

**ANALISA IRIGASI BERDASARKAN LYSIMETER DAN
RADIASI MATAHARI PADA TANAMAN TOMAT CERI
(*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) DALAM GREENHOUSE**

(Skripsi)

Oleh

**FITRASIA AURA RAMADANTI
NPM 2014071010**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**ANALISA IRIGASI BERDASARKAN LYSIMETER DAN
RADIASI MATAHARI PADA TANAMAN TOMAT CERI
(*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) DALAM GREENHOUSE**

Oleh

FITRASIA AURA RAMADANTI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

ANALISA IRIGASI BERDASARKAN LYSIMETER DAN RADIASI MATAHARI PADA TANAMAN TOMAT CERI (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) DALAM GREENHOUSE

Oleh

FITRASIA AURA RAMADANTI

Dalam menentukan jumlah air irigasi tanaman tomat ceri diperlukan pengetahuan mengenai evapotranspirasi baik evapotranspirasi acuan (ET_0) maupun evapotranspirasi tanaman (ET_c). Evapotranspirasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah radiasi matahari. Nilai ET_c dapat diukur dengan *lysimeter weighting balance* yang dihasilkan dari perubahan berat tanaman. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk memonitoring nilai ET_c dengan menggunakan *lysimeter weighting balance* dan menganalisa hubungan antara nilai ET_c dengan radiasi matahari pada budidaya tomat ceri. Penelitian ini dilaksanakan di *greenhouse* dengan jumlah 32 tanaman pada dua meja tanam dengan sistem irigasi tetes dan monitoring parameter penelitian menggunakan sensor yang sudah diintegrasikan dalam *dashboard*. Didapatkan nilai ET_0 berkisar antara 8,01-8,61 mm/hari dengan nilai rata-rata ET_0 sebesar 8,35 mm/hari dan nilai ET_c berkisar antara 2-3,1 mm/hari dengan nilai rata-rata ET_c sebesar 2,6 mm/hari. Hubungan ET_c dengan radiasi matahari bernilai positif. Persamaan regresi linier antara radiasi matahari dengan ET_c berdasarkan total pengamatan adalah $ET_c = (2.10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,08$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,99 sehingga jika radiasi matahari meningkat sebesar 100 W/m^2 maka nilai ET_c yang terjadi adalah sebesar $2,45.10^{-2} \text{ mm/tanaman}$ pada tomat ceri. Pada kondisi mendung persamaan regresi linier menjadi $ET_c = (3.10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,27$ dengan R^2 sebesar 0,96 dan pada kondisi cerah persamaan regresi linier menjadi $ET_c = (2.10^{-4} \times \text{Rad}) + 5.10^{-4}$ dengan R^2 sebesar 0,99. Artinya jika radiasi matahari meningkat sebesar 100 W/m^2 maka ET_c yang terjadi pada kondisi mendung adalah sebesar $3,43.10^{-2} \text{ mm/tanaman}$ dan pada kondisi cerah sebesar $1,81.10^{-2} \text{ mm/tanaman}$. Untuk

otomatisasi irigasi yang sama pada berbagai kondisi, diambil rata-rata bahwa ketika radiasi matahari meningkat sebesar 100 W/m^2 maka ET_c yang terjadi adalah sebesar $2,56 \cdot 10^{-2} \text{ mm/tanaman}$.

Kata Kunci: Lysimeter, evapotranspirasi tanaman (ET_c), radiasi matahari, *greenhouse*, tomat ceri

ABSTRACT

IRRIGATION ANALYSIS BY LYSIMETER AND SOLAR RADIATION ON CHERRY TOMATOES (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) IN GREENHOUSE

By

FITRASIA AURA RAMADANTI

In determining the amount of irrigation of cherry tomato plants it is necessary to know about evapotranspiration of both reference crop evaporation (ET_0) and plant evapotranspiration (ET_c). Evapotranspiration is influenced by several factors, one of which is solar radiation. The ET_c value can be measured with the lysimeter weighting balance resulting from the change in plant weight. The main objective of this study was to monitor ET_c values using lysimeter weighting balance and to analyze the relationship between ET_c values and sun radiation in cherry tomato cultivation. The research was carried out in a greenhouse with a total of 32 plants on two planting tables with a drip irrigation system and monitoring research parameters using sensors already integrated into the dashboard. Obtained ET_0 values ranging between 8.01-8.61 mm/day with an average ET_0 value of 8.35 mm/day and an ET_c value ranging from 2-3,1 mm/day with an average ET_c value of 2,6 mm/day. The relationship between ET_c and solar radiation is positive. The linear regression equation between solar radiation and ET_c based on total observations is $ET_c = (2 \cdot 10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,08$ with a coefficient of determination (R^2) of 0.99 so that if solar radiation increases by 100 W/m^2 then the ET_c value occurs is $2,45 \cdot 10^{-2} \text{ mm/plant}$ in cherry tomatoes. In cloudy conditions the linear regression equation becomes $ET_c = (3 \cdot 10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,27$ with R^2 of 0.96 and in sunny conditions the linear regression equation becomes $ET_c = (2 \cdot 10^{-4} \times \text{Rad}) + 5 \cdot 10^{-4}$ with R^2 of 0.99. This means that if solar radiation increases by 100 W/m^2 , then the ET_c occurs in cloudy conditions is of $3,43 \cdot 10^{-2} \text{ mm/plant}$ and in sunny conditions is $1,81 \cdot 10^{-2} \text{ mm/plant}$. For the same irrigation automation in various

conditions, it is assumed that when the solar radiation increases by 100 W/m^2 , then the ET_c occurs is $2,56 \cdot 10^{-2} \text{ mm/plant}$.

Keywords: Lysimeter, plant evapotranspiration (ET_c), solar radiation, greenhouse, cherry tomatoes

Judul Skripsi:

ANALISA IRIGASI BERDASARKAN
LYSIMETER DAN RADIASI MATAHARI
PADA TANAMAN TOMAT CERI
(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)
DALAM GREENHOUSE

Nama Mahasiswa:

Fitrasia Aura Ramadanti

Nomor Pokok Mahasiswa:

2014071010

Program Studi:

Teknik Pertanian

Fakultas:

Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Ahmad Tusi, S.TP., M.Si., Ph.D.
NIP 198106132005011001

Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.
NIP 197301182000032001

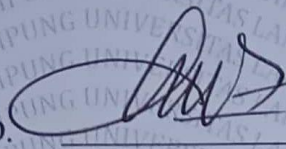
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP 196210101989031002

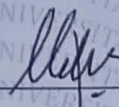
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

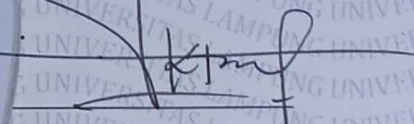
Ketua : Ahmad Tusi, S.TP., M.Si. Ph.D.



Anggota : Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T.



Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Oktafri, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Hutat Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 Juni 2024

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Fitriasia Aura Ramadanti NPM 2014071010. Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) Ahmad Tusi, S.TP., M.Si. Ph.D. dan 2) Dr. Ing. Melvi, S.T., M.T. Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain. Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 22-6-2024

Yang membuat pernyataan,



(Fitriasia Aura Ramadanti)

NPM 2014071010

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Pringsewu, Lampung pada tanggal 16 November 2001, sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh sekolah dasar di SD Negeri 1 Gumukrejo pada tahun 2008 sampai tahun 2014. Penulis menempuh sekolah menengah pertama di SMP Negeri 5 Pringsewu pada tahun 2014 sampai tahun 2017. Penulis melanjutkan sekolah menengah atas di SMA Negeri 1 Pringsewu pada tahun 2017-2020. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten dosen dalam mata kuliah Fisika Dasar, Riset Operasi, dan Mekanika Mesin. Penulis juga aktif mengikuti organisasi tingkat jurusan dan fakultas, yaitu Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) pada tahun 2022-2023 dan Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI-FP) pada tahun 2020-2021. Pada tahun 2023 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kegeringan, Kecamatan Batu Brak, Kabupaten Lampung Barat selama 36 hari mulai tanggal 6 Januari s.d. 10 Februari 2023. Pada Juli hingga Agustus 2023 Penulis melaksanakan Praktik Umum di Badan Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat.

SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT Penulis haturkan, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisa Irigasi Berdasarkan Lysimeter dan Radiasi Matahari Pada Tanaman Tomat Ceri (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) Dalam Greenhouse”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Dalam menyusun skripsi ini Penulis telah melewati banyak rintangan dan tantangan, suka maupun duka serta pembelajaran yang didapat. Berkat ketulusan doa, semangat, motivasi, bantuan, dan dukungan dari orang tua serta berbagai pihak penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dengan kerendahan hati dan rasa hormat Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Ir. Oktafri, M.Si., selaku pembimbing akademik sekaligus pembahas yang telah memberikan masukan, dukungan, dan bimbingannya dalam penelitian serta perbaikan skripsi ini;
4. Bapak Ahmad Tusi, S.TP., M.Si., Ph.D., selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi ini;

5. Ibu Dr. Melvi, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang memberikan dukungan, motivasi, saran, dan bimbingan dalam proses penelitian hingga penyelesaian skripsi ini;
6. Ibu, bapak, dan adik serta seluruh keluarga atas cinta yang begitu luas, dukungan, dan doanya yang tidak pernah terputus;
7. Rekan seperjuangan sepenanggungan Defi Ayuni dan Kurnia Dharmawati atas susah senang yang dihadapi bersama dan cerita yang tidak akan terlupa;
8. Teman-temanku, Ridho, Galih, Rendi, Adam, Iqbal, Asef, Azril, Fakhira, Nazam, Fitria dan Pama yang telah kebersamai, memberikan bantuan, canda, dan tawa;
9. M. Ivanka Apriyatama, yang kebersamai dari KKN, Praktik Umum, hingga penelitian ini selesai;
10. Teman-teman Jurusan Teknik Elektro yang tergabung dalam proyek penelitian ini;
11. Keluarga besar TEP angkatan 2020 atas semangat dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan kegiatan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna, oleh sebab itu Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, Februari 2024

Penulis,

Fitrasia Aura Ramadanti

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	2
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanaman Tomat Ceri Golden Sweet.....	5
2.2. Hidroponik	7
2.3. Evapotranspirasi	9
2.3.1. Evapotranspirasi Acuan (ET_0)	10
2.3.2. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c).....	11
2.4. Lysimeter.....	12
2.5. Keseragaman Tetesan dan Efisiensi Irigasi Tetes	12
2.6. Produktivitas Air.....	14
2.7. <i>Leaf Area Index</i> (LAI)	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1. Waktu dan Tempat.....	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.3. Rancangan Penelitian.....	17
3.4. Metode Penelitian	19
3.4.1. Sistem Monitoring.....	23
3.4.2. Perawatan Tanaman	24

