

TESIS

**SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN SUHU
PADA *HIDRO_LED INDOOR* UNTUK PAKCOY SEBAGAI
TANAMAN AGROINDUSTRI**

***MONITORING AND CONTROLLING TEMPERATURE SYSTEM
ON *HIDRO_LED INDOOR* FOR PAKCOY AS AN
AGROINDUSTRIAL CROP***



**Noverdita
05032682327001**

**PROGRAM STUDI MAGISTER
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

SUMMARY

NOVERDITA. Monitoring and Controlling Temperature System On Hydro_LED Indoor For Pakcoy As An Agroindustrial Crop (**Supervised by PUSPITAHATI and ARJUNA NENI TRIANA**)

This research aims to design a temperature monitoring and control system on indoor hydro_LED to increase the productivity of pakcoy (*Brassica rapa* L.) as an agro-industrial crop. The research was conducted from September 2024 to October 2024 at the Faculty of Agriculture Laboratory, Sriwijaya University. The method used is functional and structural and experimental design, with data presented descriptively. There are four treatments, namely, the use of LED Grow Light with 150 watts and 300 watts of power with Digital Thermostat Sensor XH-W3001, and the use of LED Grow Light with 150 watts and 300 watts without Digital Thermostat Sensor XH-W3001. The observed parameters include light intensity, power requirements, electrical energy, temperature, humidity, pH of nutrient solution, Electrical Conductivity (EC), as well as plant production parameters such as plant height, number of leaves, leaf width, and plant fresh weight. The results showed that the use of 300 watt LED Grow Light with a temperature sensor produced the highest productivity of pakcoy plants, which was 10,58 tons/ha. This is due to optimal lighting that is well controlled by the XH-W3001 Digital Thermostat Sensor, which helps maintain the temperature and light intensity according to the needs of pakcoy plants, on the other hand, the lowest productivity in control plants with 150 watt LED Grow Light without sensors, which is 2,99 tons/ha, which is caused by lower lamp power and lack of room temperature control.

Keywords: Grow Light, DFT Hydroponics, Light Intensity, Pakcoy, Temperature

RINGKASAN

NOVERDITA. Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu pada *Hidro_LED Indoor* untuk Pakcoy sebagai Tanaman Agroindustri **(Dibimbing oleh PUSPITAHATI dan ARJUNA NENI TRIANA)**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan dan pengendalian suhu pada *hidro_LED indoor* untuk meningkatkan produktivitas tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) sebagai tanaman agroindustri. Penelitian dilaksanakan pada Bulan September 2024 hingga Oktober 2024 di Laboratorium Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Metode yang digunakan adalah rancangan fungsional dan struktural serta eksperimental, dengan data yang disajikan secara deskriptif. Terdapat empat perlakuan yaitu, penggunaan Lampu LED *Grow Light* dengan daya 150 watt dan 300 watt dengan Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*, serta penggunaan Lampu LED *Grow Light* dengan daya 150 watt dan 300 watt tanpa Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*. Parameter yang diamati meliputi intensitas cahaya, kebutuhan daya, energi listrik, suhu, kelembaban, pH larutan nutrisi, *Electrical Conductivity* (EC), serta parameter produksi tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun, dan berat segar tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Lampu LED *Grow Light* 300 watt dengan sensor suhu menghasilkan produktivitas tanaman pakcoy tertinggi, yaitu sebesar 10,58 ton/ha. Hal ini disebabkan oleh pencahayaan optimal yang terkontrol dengan baik oleh Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*, yang membantu menjaga suhu dan intensitas cahaya sesuai dengan kebutuhan tanaman pakcoy, sebaliknya produktivitas terendah pada tanaman kontrol dengan lampu LED *Grow Light* 150 watt tanpa sensor, yaitu sebesar 2,99 ton/ha, yang disebabkan oleh daya lampu yang lebih rendah dan kurangnya pengendalian suhu ruangan.

Kata Kunci : *Grow Light*, Hidroponik DFT, Intensitas Cahaya, Pakcoy, Suhu

TESIS

**SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN SUHU
PADA *HIDRO_LED INDOOR* UNTUK PAKCOY SEBAGAI
TANAMAN AGROINDUSTRI**

***MONITORING AND CONTROLLING TEMPERATURE SYSTEM
ON *HIDRO_LED INDOOR* FOR PAKCOY AS AN
AGROINDUSTRIAL CROP***

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
Magister Teknologi Industri Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



Noverdita
05032682327001

**PROGRAM STUDI MAGISTER
TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN SUHU
PADA *HIDRO_LED INDOOR* UNTUK PAKCOY SEBAGAI
TANAMAN AGROINDUSTRI**

TESIS

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Magister Teknologi Industri Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya


Oleh :

