water potentials in plant cells and tissues. *Plant Physiology*. 6(2): 423-429.
- Ncisana, L., Nyathi, M. K., Mkhize, N., Mabhaudhi, T., Tjelele, T. J., Mbambalala, L., Modi, A. T., *et al.* 2024. Water use efficiency (WUE) and nutrient concentration of selected fodder radish (*Raphanus sativus* L.) genotypes for sustainable diets. *Scientific Reports*. 1(2): 13-27.
- Nurjanaty, N., Linda, R., dan Mukarlina, M. 2019. Pengaruh cekaman air dan pemberian pupuk daun terhadap pertumbuhan tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Protobiont*. 2(1): 43-55.
- Pambudi, A. 2021. Overview and evaluation of indonesia's water resources management policies for food security. *Indonesian Journal of Applied Environmental Studies*. 2(2): 87-100.
- Plett, D. C., Ranathunge, K., Melino, V. J., Kuya, N., Uga, Y., dan Kronzucker, H. J. 2020. The intersection of nitrogen nutrition and water use in plants. *Journal of Experimental Botany*. 71(15): 44-68.
- Putri, R., Maula, F. Y., Arif, M. R., Maulidi, I., dan Apriliani, V. 2025. Hydrological assessment and irrigation water optimization based on cropping patterns in daerah irigasi Way Bungur. *International Journal of Hydrological and Environmental for Sustainability*. 4(1): 22-37.
- Rejekiningrum, P., Apriyana, Y., Sutardi, Estiningtyas, W., Sosiawan, H., Susilawati, H. L., Hervani, A., dan Alifia, A. D. 2022. Optimising water management in drylands to increase crop productivity and anticipate climate change in Indonesia. *Sustainability*. 14(18): 11-48.
- Saha, S., Rana, S. K., dan Chattopadhyay, A. 2010. Effect of moisture stress on growth and yield of radish. *Environment and Ecology*, 28(3): 17-48.
- Satari, A. F., Srinivasa, V., Raju, D., Shivaprasad, M., dan Ganapathi, M. 2020. Study on growth and root yield of radish (*Raphanus sativus* L.) as influenced by nutrition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(8): 2466-2471.

- Shinde, S. B. dan Wandkar, S. V. 2016. Automated irrigation system using Arduino and GSM module. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*. 5(7): 776-780.
- Sharma, A., Narolia, R. K., Yadav, P. K., Singh, A., dan Meena, A. R. 2022. Performance of radish (*Raphanus sativus* L.) under different irrigation and sulphur levels. *The Pharma Innovation Journal*. 11(1): 1737-1740.
- Singh, B. 2021. Radish (*Raphanus sativus* L.): Breeding for higher yield, better quality and wider adaptability. *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops Springer*. 3(1): 7-40.
- Singh, V. S., Rao, K. V. R., Kumar, M., dan Rajwade, Y. 2022. Development of a smart IoT-based drip irrigation system for precision farming. *Irrigation and Drainage*. 71(4): 678-691.
- Wang, Y., Li, P., Sun, W., dan Zhang, T. 2024. Plant cell walls: Emerging targets of stomata engineering to improve photosynthesis and water use efficiency. *New Crops*. 1(1): 21-44.