3.5. Parameter Penelitian	25
3.5.1. Evapotranspirasi Acuan (ET_0)	25
3.5.2. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)	25
3.5.3. Suhu.....	26
3.5.4. Kelembaban Udara.....	26
3.5.5. Radiasi Matahari	27
3.5.6. Kecepatan Angin.....	27
3.5.7. Keseragaman Tetesan.....	27
3.5.8. Efisiensi Irigasi Tetes	27
3.5.9. Produktivitas Air (<i>Water Productivity</i>)	28
3.5.10. <i>Leaf Area Index</i> (LAI)	28
3.5.11. Total Bobot Buah Per Tanaman.....	28
3.6. Analisis Data	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Kondisi Iklim dalam <i>Greenhouse</i>	30
4.1.1. Suhu dan Kelembaban Udara	30
4.1.2. Kecepatan Angin.....	32
4.1.3. Radiasi Matahari	33
4.1.4. <i>Vapor Pressure Deficit</i> (VPD).....	35
4.2. Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman	36
4.2.1. <i>Leaf Area Index</i> (LAI).....	36
4.2.2. Total Bobot Buah Per Tanaman.....	37
4.2.3. Produktivitas Air	38
4.3. Irigasi Tomat Ceri.....	39
4.3.1. Keseragaman Tetesan.....	39
4.3.2. Efisiensi Irigasi	40
4.4. Evapotranspirasi	41
4.4.1. Evapotranspirasi Acuan (ET_0)	41
4.4.2. Evapotranspirasi Potensial (ET_c)	44
4.5. Hubungan Evapotranspirasi Tanaman (ET_c) dengan Radiasi Matahari	45
V. KESIMPULAN	50
5.1. Kesimpulan.....	50

5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pedoman jumlah nutrisi yang digunakan	7
2. Kriteria tingkat keseragaman tetesan sistem irigasi tetes ASAE.....	13
3. Total penggunaan air per bulan	38
4. Keseragaman tetesan.....	40
5. Efisiensi irigasi	40
6. Nilai Ra dan N berdasarkan latitude	41
7. Nilai ET _c berdasarkan kondisi	48
8. Data rata-rata suhu dan kelembaban udara dalam <i>greenhouse</i>	59
9. Data rata-rata suhu per jam	60
10. Data rata-rata RH per jam	60
11. Data kecepatan angin maksimum dalam <i>greenhouse</i>	61
12. Data radiasi matahari maksimum dalam <i>greenhouse</i>	62
13. Data rata-rata radiasi matahari per jam	63
14. Data LAI tanaman tomat ceri	63
15. Jumlah air yang diirigasikan pada tomat ceri	63
16. Data evapotranspirasi acuan	69
17. Data evapotranspirasi potensial tomat ceri.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tomat Ceri Golden Sweet	5
2. Pembagian evaporasi dan transpirasi selama masa tanam pada tanaman tahunan.....	10
3. Denah <i>greenhouse</i>	17
4. Tata letak percobaan	18
5. <i>Layout</i> sistem irigasi tetes dan <i>misting nozzle</i>	18
6. <i>Layout</i> 3 Dimensi sistem irigasi tetes dan <i>misting nozzle</i>	19
7. <i>Flowchart</i> tahapan penelitian	20
8. <i>Flowchart</i> pembuatan sistem hidroponik.....	21
9. <i>Flowchart</i> pembuatan sistem monitoring.....	22
10. Skematik sistem monitoring mahasiswa Teknik Elektro Unila	23
11. Skema pengukuran tanaman tomat dengan <i>lysimeter weighing balance</i>	26
12. Grafik rata-rata nilai suhu dan kelembaban udara dalam <i>greenhouse</i>	30
13. Grafik rata-rata suhu dan kelembaban udara per jam	31
14. Grafik nilai kecepatan angin di dalam <i>greenhouse</i>	32
15. Puncak radiasi matahari dalam <i>greenhouse</i>	33
16. Grafik nilai rata-rata radiasi matahari per jam	34
17. Nilai VPD dalam <i>greenhouse</i> pada tanggal 6 Desember 2023	35
18. Perkembangan LAI tanaman tomat ceri.....	36
19. Faktor <i>weighting</i> berdasarkan suhu dan altitude	42
20. Nilai ET_0 berdasarkan RH, kecepatan angin, dan $W.R_s$	43
21. Nilai ET_0 menggunakan metode radiasi.....	43
22. Nilai ET_c tomat ceri	44
23. Grafik nilai evapotranspirasi tanaman tomat ceri dan total radiasi matahari ..	45
24. Hubungan antara ET_c dan radiasi matahari pada tomat ceri	46

25. Grafik perbandingan ET_c pada radiasi matahari yang berbeda dengan ET_c kumulatif pada radiasi matahari kumulatif di cuaca mendung.....	46
26. Grafik perbandingan ET_c pada radiasi matahari yang berbeda dengan ET_c kumulatif pada radiasi matahari kumulatif di cuaca cerah.....	47
27. Radiasi ekstra terrestrial (R_a) dinyatakan dalam equivalen evaporasi (Sumber: Doorenbos dan Pruitt, 1975)	66
28. (Tabel 3) durasi harian rata-rata dari maksimum lama (jam) penyinaran yang mungkin (N); (Tabel 4) nilai <i>weighting factor</i> (W) sebagai efek radiasi pada ET_0 (Sumber: Doorenbos dan Pruitt, 1975).....	67
29. Prediksi ET_0 dan W.Rs untuk beberapa kondisi RH rata-rata dan kecepatan angin siang hari (Sumber: Doorenbos dan Pruitt, 1975).....	68
30. Pencucian media tanam <i>cocopeat</i>	71
31. Bibit tomat ceri umur 16 HST	71
32. Bibit tomat ceri umur 30 HST	71
33. Pindah tanam	72
34. Pemotongan pipa.....	72
35. Penimbangan media tanam sampel.....	72
36. Penimbangan kondisi kapasitas lapang sampel	73
37. Tali ajir tomat ceri yang telah terpasang	73
38. Instalasi irigasi tomat ceri	73
39. <i>Lysimeter weighting balance</i> dan sensor <i>soil moisture</i>	74
40. Sensor <i>pyranometer</i> dan <i>wind direction</i>	74
41. Tampak dalam <i>greenhouse</i>	74
42. Bakal buah tomat ceri	75
43. Tomat ceri kondisi belum masak	75
44. Tomat ceri siap panen	75
45. Pemanenan tomat ceri	76
46. Buah tomat ceri panen satu ruas	76
47. Penimbangan hasil panen tomat ceri.....	76
48. Variasi ukuran tomat ceri	77
49. Daun yang terkena penyakit	77
50. Kutu putih pada tanaman tomat	77
51. Kondisi dalam batang tomat ceri	78
52. Kondisi akar tanaman tomat ceri	78

53. Spesifikasi sensor <i>capacitive soil moisture</i>	79
54. Spesifikasi sensor <i>wind direction</i>	79
55. Spesifikasi sensor kecepatan angin.....	79
56. Spesifikasi sensor pH air	80
57. Spesifikasi TDS meter	80
58. Spesifikasi sensor suhu air (DS18B20).....	80
59. Spesifikasi sensor berat	81
60. Spesifikasi <i>pyranometer</i>	81

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tomat Ceri Golden Sweet (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) merupakan sayuran buah yang tergolong ke dalam tanaman semusim dan mulai banyak dikonsumsi masyarakat dalam kondisi segar sebagai buah meja dan campuran salad, maupun dalam bentuk olahan seperti tomat ceri kalengan, jus, dan saus. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan tanaman ini juga mengalami peningkatan. Menurut Badan Pusat Statistik (2020) produksi tomat ceri pada tahun 2019 sebesar 1.185 ton dan pada tahun 2020 sebesar 1.676 ton (meningkat 491 ton). Peningkatan juga terjadi pada konsumsi rumah tangga tomat, yaitu sebesar 2,192 kg/kapita/tahun pada 2019 dan 3,093 kg/kapita/tahun pada 2020 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2020). Saat ini tomat ceri mudah dijumpai di pasar swalayan besar dan juga di restoran untuk masakan seperti salad, sedangkan di pasar tradisional tomat ceri masih sulit ditemukan, sehingga hal ini menjadi peluang dan tantangan bagi petani untuk meningkatkan luasan areal penanaman, produktivitas, dan kualitas tomat ceri.

Peningkatan produktivitas dan kualitas tomat ceri dapat diwujudkan dengan menggunakan teknik budidaya yang tepat, salah satunya adalah dengan menanam tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*. Menurut Hemming *et al* (2020) *greenhouse* dengan sistem terkontrol merupakan cara efektif untuk menaikkan produksi dan kualitas tomat ceri karena iklim mikro yang terkendali sehingga meminimalisir hama dan penyakit karena cuaca ekstrem. *Greenhouse* dengan sistem terkontrol menjamin produksi sepanjang tahun dan membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Dengan menggunakan *greenhouse*

produksi tomat ceri dapat mencapai 2.262,20 gram per tanaman dengan bobot tomat ceri tertinggi sebesar 148,20 gram (Fakhrunnisa, 2018). Budidaya tomat di *greenhouse* umumnya menggunakan teknik hidroponik.

Teknik budidaya hidroponik terbilang efektif dalam pemberian nutrisi ke tanaman yaitu dengan cara dialirkan lewat instalasi hidroponik sehingga nutrisi dapat langsung diserap oleh akar tanaman. Dalam aplikasinya untuk mencapai efisiensi sistem irigasi hidroponik pada tanaman diperlukan pengetahuan mengenai kebutuhan air irigasi tanaman di setiap fase pertumbuhan tanaman. Kebutuhan air irigasi tanaman tergantung pada nilai evapotranspirasi. Evapotranspirasi (evaporasi-transpirasi) adalah penguapan air dari daun atau batang, baik sebagai hasil proses biologi (hasil metabolisme) maupun yang bukan merupakan hasil dari kegiatan tersebut, misalnya air dan hasil intersepsi. Oleh karena itu, evapotranspirasi adalah jumlah total air yang kembali ke atmosfer dari permukaan bumi, badan air, dan tumbuh-tumbuhan akibat pengaruh faktor iklim dan fisiologi tumbuhan. Evapotranspirasi sangat dipengaruhi beberapa faktor iklim, salah satunya radiasi matahari (Fibriana *et al.*, 2018). Menurut Silaen (2021) sinar matahari menyebabkan stomata membuka, sehingga apabila intensitas matahari semakin tinggi, maka kecepatan transpirasi akan semakin tinggi. Hal ini juga dikatakan dalam penelitian Abarikwu *et al* (2019), bahwa semakin meningkat radiasi matahari maka akan meningkat pula nilai evapotranspirasi. Prediksi nilai evapotranspirasi pada tanaman (ET_c) yang akurat diperlukan untuk menyesuaikan volume dan frekuensi irigasi sesuai dengan kebutuhan air tanaman karena nilai evapotranspirasi dapat berubah-ubah tergantung pada fase pertumbuhan tanaman (Sofiyuddin *et al.*, 2010). Oleh karena itu diperlukan alat untuk pengamatan evapotranspirasi yang akurat agar mampu memberikan air irigasi sesuai kebutuhan tanaman.

Salah satu alat yang dapat membantu dalam memprediksi kebutuhan air tanaman adalah lysimeter. Lysimeter adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur evapotranspirasi langsung di lapangan sehingga kemudian nilai ET_c dapat diprediksi (Mahmoud dan Gan, 2019). Pengukuran ET_c dilakukan dengan cara

penanaman tanaman pada media tanam yang akan diukur. ET_c didapatkan dengan menggunakan *lysimeter weighting balance* yang dihasilkan dari perhitungan perubahan berat media tanam dan tanaman (Adha *et al.*, 2016). Berdasarkan penjelasan-penjelasan tersebut, maka perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai prediksi ET_c dengan *lysimeter weighting balance* dan hubungannya dengan radiasi matahari untuk menentukan jumlah air irigasi yang diberikan ke tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan ET_c dengan *lysimeter weighting balance* pada tanaman tomat ceri?
2. Bagaimana hubungan antara ET_c dengan radiasi matahari pada budidaya tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah air irigasi pada tanaman tomat ceri (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*).