Noverdita
05032682327001

Palembang, Desember 2024

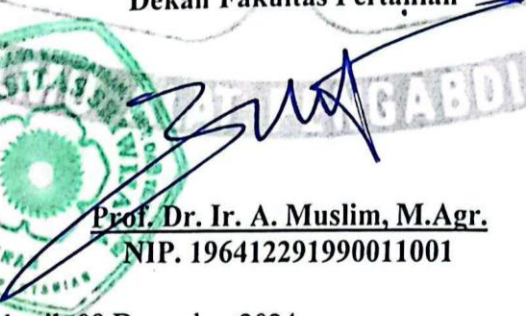
Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Puspitahati, S.TP., M.P.
NIP.197908152002122001


Dr. Arjuna Neni Triana, S.TP., M.Si
NIP. 197108012008012008


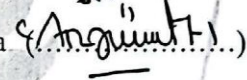

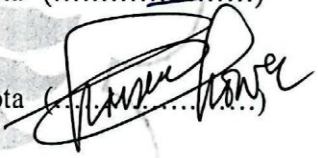
Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian


Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr.
NIP. 196412291990011001

Tanggal seminar hasil: 09 Desember 2024

Tesis dengan judul “Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu pada *Hidro_LED Indoor* untuk Pakcoy sebagai Tanaman Agroindustri” oleh Noverdita telah dipertahankan di hadapan komisi pengujian Tesis Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 16 Desember 2024 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim pengujian.

Komisi Pengujian



- | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Dr.Puspitahati, S.TP.,M.P.
NIP. 197908152002122001 | Ketua (.....) |  |
| 2. Dr. Arjuna Neni Triana,S.TP.,M.Si
NIP. 197108012008012008 | Anggota (.....) |  |
| 3. Dr. Ir. Hersyamsi, M.Agr
NIP. 196008021987031004 | Anggota (.....) |  |
| 4. Dr. Ir. Haisen Hower, M.P.
NIP. 196612091994031003 | Anggota (.....) |  |

Palembang, Desember 2024

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Magister Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian

Dr. Merynda Indriyani Syafutri, S.TP., M.Si.
NIP. 198203012003122002

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Noverdita

NIM : 05032682327001

Judul : Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu pada *Hidro_LED Indoor*
untuk Pakcoy sebagai Tanaman Agroindustri

Menyatakan bahwa seluruh data dan informasi yang dimuat dalam Tesis ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiarasi dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Palembang,

Desember 2024

Noverdita

RIWAYAT HIDUP

NOVERDITA dilahirkan di Kota Batam pada hari Jumat, 2 November 2001 dari pasangan Bapak Edi Heryandi dan Ibu Mutmainah. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara, mempunyai seorang adik perempuan bernama Noverdila.

Pendidikan yang telah ditempuh penulis meliputi Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 11 Toboali yang diselesaikan pada tahun 2013, penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Toboali yang diselesaikan pada tahun 2016, penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Toboali dan dinyatakan lulus pada tahun 2019, kemudian penulis melanjutkan Pendidikan S1 di Universitas Sriwijaya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, yang diselesaikan pada tahun 2023. Sejak tahun 2023 penulis tercatat sebagai mahasiswa aktif Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penulis berharap agar penyusunan Tesis yang berjudul “Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu pada *Hidro_LED Indoor* untuk Pakcoy sebagai Tanaman Agroindustri” dapat berjalan dengan lancar, sehingga bisa menyelesaikan Laporan Tesis dengan sebaik-baiknya dan ilmu yang didapatkan bisa menjadi bekal untuk penulis kedepannya.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat, ridho, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis ini yang berjudul “Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu pada *Hidro_LED Indoor* untuk Pakcoy sebagai Tanaman Agroindustri”

Dalam penyusunan Tesis ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan dalam menyelesaikan Tesis ini, khususnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Merynda Indriyani Syafutri, S.TP.,M.Si. selaku Koordinator Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr.Puspitahati, S.TP.,M.P. selaku Dosen Pembimbing pertama penulis yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi sehingga Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Ibu Dr. Arjuna Neni Triana, S.TP.,M.Si selaku Dosen Pembimbing kedua penulis yang juga telah memberikan bimbingan, masukan saran dan motivasinya sehingga Tesis ini dapat diselesaikan.
5. Bapak Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr. selaku Dosen Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, yang telah memberikan bimbingan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis selama proses Penyusunan Tesis.
6. Seluruh dosen Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya yang telah mengajarkan ilmu pengetahuan di bidang Teknologi Industri Pertanian.
7. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan Tesis ini, dengan demikian penulis menerima kritik dan saran yang membangun sehingga Tesis ini dapat menjadi lebih baik.