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Monitoring nilai ET_c dengan *lysimeter weighting balance* pada tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*.
2. Menganalisa hubungan antara ET_c dengan radiasi matahari pada budidaya tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah untuk memberikan informasi nilai ET_c tanaman tomat ceri berdasarkan *lysimeter weighting balance* guna perencanaan dan efisiensi irigasi budidaya tomat ceri. Diharapkan dengan informasi nilai ET_c

tomat ceri Golden Sweet tersebut dapat memudahkan dalam perencanaan dan strategi pengelolaan air irigasi tanaman tomat ceri di dalam *greenhouse*.

1.5. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Jumlah air irigasi dan ET_c tanaman tomat ceri meningkat seiring dengan pertumbuhan tanaman hingga panen.
2. Nilai ET_c dengan radiasi matahari memiliki hubungan yang kuat dan positif.

1.6. Batasan Masalah

Berdasarkan pada tujuan yang ingin dicapai, penelitian ini memiliki batasan-batasan:

1. Analisis hanya akan dilakukan pada tanaman tomat ceri Golden Sweet dengan kondisi *mature plant* (tanaman dewasa).
2. Media tanam yang digunakan adalah arang sekam dan *cocopeat*.
3. Penelitian dilaksanakan di *greenhouse* Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
4. Penelitian dilakukan menggunakan sistem irigasi tetes.
5. Pengukuran dilakukan pada saat pindah tanam hingga 20 hari masa panen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Tomat Ceri Golden Sweet

Tanaman tomat masuk ke Indonesia pada tahun 1811. Pada abad ke-19, tomat masih dianggap sebagai tanaman hias, bahkan tomat ceri masih dianggap tanaman liar. Penggunaan tomat sebagai bahan makanan khususnya sebagai bumbu kuliner mulai populer di Eropa. Pemanfaatan tomat sudah meluas dan menjadi bahan baku industri makanan. Secara khusus, tomat ceri memiliki citra tersendiri di hati konsumennya, yaitu digunakan sebagai “buah segar” untuk membersihkan mulut dan menghilangkan dahaga seperti halnya memakan buah anggur (Rukmana, 1994).



Gambar 1. Tomat Ceri Golden Sweet

Dalam ilmu botani, tanaman tomat ceri masuk ke dalam Kingdom Plantae, Divisi Spermatophyta, Subdivisi Angiospermae, Kelas Dicotyledoneae, Ordo Tubiflorae, Famili Solanaceae, Genus *Lycopersicum*, Spesies *Solanum lycopersicum*, dan

Varietas Cerasiforme (Agromedia, 2007). Tomat Ceri Golden Sweet (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) merupakan produk budidaya tanaman yang kaya akan vitamin A dan C. Dibandingkan dengan tomat biasa, tomat ceri Golden Sweet berukuran lebih kecil. Selain itu, tomat ceri merupakan salah satu produk pertanian yang menjanjikan di Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi (Haikal, 2022).

Tomat ceri merupakan tanaman tahunan, dengan tinggi yang dapat mencapai 2-3 meter atau lebih, berbatang lunak, dan bulat. Ketika masih muda, batang tomat mudah patah, namun akan menjadi keras seiring bertambahnya usia, hampir berkayu, berbentuk persegi, dan seluruh permukaan batang akan ditumbuhi bulu-bulu halus. Tanaman tomat ceri mempunyai pertumbuhan batang yang tidak menentu, artinya pertumbuhan batang tidak berakhir pada rangkaian bunga atau buah, arah pertumbuhan batang vertikal, masa panen buah panjang, dapat dipanen sepanjang musim, kebiasaan tanaman pada umumnya tinggi dan apabila tidak dipelihara akan tetap rendah (Opena dan Van der Vossen, 1994 dalam Afandi, 2016).

Tomat ceri akan tumbuh baik di dalam *greenhouse* pada suhu 21°C-28°C pada siang hari dan 17°C-18°C pada malam hari. Kelembaban udara optimal untuk tanaman tomat rumah kaca adalah 60-70 persen dan pH optimal untuk larutan nutrisi 5,6 hingga 5,8. Jarak tanam untuk tomat ceri adalah 50x50 cm (Suryani *et al.*, 2020). Jumlah pupuk yang diberikan pada tanaman tomat di dalam *greenhouse* ditunjukkan pada Tabel 1 (Snyder, 2019).

Tabel 1. Pedoman jumlah nutrisi yang digunakan

Tahap Pertumbuhan	Total Padatan Terlarut (TDS) (ppm)	Elektrokonduktivitas (EC) (mmhos)
Perkecambahan hingga daun sejati pertama berkembang sempurna	450-500	0,6-0,7
Daun sejati pertama hingga daun sejati ketiga mengembang sempurna	550-600	0,6-0,7
Daun ketiga hingga ditransplantasikan	600-800	0,7-0,9
Transplantasi hingga set cluster kedua	800-1.100	0,9-1,8
Cluster kedua hingga topping	1.100-1.600	1,8-2,2

2.2. Hidroponik

Sistem hidroponik adalah sistem yang dapat menumbuhkan tanaman tanpa menggunakan tanah. Hidroponik merupakan suatu metode menanam dengan menggunakan unsur hara berupa mineral yang dilarutkan dalam air (Istiqomah, 2006). Hidroponik merupakan salah satu alternatif bercocok tanam di lahan sempit atau terbatas. Petani dapat memanen sepanjang tahun dan tidak mengenal musim. Hidroponik biasanya dilakukan dalam skala besar, namun saat ini hidroponik dapat dilakukan dalam skala kecil di halaman belakang rumah yang memiliki lahan terbatas. Menurut Resh (2004) sistem hidroponik dapat dilakukan dengan menggunakan larutan hara saja (nonsubstrat) atau dengan media yang bersifat *inert* seperti pasir, kerikil, zeolite, vermikulit, dan batu apung. Substrat bertugas sebagai penyangga yang mampu menjaga keseimbangan kanopi tanaman agar tetap tegak. (Annisa, 2016).

Dalam sistem hidroponik substrat, media tanam merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan saat budidaya. Media tanam dengan porositas, aerasi yang baik, dan daya tamping air yang tinggi diperlukan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal (Wijayanti dan Susila, 2013). Media tanam hidroponik

substrat yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah arang sekam, *cocopeat*, dan *rockwool*. Menurut Susila dan Koernia (2004) *rockwool* merupakan media tanam yang ringan, bebas patogen, dan memiliki daya serap air yang tinggi, namun harga pasarannya masih relatif mahal karena merupakan produk impor, sehingga perlu dicari alternatif media tanam lain yang lebih ekonomis dan mudah didapat.

Media tanam lain yang bersifat porous, ringan, dan memiliki ketahanan air yang cukup adalah arang sekam. Kemampuan mengikat dan menyimpan air dengan kuat merupakan karakteristik dari *cocopeat* (Dalimoenthe, 2013). Penggunaan arang sekam dan *cocopeat* sebagai media tanam tunggal masih memiliki kekurangan, diantaranya arang sekam yang bersifat terlalu porous sehingga daya ikat air kurang kuat dan *cocopeat* yang mengandung zat tannin dan klor, sehingga perlu perlakuan khusus untuk menghilangkan zat tersebut (Ginanjar *et al*, 2021).

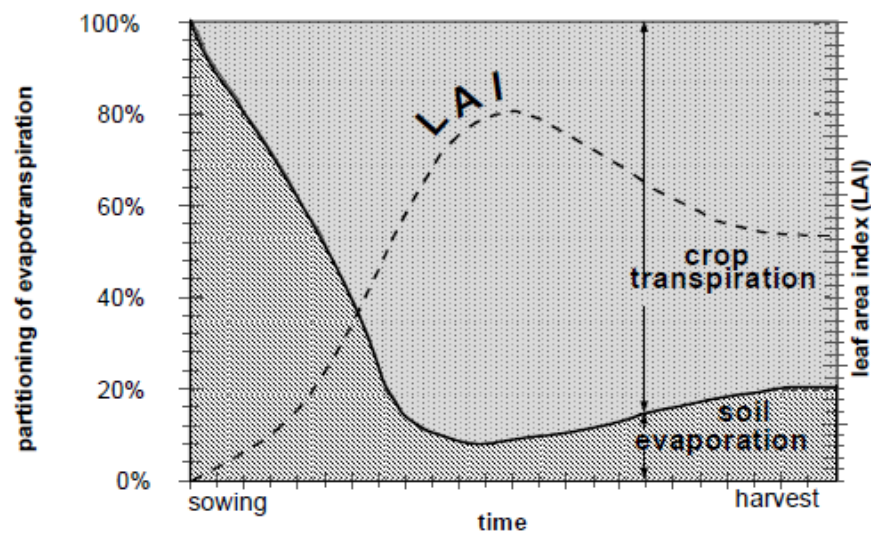
Hidroponik memiliki banyak keunggulan dibandingkan pertanian konvensional. Keuntungan utamanya adalah pohonnya tumbuh sepenuhnya ke atas. Tanaman dapat ditanam dengan kepadatan tinggi dan penggunaan garam mineral lebih efektif karena garam mineral tidak larut atau terserap ke dalam tanah. Biaya perawatan dapat berkurang karena tanaman hidroponik lebih cepat matang tanpa kerusakan akibat fluktuasi cuaca atau penggunaan hama berbisa. Biaya pemeliharaan hidroponik sangat tinggi dibandingkan cara konvensional namun hasilnya lebih baik. Hidroponik dapat menghasilkan lebih banyak tanaman per satuan luas, tanaman tumbuh lebih cepat, menggunakan pupuk lebih hemat, menggunakan air lebih efisien, membutuhkan lebih sedikit tenaga kerja, dan ramah lingkungan. Bekerja lebih bersih, dengan kontrol air, nutrisi, dan pH yang lebih tepat, permasalahan dapat dikurangi. Dimungkinkan untuk mengurangi hama dan penyakit tanaman sambil tetap menanam tanaman di tempat yang tidak memungkinkan atau sulit untuk tumbuh, seperti lingkungan yang miskin nutrisi, tanah berbatu, atau di garasi (di ruangan lain) yang memiliki lampu (Istiqomah, 2006).

Menurut Sutanto (2015), hidroponik juga memiliki kelemahan, namun dengan banyaknya manfaat yang dimiliki, hidroponik tetap layak untuk dipertimbangkan. Beberapa kekurangan hidroponik, yaitu: Pertama, belanja modal awal yang relatif mahal (bila hidroponik berorientasi pada skala besar), modal ini digunakan untuk memasang sistem hidroponik, termasuk membuat rumah kaca untuk melindungi tanaman dari hama dan mengendalikan lingkungan; Kedua, penyediaan dan pemeliharaan peralatan hidroponik cukup sulit karena hidroponik skala besar membutuhkan peralatan hidroponik dan penggunaan jasa profesional serta peralatan hidroponik relatif sulit digunakan oleh kebanyakan orang, dan pemeliharannya juga membutuhkan pengetahuan yang cukup; Ketiga, hidroponik memerlukan keahlian khusus untuk meracik unsur hara yang tepat bagi tanaman.

2.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah gabungan dari proses evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses dimana air diubah menjadi uap air (penguapan) dan dikeluarkan dari permukaan penguapan yang memerlukan energi dan perbedaan tekanan udara antara permukaan penguapan dan lingkungannya. Transpirasi adalah penguapan air pada tanaman yang terjadi di dalam daun, yaitu di ruang antar sel, dan pertukaran uap dengan atmosfer dikendalikan oleh bukaan stomata. Oleh karena itu, radiasi matahari, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan angin merupakan parameter klimatologi yang perlu dipertimbangkan ketika menilai proses evapotranspirasi. Evaporasi dan transpirasi terjadi secara bersamaan dan tidak ada cara mudah untuk membedakan kedua proses tersebut. Selain ketersediaan air di lapisan atas tanah, penguapan dari tanah yang ditanami utamanya ditentukan oleh fraksi radiasi matahari yang mencapai permukaan tanah. Fraksi ini menurun selama masa pertumbuhan seiring dengan berkembangnya tanaman dan kanopi tanaman semakin banyak menutupi area permukaan tanah. Ketika tanaman berukuran kecil, sebagian besar air hilang melalui penguapan tanah, namun setelah tanaman berkembang dengan baik dan menutupi seluruh tanah, transpirasi menjadi proses utama (Allen *et al*, 1998).

Pada Gambar 2 pembagian evapotranspirasi menjadi evaporasi dan transpirasi diplot sesuai dengan luas daun per satuan permukaan tanah di bawahnya. Pada saat penanaman hampir 100% ET berasal dari evaporasi, sedangkan pada penutupan tanaman penuh, lebih dari 90% ET berasal dari transpirasi (Allen *et al*, 1998).



Gambar 2. Pembagian evaporasi dan transpirasi selama masa tanam pada tanaman tahunan

Pada Gambar 2 digambarkan bahwa semakin luas daun tanaman mengikuti umur tanaman maka semakin besar transpirasi dan semakin kecil evaporasi yang terjadi pada tanaman. Dalam memperoleh koefisien tanaman, evapotranspirasi dibagi menjadi dua, yaitu evapotranspirasi acuan dan evapotranspirasi tanaman.

2.3.1. Evapotranspirasi Acuan (ET_0)

Menurut Weert (1994) evapotranspirasi acuan (ET_0) adalah besarnya evapotranspirasi dari tanaman hipotetik (teoritis) yaitu dengan ciri ketinggian 12 cm, tahanan dedaunan yang ditetapkan sebesar 70 det/m dan albedo (pantulan radiasi) sebesar 0,23 mirip dengan evapotranspirasi dari tanaman rumput hijau yang luas dengan ketinggian seragam, tumbuh subur, menutup tanah seluruhnya dan tidak kekurangan air. ET_0 dapat dihitung dari data iklim

dengan metode Radiasi. Metode Radiasi pada dasarnya merupakan adaptasi dari Rumus Makkink (1957).

$$ET_0 = c = W \times R_s \quad (1)$$

Dengan,

ET_0 = Evapotranspirasi referensi tanaman dalam mm/hari untuk periode yang diperhitungkan

R_s = Radiasi matahari dalam equivalen Evaporasi (mm/hari)

W = *Weighting factor* yang tergantung dari Temperatur dan Altitude

c = *Adjustment* faktor yang tergantung dari kelembaban udara (RH) rata-rata dan angin sepanjang siang

Radiasi matahari (R_s) dihitung dengan persamaan:

$$R_s = (0,25 + 0,5 \frac{n}{N}) \times R_a \quad (2)$$

Dimana R_a adalah radiasi ekstra terrestrial, n/N adalah rasio antara lama (jam) cerah, dan kemungkinan maksimum jam cerah (*sunshine hours*).

2.3.2. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Evapotranspirasi tanaman pada kondisi standar mengacu pada tanaman yang ditanam di lahan luas dengan kondisi agronomi dan air tanah yang sangat baik. Evapotranspirasi tanaman sangat berbeda dengan evapotranspirasi referensi (ET_0) karena tutupan tanah, sifat kanopi dan ketahanan aerodinamis tanaman berbeda dengan rumput. Pengaruh karakteristik yang membedakan tanaman lapangan dengan rumput diintegrasikan ke dalam koefisien tanaman (K_c). Pada pendekatan koefisien tanaman, evapotranspirasi tanaman dihitung dengan mengalikan ET_0 dengan K_c (Allen *et al*, 1998). Nilai ET_c dapat pula dihitung menggunakan metode gravimetrik dengan persamaan (Rosadi *et al*, 2023):

$$ET_c = \frac{[(W_{i-1} - W_i)]}{A} \quad (3)$$

Dimana ET_c memiliki satuan cm, W_i adalah bobot planter bag pada hari i (g), W_{i-1} adalah bobot planter bag pada hari $i-1$ (g), ρ (rho) adalah massa jenis air, dan A adalah luas area wadah tanaman (*planter bag*).

2.4. Lysimeter

Lysimeter weighting balance digunakan untuk mengukur dan mengetahui serapan air tanaman dari waktu ke waktu. *Lysimeter weighting balance* dapat memperkirakan evapotranspirasi tanaman dengan mencatat perubahan berat tanaman, tanah, dan air. Perubahan berat dapat dikonversi menjadi perubahan volume air (Dong dan Hansen, 2023). *Lysimeter weighting balance* adalah alat yang digunakan untuk mengukur evapotranspirasi aktual suatu tanaman dengan mengukur berat tanaman, tanah, dan wadah dari waktu ke waktu. Perubahan berat tersebut memungkinkan penghitungan serapan dan penguapan air oleh tanaman (Payero dan Irmak, 2008). *Lysimeter weighting balance* adalah cara yang paling langsung metode pengukuran serapan dan penguapan air tanaman. Selain itu, lysimeter pembobotan digunakan untuk menentukan efisiensi penggunaan air dan sifat-sifat akar (Dong dan Hansen, 2023).

2.5. Keseragaman Tetesan dan Efisiensi Irigasi Tetes

Irigasi tetes (*drip irrigation*) adalah sistem irigasi yang mengalirkan air melalui pipa lateral, biasanya berdiameter kecil, ke tanah dekat tanaman. Dalam sistem irigasi tetes, air disuplai oleh pipa lateral yang ditempatkan di permukaan tanah dekat akar tanaman. Dari *dripper*, air menyebar secara horizontal dan vertikal berkat gaya kapiler di dalam tanah yang diperkuat ke arah gerakan vertikal oleh gravitasi. Luas permukaan yang dibasahi oleh *dripper* tergantung pada laju aliran, jenis tanah, kelembaban tanah, dan permeabilitas vertikal dan horizontal tanah (Hansen *et al.*, 1986).

Dalam perencanaan irigasi tetes, beberapa faktor yang penting diperhatikan adalah keseragaman tetesan dan efisiensi irigasi, dimana sistem diharapkan mampu

memberikan volume tetesan yang sama dari setiap emitter agar tanaman mendapatkan nutrisi yang seragam sehingga pertumbuhan tanaman pun seragam dan sistem diharapkan mampu memberikan nutrisi secara efisien untuk pengoptimalan biaya dalam budidaya (Saidah *et al*, 2014).

Nilai keseragaman tetesan dapat dihitung dengan persamaan Christiansen (1942) dalam Rai, I. B., (2010):

$$CU = 100\% \times \left(1 - \frac{D}{\bar{y}}\right) \quad (4)$$

Dimana D ditentukan dengan persamaan:

$$D = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Dengan,

CU = Koefisien keseragaman tetesan (%)

D = Simpangan baku (m^3)

\bar{y} = Rata-rata volume tetesan (m^3)

y_i = volume tetesan (m^3)

n = jumlah lubang penetes

Nilai keseragaman tetesan kemudian dievaluasi dengan standar keseragaman tetesan yang ditetapkan oleh *American Standard of Agricultural Engineering* (ASAE), seperti yang tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria tingkat keseragaman tetesan sistem irigasi tetes ASAE

Kriteria	Statistical Unoformity (SU)	Coefficient of Uniformity (CU)
Sangat Baik	95% - 100%	94% - 100%
Baik	85% - 90%	81% - 87%
Cukup Baik	75% - 80%	68% - 75%
Buruk	65% - 70%	56% - 62%
Tidak Layak	< 60%	< 50%

Efisiensi irigasi tetes merupakan persentase dari perbandingan volume air yang keluar dari penetes dengan volume air yang disalurkan dari tandon (Mustawa et al., 2017).

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:

E_a = Efisiensi pemakaian air (%)

W_s = Air yang keluar dari penetes (mL)

W_f = Air yang disalurkan (mL)

2.6. Produktivitas Air

Produktivitas air adalah perbandingan antara hasil bersih tanaman, kehutanan, perikanan, atau peternakan terhadap jumlah air yang digunakan dalam memproduksi hasil bersih tersebut. Produktivitas air menggambarkan keuntungan dari hasil yang didapat untuk setiap unit air yang digunakan (Molden *et al*, 2007). Penentuan nilai produktivitas air menggunakan persamaan (Pereira *et al.*, 2009):

$$WP = \frac{Y_a}{TWU} \quad (7)$$

Dimana WP dalam kg/m^3 , Y_a adalah hasil aktual tomat ceri dalam kg, dan TWU adalah total penggunaan air dalam m^3 .

2.7. Leaf Area Index (LAI)

Indeks Luas Daun atau *Leaf Area Index* (LAI) adalah salah satu parameter untuk mengidentifikasi produktivitas tanaman. LAI didefinisikan sebagai luas daun (yang diproyeksikan pada bidang datar) setiap unit luas permukaan tanah yang tertutupi kanopi tanaman (Ross, 1981 dalam Quan Wang, 2005). LAI diukur dengan tujuan dapat mengetahui pertumbuhan vegetasi, proses-proses fisiologi,

dan penyerapan radiasi matahari (Barclay, 1998). Pengukuran LAI dapat dilakukan dengan berbagai metode sesuai dengan jenis tanaman, untuk tanaman tomat ceri LAI ditetapkan sebagai (Yang Li *et al*, 2022):

$$A = 0,37 L \times W \quad (8)$$

Dimana A adalah luas daun (cm^2), L adalah panjang daun (cm) dan W adalah lebar daun (cm). Rata-rata luas daun per tanaman (A) dan permukaan tanah (S, dalam cm^2) yang ditutupi oleh suatu tanaman digunakan untuk menghitung indeks luas daun (LAI), yang diperoleh sebagai:

$$\text{LAI} = \frac{A}{S} \quad (9)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Oktober 2023 sampai Maret 2024 di *Greenhouse* Laboratorium Lapang Terpadu dan Laboratorium Rekayasa Sumber Daya Air dan Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini berkolaborasi dengan Laboratorium Telekomunikasi Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

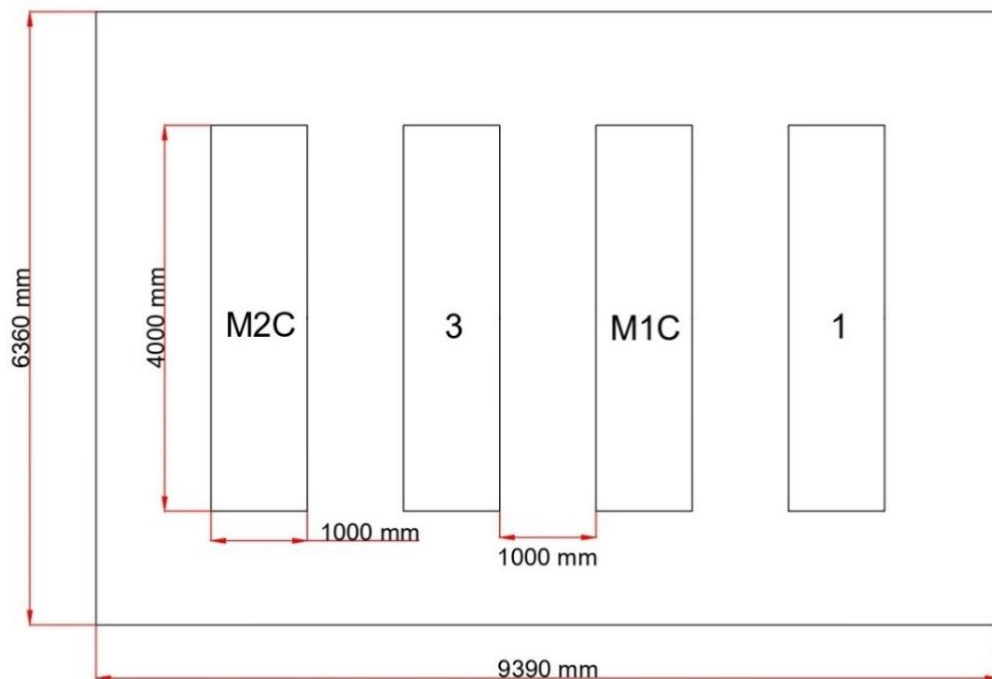
a) Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- 1) Peralatan budidaya tomat ceri: ember, penggaris, pisau, gunting, baki berlubang, selang air, mulsa plastik, tali ajir, baja ringan, solder, dan gelas ukur.
- 2) Peralatan sistem irigasi tetes: drum 2 buah, pompa air, PRV (*Pressure Regulator Valve*), *screen filter* 2 buah, paralon $\frac{3}{4}$ inch, paralon $\frac{1}{2}$ inch, *water flow* 4 buah, *drip tape* dengan jarak 50 cm, *drip tape* konektor dan *end line* plug 8 buah, *planter bag* 4 buah, nepel ulir dan *end cap* 4 buah.
- 3) Peralatan sistem *electronic weighting balance*: sensor berat, kabel jumper, dan plastik.
- 4) Peralatan sistem monitoring iklim lingkungan *greenhouse* (Penelitian ini dilakukan oleh mahasiswa Teknik Elektro UNILA): TDS meter, sensor pH, *soil moisture*, sensor DS18B20, BME 280, Raspberry Pi 4, anemometer, *wind direction*, *infrared*, *pyranometer*, ESP 32, *wi-fi*, kabel jumper, terminal listrik, dan *panel box*.

- b) Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih Tomat Ceri Golden Sweet, sekam bakar, *cocopeat*, *rockwool*, nutrisi AB mix, dan fungisida.

3.3. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di *greenhouse* model *piggyback* dengan luas 9,39 m x 6,36 m menggunakan dua bed tanaman tomat yang terletak pada meja tanam di dalam *greenhouse* dan jaringan sistem irigasi tetes.



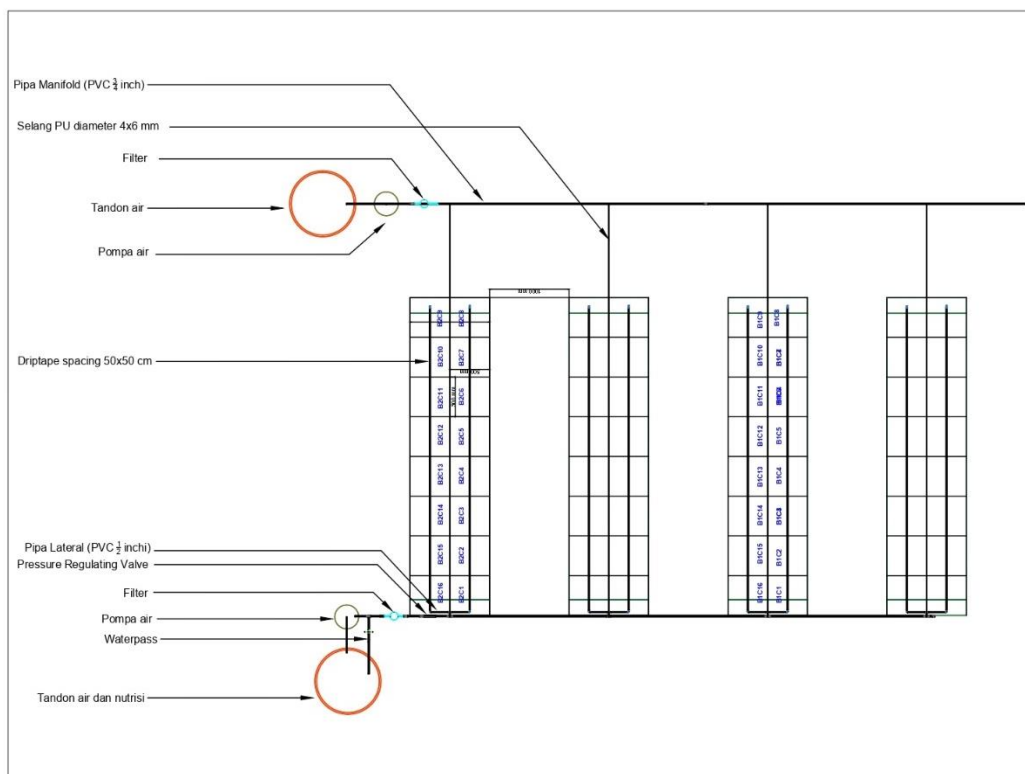
Gambar 3. Denah *greenhouse*

Pada *greenhouse* terdapat 4 bed/meja namun dalam penelitian ini hanya menggunakan 2 bed/meja yaitu M1C dan M2C untuk penelitian ini. M1Cn merupakan meja ke-1 tomat ceri ke-n, M2Cn merupakan meja ke-2 tomat ceri ke-n

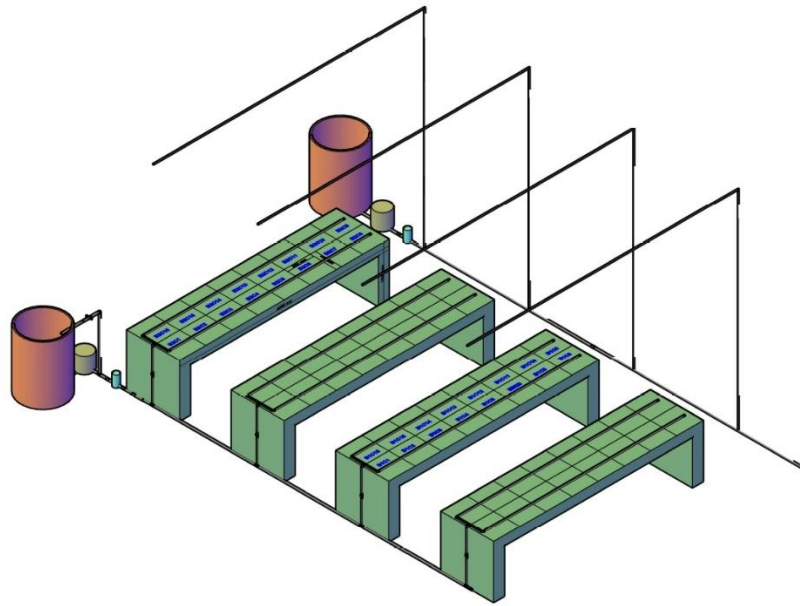
M1C16	M1C15	M1C14	M1C13	M1C12	M1C11	M1C10	M1C9
M1C1	M1C2	M1C3	M1C4	M1C5	M1C6	M1C7	M1C8

M2C16	M2C15	M2C14	M2C13	M2C12	M2C11	M2C10	M2C9
M2C1	M2C2	M2C3	M2C4	M2C5	M2C6	M2C7	M2C8

Gambar 4. Tata letak percobaan



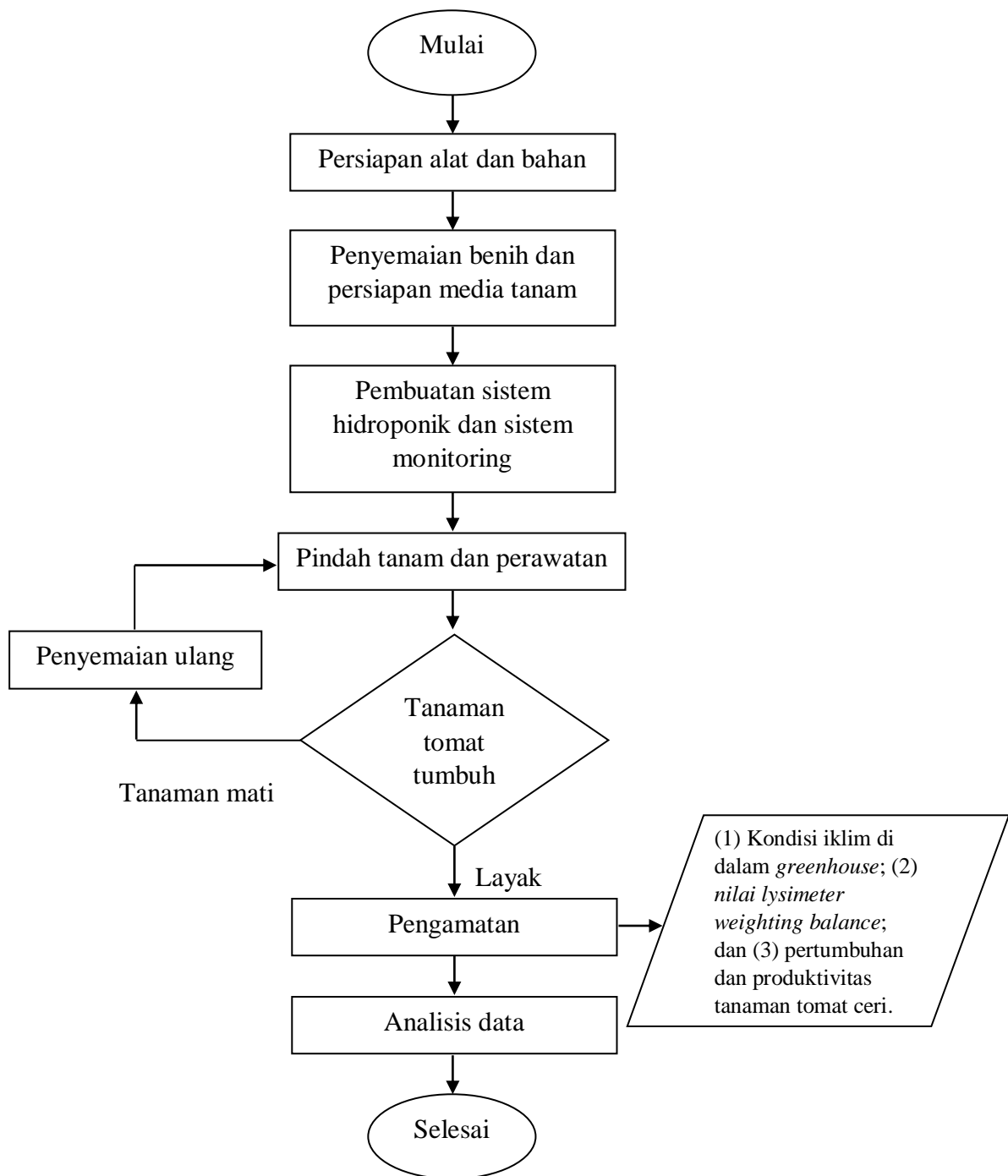
Gambar 5. Layout sistem irigasi tetes dan misting nozzle



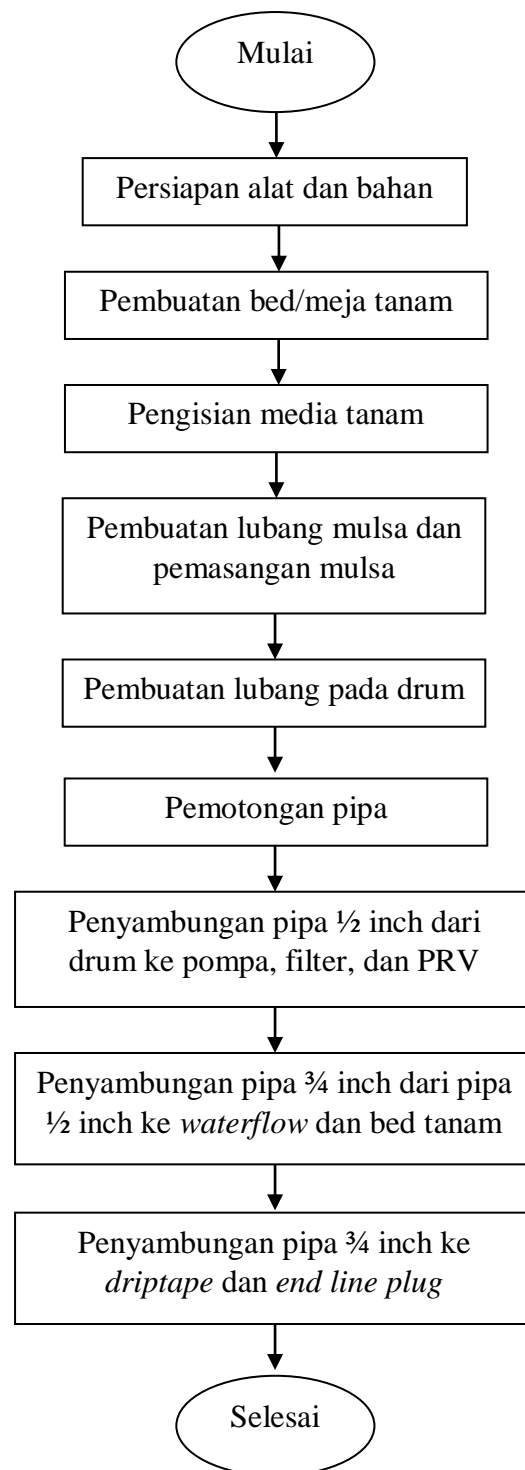
Gambar 6. *Layout 3 Dimensi sistem irigasi tetes dan misting nozzle*

3.4. Metode Penelitian

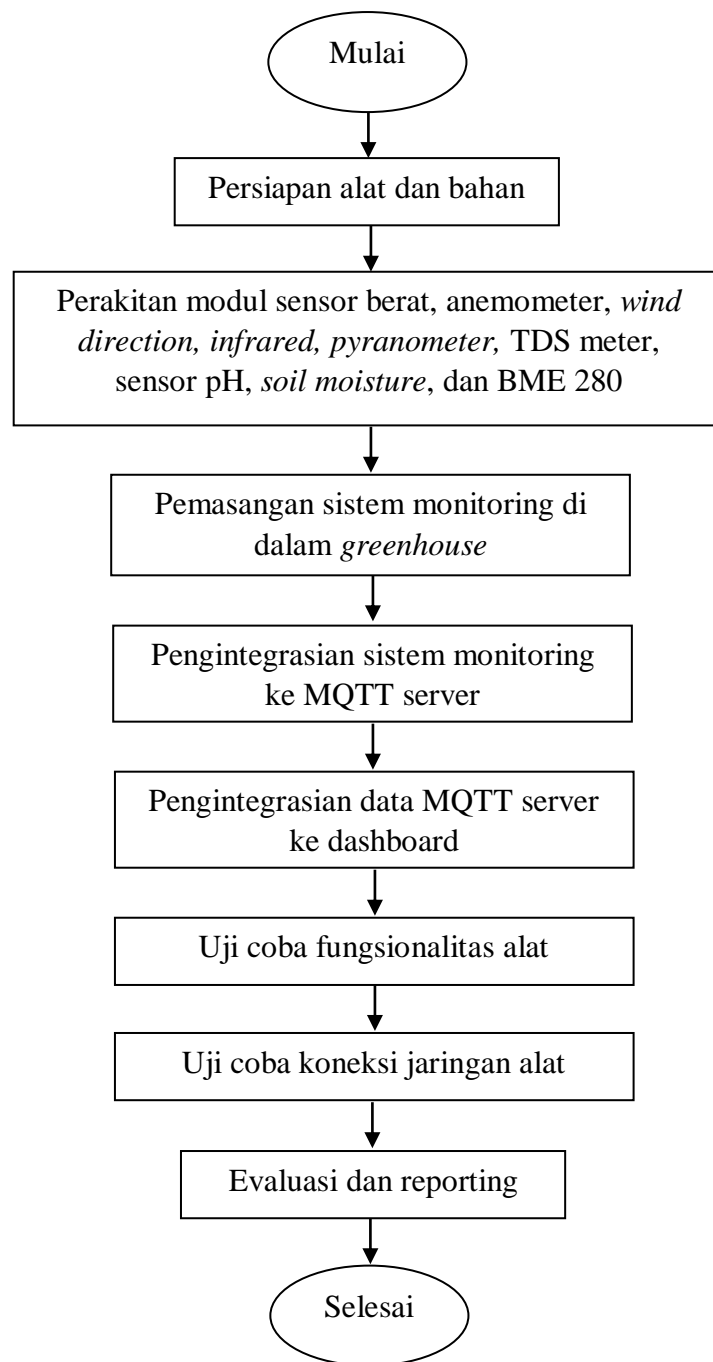
Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur, pembuatan desain irigasi tetes, penanaman tomat pada sistem hidroponik, pengamatan dan analisis hasil.



Gambar 7. Flowchart tahapan penelitian

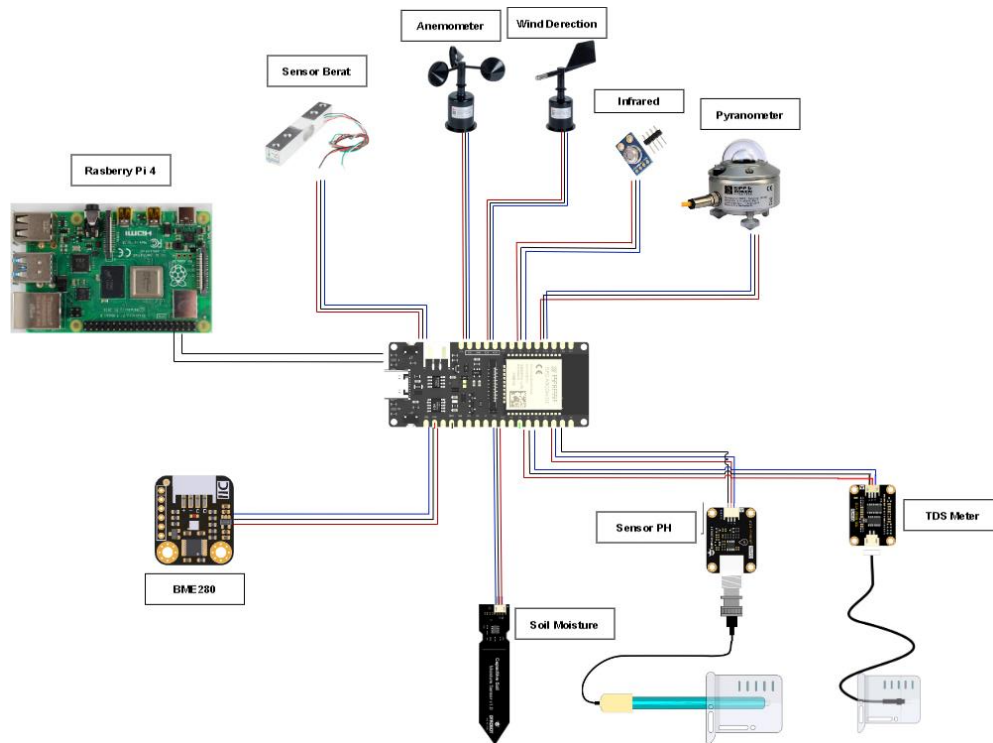


Gambar 8. *Flowchart* pembuatan sistem hidroponik



Gambar 9. Flowchart pembuatan sistem monitoring

3.4.1. Sistem Monitoring



Gambar 10. Skematik sistem monitoring mahasiswa Teknik Elektro Unila

Pada penelitian ini dibuat sistem monitoring dengan beberapa sensor:

1. Sensor berat yang digunakan sebagai *lysimeter weighting balance* untuk memprediksi nilai ET_c tanaman tomat ceri.
2. Anemometer dan *wind direction* untuk mengetahui kecepatan dan arah angin yang dapat mempengaruhi temperatur dan kelembaban tanah, jika laju angin kencang akan membuat nilai evapotranspirasi tinggi sehingga kebutuhan air meningkat.
3. Infrared berfungsi untuk mengukur tingkat stress pada tanaman
4. *Pyranometer* digunakan sebagai sensor radiasi matahari yang merupakan salah satu komponen dalam menghitung nilai ET_0 dengan peletakan sejajar dengan tinggi tanaman. Apabila nilai radiasi matahari tinggi maka laju evapotranspirasi akan tinggi pula, selain itu juga akan

mengakibatkan temperatur yang tinggi sehingga menyebabkan kerusakan jaringan pada tanaman.

5. TDS meter dan pH meter diletakkan pada drum yang berisi nutrisi. TDS meter digunakan untuk mengukur tingkat larutan nutrisi dalam air agar sesuai dengan kebutuhan tanaman. pH meter diperlukan untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan nutrisi, nutrisi yang baik memiliki pH 5,5 - 6,5. pH yang baik akan memaksimalkan penyerapan nutrisi ke akar tanaman,
6. *Soil moisture* diletakkan pada media tanam di bed yang berfungsi untuk mendeteksi apakah kelembaban tanah sesuai untuk tanaman. Kelembaban tanah yang baik menggambarkan kandungan air dan sirkulasi udara di dalam tanah berjalan dengan baik, hal ini berguna untuk pertumbuhan tanaman.
7. Sensor BME 280 mendeteksi suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*. Suhu dan kelembaban udara merupakan komponen dalam memprediksi nilai ET_0 . Suhu dan kelembaban udara yang ideal akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, apabila suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mengakibatkan tanaman kehilangan kemampuan fisiologisnya. Kelembaban udara yang terlalu rendah menyebabkan proses fotosintesis terganggu dan kekeringan tanaman.

3.4.2. Perawatan Tanaman

Pemberian nutrisi pada tomat ceri dibagi menjadi tiga penyiraman, yaitu pada pukul 06.00 WIB, 10.00 WIB, dan 13.00 WIB dengan jumlah nutrisi yang berpedoman pada Tabel 1. Pemangkasan daun (*pruning*) dilakukan tiap satu minggu sekali dan penyemprotan fungisida dilakukan tiap dua minggu sekali.

3.5. Parameter Penelitian

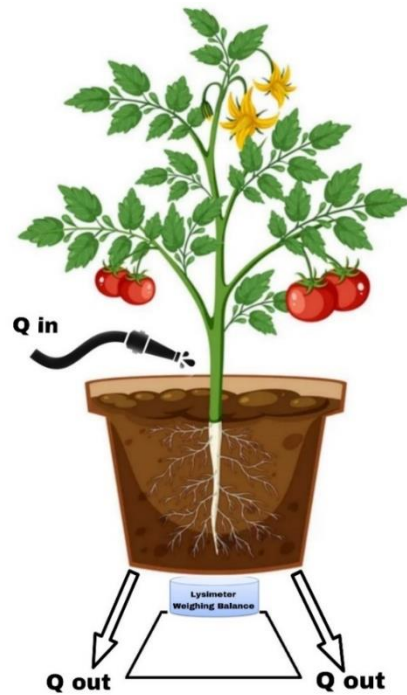
Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu, Evapotranspirasi Rujukan (ET_0), Evapotranspirasi Tanaman (ET_c), keseragaman tetesan, efisiensi irigasi, *water productivity*, kepekatan nutrisi, pH nutrisi, suhu, kelembaban udara, tinggi tanaman, jumlah daun, *leaf area index*, dan jumlah panen buah per tanaman.

3.5.1. Evapotranspirasi Acuan (ET_0)

Penentuan nilai ET_0 dilakukan dengan Metode Radiasi yang memerlukan tersedianya data-data iklim berupa temperatur dan kelembaban udara yang akan diukur dengan sensor GYE-BME 280, lama penyinaran matahari yang akan diukur dengan pyranometer, dan kecepatan angin yang akan diukur dengan anemometer. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan (1) dan (2).

3.5.2. Evapotranspirasi Tanaman (ET_c)

Penentuan nilai ET_c dilakukan dengan Metode Gravimetrik, yaitu dengan menimbang *planter bag* yang berisi satu tanaman dengan *lysimeter weighting balance* yang secara *realtime* mencatat data bobot tanaman dalam *planter bag*. ET_c dihitung dengan Persamaan (3) dan data yang ditampilkan merupakan nilai ET_c harian dan ET_c yang dikumulatikan per 15 menit.



Gambar 11. Skema pengukuran tanaman tomat dengan *lysimeter wighing balance*

3.5.3. Suhu

Pengukuran terhadap suhu lingkungan dilakukan dengan menggunakan sensor GYE-BME 280. Pengukuran dilakukan setiap hari secara berkala dimana perekaman data dilakukan setiap 1 menit dan data yang ditampilkan merupakan rata-rata nilai suhu dalam satu hari dan per jam.

3.5.4. Kelembaban Udara

Kelembaban udara di dalam *greenhouse* diukur menggunakan sensor GYE-BME 280. Pengukuran dilakukan setiap hari secara berkala dimana perekaman data dilakukan setiap 1 menit dan data yang ditampilkan merupakan rata-rata nilai suhu dalam satu hari dan per jam.

3.5.5. Radiasi Matahari

Radiasi matahari dalam *greenhouse* diukur menggunakan *pyranometer*. Pengukuran dilakukan setiap hari secara berkala dimana penyajian data yang ditampilkan merupakan nilai maksimum radiasi per hari, nilai rata-rata radiasi matahari per jam dan nilai per 15 menit dari pukul 06.00 s.d. 18.00 WIB.

3.5.6. Kecepatan Angin

Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer. Pengukuran dilakukan setiap hari secara berkala dimana perekaman data dilakukan setiap 1 menit.

3.5.7. Keseragaman Tetesan

Keseragaman tetesan diperoleh dengan menampung air yang keluar pada tiap penetes, kemudian diolah dengan Persamaan (4) dan (5). Jumlah emitter pada sistem irigasi sebanyak 32. Apabila rata-rata volume tetesan adalah 30 mL dan jumlah kuadrat pengurangan volume tetesan dengan rata-rata volume tetesan adalah 35 mL², maka:

$$D = \sqrt{\frac{35 \text{ mL}^2}{32 - 1}} = \sqrt{1,129 \text{ mL}^2} = 1,06 \text{ mL}$$

Sehingga keseragaman tetesan adalah:

$$CU = 100\% \times \left(1 - \frac{1,063 \text{ mL}}{30 \text{ mL}}\right) = 96,5\%$$

3.5.8. Efisiensi Irigasi Tetes

Efisiensi irigasi tetes merupakan persentase dari perbandingan volume air yang keluar dari penetes dengan volume air yang dihitung dengan Persamaan (6). Apabila air yang disalurkan pada sistem irigasi sebanyak 10

liter, sedangkan air yang tersalurkan pada tanaman sebanyak 8,5 liter, maka efisiensi irigasi adalah:

$$E_a = \frac{8500 \text{ mL}}{10000 \text{ mL}} \times 100\% = 85\%$$

3.5.9. Produktivitas Air (*Water Productivity*)

Penentuan nilai produktivitas air (WP) dilakukan dengan membandingkan hasil pemanenan aktual tomat ceri dengan total air yang digunakan saat pindah tanam hingga pemanenan yang dihitung dengan Persamaan (7). Jika total air yang diirigasikan pada budidaya tomat ceri adalah 2 m³ dan hasil panen sebanyak 8 kg, maka produktivitas air adalah:

$$WP = \frac{8 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} = 4 \text{ kg/m}^3$$

3.5.10. Leaf Area Index (LAI)

LAI ditetapkan dari hubungan antara luas daun dengan panjang dan lebar daun maksimum. Perhitungan LAI dilakukan dengan membagi 3 *section* kelompok daun, kemudian diukur panjang dan lebar salah satu dari beberapa daun pada setiap *section* sebagai perwakilan yang dihitung dengan Persamaan (8) dan (9).

3.5.11. Total Bobot Buah Per Tanaman

Bobot buah per tanaman dilakukan dengan menimbang seluruh buah pada setiap wadah tanam. Tanaman tomat ceri berbunga sekitar 49 HST (Fakhrunnisa et al., 2018) dan akan panen setelah 90 HST (Wahyurini dan Lagiman, 2020).

3.6. Analisis Data

Data hasil pengamatan berupa data suhu dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin yang diperoleh akan diolah dengan prosedur Metode Radiasi untuk mendapatkan nilai ET_0 . Data *lysimeter water balance* akan diolah untuk memprediksi nilai ET_c yang akan dianalisis hubungannya dengan data radiasi matahari. Kemudian akan dilakukan penentuan keseragaman tetes, efisiensi irigasi, *water productivity* berturut-turut menggunakan Persamaan (4), (6) dan (7).

V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa:

1. Nilai ET_c tomat ceri berkisar antara 2-3,1 mm/hari dengan nilai rata-rata ET_c sebesar 2,6 mm/hari.
2. Hubungan antara nilai ET_c dengan radiasi matahari pada budidaya tanaman tomat ceri memiliki nilai positif, secara menyeluruh yaitu $ET_c = (2.10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,08$ dengan koefisien determinasi R^2 sebesar 0,99, pada kondisi mendung $ET_c = (3.10^{-4} \times \text{Rad}) + 0,27$ dengan R^2 sebesar 0,96, dan pada kondisi cerah $ET_c = (2.10^{-4} \times \text{Rad}) + 5.10^{-4}$ dengan R^2 sebesar 0,99.
3. Secara keseluruhan setiap kenaikan 100 W/m^2 radiasi matahari di dalam *greenhouse* akan mengakibatkan terjadinya ET_c sebesar $2,56.10^{-2}$ mm/tanaman pada tomat ceri.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran, yaitu:

1. Wadah penanaman dan sampel uji perlu diseragamkan agar penghitungan ET_c lebih akurat.
2. Agar penghitungan ET_c lebih akurat, perlu perbanyak sampel uji yang terkontrol oleh *lysimeter weighting balance*.
3. Perlu dibuat tampungan air untuk perkolasi pada wadah penanaman agar data untuk menghitung ET_c lebih beragam dan proses *leaching* menjadi lebih cepat.

4. Perlu dilakukan kontrol dan pengamatan lebih lanjut selama budidaya tomat ceri agar pertumbuhan dan produksinya meningkat.
5. Perlu dilakukan analisis mengenai desain dan tata letak *greenhouse* terhadap sebaran faktor lingkungan untuk budidaya tanaman.
6. Perlu dilakukan penelitian dan pengendalian VPD di dalam *greenhouse* untuk kontrol lingkungan mikro agar budidaya tanaman tomat ceri lebih optimal.
7. Perlu dilakukan validasi otomatisasi sistem irigasi tetes berdasarkan hasil penelitian ini, sehingga penentuan ET_c tidak berbasis pada media tanam lagi, melainkan berbasis pada iklim, dalam hal ini adalah radiasi matahari.

DAFTAR PUSTAKA

- Abarikwu, O. I., Adama, J. C., Ezeani, E. U. 2019. Relationship between reference evapotranspiration and some climatic parameters, Umudike, Nigeria. *AgricEngInt: CIGR Journal* 21(1): 28-33.
- Adha, F., Manik, T., & Rosadi, R. A. B. (2016). Evaluasi Penggunaan Lysimeter untuk Menduga Evapotranspirasi Standar dan Evapotranspirasi Tanaman Kedelai (*Glycine max (L) Merril*). *Jurnal Teknotan* 10(2): 71–79.
- Afandi, D. 2016. *Pengaruh Konsentrasi Nutrisi dan Macam Media Substrat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat Cherry (Lycopersicon esculentum var cerasiforme) dengan Sistem Hidroponik*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Jember. Jember.
- Agromedia. 2007. *Panduan Lengkap Budidaya Tomat*. Redaksi Agromedia. Jakarta.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., dan Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Roma.
- Allen, R.G., dan Pruitt, W.O. 1991. FAO-24 reference evapotranspiration factors. *J Irrig Drain Eng ASCE* 117: 758–773.
- Annisa, F. L. 2016. *Urban Farming Bertani Kreatif Sayur, Hias, dan Buah*. Agriflo. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Tomat Ceri*. BPS Indonesia. Jakarta.
- Baille, M. Baille, A., dan Laury, J.C. 1994. A simplified model for predicting evapotranspiration rate of nine ornamental species vs climate factors and leaf area. *Scientia Horticulturae* 59: 217-232.
- Dalimoenthe, S.L. 2013. Pengaruh media tanam organik terhadap pertumbuhan dan perakaran pada fase awal benih teh di pembibitan. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina* 16(1): 1-11.
- Ding, J., Jiao, X., Bai, P., Hu, Y., Zhang, J., Li, J. 2022. Effect of vapor pressure deficit on the photosynthesis, growth, and nutrient absorption of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae* 295, 220736.

- Dong, Y., dan Hansen, H. 2023. Development and design of an affordable field scale weighting lysimeter using a microcontroller system. *Smart Agricultural Technology* 4.
- Esmay, M.L., dan Dixon, J.E. 1986. *Environmental Control for Agricultural Buildings*. Textbook Ed. AVI Publishing Company, Inc. Wesport.
- Fakhrunnisa, E., Kartika, J.G., dan Sudarsono. 2018. Produksi Tomat Cherry dan Tomat Beef dengan Sistem Hidroponik di Perusahaan Amazing Farm, Bandung. *Bul. Agrohorti* 6(3): 316-325.
- Feng, Y., S. Huang, R. Gao, L. Weiguo, T. Yong, W. Xiaochun, W. Xiaoling, W. Yang. 2014. Growth of soybean seedlings in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red far-red ratio. *Fields Crops Res* 15: 245-253.
- Fibriana, R., Ginting, Y.S., Ferdiansyah, E., dan Mubarak, S. 2018. Analisis Besar atau Laju Evapotranspirasi pada Daerah Terbuka. *Agrotekma*, 2(2): 130-137.
- Gardner, F.P., Brent, R., dan Mitchell, R.L. 1990. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State Univ. Press. Ames.
- Ginanjari, M., Rahayu, A., dan Tobing, O.L. 2021. Pertumbuhan dan produksi tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *alboglabra*) pada berbagai media tanam dan konsentrasi nutrisi AB mix dengan sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agronida* 7(2): 86-93.
- Goudriaan, J., dan Van Laar, H.H. 1994. *Modelling Potential Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht.
- Hadisusanto, N. 2011. *Aplikasi Hidrologi*. Jogja Media Utama. Yogyakarta.
- Haikal, M.F. 2022. *Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat Cери (*Lycopersicum esculentum* Mill) Terhadap Pemberian Berbagai Media Tanam di Lahan Hollywood Kabupaten Gresik*. UPT Perpustakaan dan Penerbitan UMG. Gresik.
- Handayani, T., dan Irawati, T. 2022. Efisiensi sistem irigasi tetes (*drip irrigation*) pada tanaman melon varietas Japonica. *Jurnal Pertanian Agros* 24(1): 337-341.
- Hansen, V. E., Israelsen, O. W., Glen, E. S. 1986. *Dasar-Dasar dan Paktek Irigasi*. Erlangga. Jakarta.
- Hemming, S., Zwart F.D., Elings, A., Petropoulou, A., dan Righini, I. 2020. *Cherry Tomato Production in Intellegent Grenhouses Sensors and AI for Control of Climate, Irrigation, Crop Yield, and Quality*. Business Unit Greenhouse Horticulture, Wageningen University & Research (WUR).
- Heuvelink, E., Bakker, M.J., Elings, A., Kaarsemaker, R.C., dan Marcelis, L.F.M. 2005. Effect of leaf area on tomato yield. *Acta Hort* 691(2): 43-50.

- Hong, R. 2015. Constant, fluctuating, and effective temperature and seed longevity: a tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) exemplar. *Journal of Annalis Botany Company* 8(13).
- Hussain, F., Shahid, M.A., Majeed, M.D., Ali, S., dan Zamir, M.S.I. 2023. Estimation of the Crop Water Requirements and Crop Coefficients of Multiple Crops in a Semi-Arid Region by Using Lysimeters. *Environmental Sciences Proceedings* 25(101): 1-9.
- Istiqomah, Siti. 2006. *Menanam Hidroponik*. Azka Press. Jakarta.
- Leonardi, C., Guichard, S., Bertin, N. 2000. High vapour pressure deficit influences growth, transpiration and quality of tomato fruits. *Sci. Horti* 84: 285-296.
- Mahmoud, S. H., dan Gan, T. Y. 2019. Irrigation Water Management In Arid Regions of Middle East: Assessing Spatio-Temporal Variation of Actual Evapotranspiration Through Remote Sensing Techniques and Meteorological Data. *Agricultural Water Management* 212: 35-47.
- Makkink, G.F. 1957. Testing the Penman formula by means of lysimeters. *J. Inst. Water Engineering* 11 (3): 277-288.
- Messakh, O.S. 2020. Pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) dan tanaman sela pada pola tanam monokultur dan tumpangsari dengan tanaman sela aromatik. *Partner* (1): 1-14.
- Molden, D., Oweis, T.Y., Steduto, P., Kijne, J.W., Hanjra, M.A., Bindraban, P.S. 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In Molden, D. (ed.) *Water for Food, Water for Life: Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan, London, in association with International Water Management Institute (IWMI), Colombo, pp. 279–310.
- Mustawa, M., Abdullah, S.H., dan Putra, G.M.D. 2017. Analisis Efisiensi Irigasi Tetes Pada Berbagai Tanah untuk Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem* 5(2): 408-421.
- Noh, H., dan Lee, J. 2022. The Effect of Vapor Pressure Deficit Regulation on the Growth of Tomato Plants Grown in Different Planting Environments. *Applied Sciences* 12, 3667: 1-18.
- Nurhayati, dan Aminuddin, J. 2016. Pengaruh kecepatan angin terhadap evapotranspirasi berdasarkan metode Penman di kebun stroberi Purbalingga. *Journal of Islamic Science and Technology* 2(1): 21-28.
- Rukmana, R. 1994. *Tomat dan Cherry*. Kanisius. Yogyakarta.
- Pakari, A., dan Ghani, S. 2019. Airflow assessment in a naturally ventilated greenhouse equipped with wind towers: numerical simulation and wind tunnel experiments. *Energy and Buildings* 199: 1-11.

- Park, B.M., Jeong, H.B., Yang, E.Y., Kim, M.K., Kim, J.W., Chae, W.B., Lee, O.J., Kim, S.G., dan Kim S.M. 2023. Differential Responses of Cherry Tomatoes (*Solanum lycopersicum*) to Long-Term Heat Stress. *Horticulturae* 9(3): 1-13.
- Payero, J. O., dan Irmak, S. 2008. Construction, Installation, and Performance of Two Repacked Weighting Lysimeters. *Irrig. Sci* 26.
- Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I. 2009. Coping with Water Scarcity. Addressing the Challenges. *Springer, Dordrecht*. doi: 10.1007/978-1-4020-9579-5. 5, 382 p.
- Prakoso, D. 2018. *Analisis Pengaruh Tekanan Udara, Kelembaban Udara dan Suhu Udara Terhadap Tingkat Curah Hujan Di Kota Semarang*. Unnes. Semarang.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020. *Outlook Komoditi Tomat*. Pusat Data dan Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian 2020. Jakarta.
- Putri, R.M., dan Adiwirman, E.Z. 2014 studi pertumbuhan dan daya hasil empat galur tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) di dataran rendah. *Jom Faperta* 1(2): 26-35.
- Rai, I.B. 2010. *Analisis Pemberian Air Sistem Irigasi Tetes di Daerah Lahan Kering Akar-Akar Kabupaten Lombok Utara*. Skripsi. Universitas Mataram.
- Resh, H.M. 2004. *Hydroponic Food Production*. Newconcept Press Inc. New Jersey
- Ristaiono, J. 2010. Soil microbial biomass and activity in organic tomato farming systems: Effects of organic inputs and straw mulching. *Soil Biology and Biochemistry Journal* 4(2).
- Rosadi, R.A.B., Afandi, Senge, M., Ito, K., dan Adomako, J.T. 2005. Critical water content and water stress coefficient of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under deficit irrigation. *Paddy Water Environ* 3: 219-223.
- Saidah, H., Yasa, I.W., dan Hardiyanti, E. 2014. Keseragaman tetesan pada irigasi tetes sistem gravitasi. *Spektrum Sipil* 1(2): 133-139.
- Shin, J.H., Park, J.S., dan Son, J.E. 2013. Estimating the actual transpiration with compensated levels of accumulated radiation for the efficient irrigation of soilless cultures of paprika plants. *Agricultural Water Management* 135: 9-18.
- Sianturi, Y., dan Simbolon, C.M. 2021. Pengukuran dan Analisa Data Radiasi Matahari di Stasiun Klimatologi Muaro Jambi. *Megasains* 12(1): 40-47.
- Silaen, S. 2021. Pengaruh Transpirasi Tumbuhan dan Komponen di Dalamnya. *Agroprimatech* 5(1): 14-20.

- Snyder, R.G. 2019. *Greenhouse Tomato Handbook*. Mississippi State University. Oxford.
- Sofiyuddin, H. A., L. M. Martief, B. I. Setiawan, C. Arif. 2010. Evaluasi Koefisien Tanaman Padi Berdasarkan Konsumsi Air pada Lahan Sawah. *Jurnal Irigasi* 7(2): 120-131.
- Sousa, K.C., Costa, R.N.T., Nunes, K.G., Silva, A.O. 2021. Irrigation strategies in production of cherry tomatoes under water scarcity conditions. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, 26(6): 425-432.
- Stannard, D. I., Gannett, M. W., Pollete, D. J., Cameron, J. M., Waibel, M. S., dan Spears, J. M. 2013. *Evapotranspiration from march and open-water sites at Upper Klamath Lake*. Geological Survey Scientific Investigation Report. Oregon.
- Subiakto, T. 2015. *Selisih Rerata Radiasi Matahari Bulanan Musim Panas dan Hujan Hasil Observasi Tahun 2015 di Balailapan Pasuruan*. Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer. Pasuruan.
- Suryani, Y.R., Sudarma, A.D., dan Sumarsono, S. 2020. Pertumbuhan dan produksi tomat (*Lycopersicum esculentum*) akibat berbagai jenis pupuk organik dan dosis mulsa sekam padi. *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(1): 18-25.
- Susila, A.D., dan Koerniawati, Y. 2004. Pengaruh volume dan jenis media tanam pada pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa*) pada teknologi hidroponik sistem terapung. *Bul Agron* 32(2): 16-21.
- Susilawati. 2019. *Dasar-dasar Bertanam Secara Hidroponik*. Unsri Press. Palembang.
- Sutanto, T. 2015. *Budidaya Tanaman dengan Metode Hidroponik*. Bibit Publisher. Jakarta.
- Swarinoto, Y.S. dan Sugiyono. 2011. Pemanfaatan suhu dan kelembaban udara dalam persamaan regresi untuk simulasi prediksi total hujan bulanan di Bandar Lampung. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* 12(3).
- Yang, L., Liu, H., Tang, X., dan Li, L. 2022. Tomato evapotranspiration, crop coefficient and irrigation water use efficiency in the winter period in a sunken Chinese solar greenhouse. *Water* 14(15): 1-19.
- Wahyurini, E., dan Lagiman. 2020. *Teknik Budidaya dan Pemuliaan Tanaman Tomat*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UPN "Veteran" Yogyakarta. Congdongcatur.
- White, J.W., dan Izquierdo, J. 1989. *Dry Bean: Physiology of Yield Potential and Stress Tolerance*. CAB International and CIAT. Wallingford.

- Wijayanti, E., dan Susila, M.A.D. 2013. Pertumbuhan dan produksi dua varietas tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) secara hidroponik dengan beberapa komposisi media tanam. *Jurnal Buagron Agrohorti* 1(1): 104-112.
- Zhang, D., Du, Q., Zhang, Z., Jiao, X., Song, X., Li, J. 2017. Vapour pressure deficit control in relation to water transport and water productivity in greenhouse tomato production during summer. *Sci. Rep* 7, 43461.