Palembang, Desember 2024

Noverdita

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanaman Pakcoy	5
2.2. Suhu	6
2.3. Kelembaban.....	7
2.4. Larutan Nutrisi Tanaman	7
2.5. <i>Indoor Crop Cultivation</i>	8
2.6. <i>LED Grow Light</i>	9
2.6.1. Intensitas Cahaya	10
2.6.2. Sumber Energi Listrik AC (<i>Alternating Current</i>).....	11
2.7. Hidroponik DFT (<i>Deep Flow Technique</i>).....	12
2.8. Sistem Pemantauan dan Pengendalian Suhu.....	12
2.9. Sensor <i>Thermostat Digital</i> XH-W3001	13
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1. Tempat dan Waktu	15
3.2. Alat dan Bahan	15
3.3. Metode Penelitian.....	15
3.4. Cara Kerja	16
3.4.1. Pembuatan Prototype untuk <i>Hydro_LED Indoor</i>	16
3.4.2. Pemasangan Instalasi Hidroponik DFT pada Prototype.....	16

3.4.3. Pemasangan Lampu LED <i>Grow Light</i> pada Prototype.....	17
3.4.4. Pemasangan Sensor <i>Thermostat Digital</i> XH-W3001	17
3.4.5. Penyemaian Tanaman Pakcoy	17
3.4.6. Pemindahan Tanaman ke <i>Hidro_LED Indoor</i>	18
3.5. Parameter Pengamatan	18
3.5.1. Intensitas Cahaya (<i>lux</i>).....	18
3.5.2. Kebutuhan Daya (W).....	18
3.5.3. Energi Listrik (kWh).....	18
3.5.4. Panjang Gelombang pada LED <i>Grow Light</i>	19
3.5.5. Suhu ($^{\circ}C$)	19
3.5.6. Kelembaban (%).....	20
3.5.7. Debit Aliran Hidroponik DFT.....	20
3.5.8. Pengukuran pH Larutan Nutrisi dan EC (<i>Electrical Conductivity</i>) ..	20
3.5.9. Produksi Tanaman Pakcoy.....	20
3.5.9.1. Tinggi Tanaman (cm).....	20
3.5.9.2. Jumlah Daun (Helai)	21
3.5.9.3. Lebar Daun (cm)	21
3.5.9.4. Berat Segar Tanaman (g)	21
3.5.9.5. Produktivitas Tanaman	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1. Intensitas Cahaya LED <i>Grow Light</i>	22
4.2. Kebutuhan Daya LED <i>Grow Light</i>	24
4.3. Energi Listrik pada LED <i>Grow Light</i>	25
4.4. Panjang Gelombang pada LED <i>Grow Light</i>	26
4.5. Suhu pada Prototype <i>Hidro_LED Indoor</i>	27
4.6. Kelembaban pada Prototype <i>Hidro_LED Indoor</i>	30
4.7. Debit Aliran Sistem <i>Hidro_LED Indoor</i>	32
4.8. pH Larutan Nutrisi	33
4.9. EC (<i>Electrical Conductivity</i>).....	34
4.10. Produksi Tanaman Pakcoy.....	34
4.10.1. Tinggi Tanaman	34
4.10.2. Jumlah Daun	37

4.10.3. Lebar Daun.....	38
4.10.4. Berat Segar Tanaman	40
4.10.5. Produktivitas Tanaman	42
BAB 5 PENUTUP	44
5.1. Kesimpulan	44
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Pengukuran Intensitas Cahaya pada <i>Hidro_LED Indoor</i>	23
Tabel 4.2. Pengamatan Kebutuhan Daya	24
Tabel 4.3. Perhitungan Energi Listrik	25
Tabel 4.4. Pengukuran Suhu pada Prototype <i>Hidro_LED Indoor</i>	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tanaman Pakcoy	5
Gambar 2.2. <i>Hidro_LED Indoor</i>	8
Gambar 2.3. Spektrum Cahaya LED <i>Grow Light</i>	10
Gambar 2.4. <i>Sensor Working System Flow Chart</i>	14
Gambar 4.1. Intensitas Cahaya LED <i>Grow Light</i>	22
Gambar 4.2. Panjang Gelombang Puncak Radiasi pada <i>Hidro_LED Indoor</i>	26
Gambar 4.3. Rerata Suhu Harian Tanaman Pakcoy	27
Gambar 4.4. Hubungan Suhu dengan Daya Radiasi	29
Gambar 4.5. Hubungan Suhu dengan Intensitas Cahaya	30
Gambar 4.6. Rerata Kelembaban Harian Tanaman Pakcoy.....	31
Gambar 4.7. Debit Aliran Air	32
Gambar 4.8. Rerata pH Larutan Nutrisi Tanaman Pakcoy	33
Gambar 4.9. Rerata EC (<i>Electrical Conductivity</i>) Tanaman Pakcoy.....	34
Gambar 4.10. Hasil Pengukuran Tinggi Tanaman Pakcoy pada 1 MST Sampai 4 MST	35
Gambar 4.11. Hasil Pengukuran Jumlah Daun Pakcoy pada 1 MST Sampai 4 MST	37
Gambar 4.12. Hasil Pengukuran Lebar Daun Pakcoy pada 1 MST Sampai 4 MST	39
Gambar 4.13. Berat Segar Tanaman Pakcoy pada 1 MST Sampai 4 MST	41
Gambar 4.14. Produktivitas Tanaman Pakcoy	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	57
Lampiran 2. Sensor <i>Thermostat Digital</i> XH-W3001.....	58
Lampiran 3. Desain Gambar Penelitian	59
Lampiran 4. Intensitas Cahaya.....	62
Lampiran 5. Perhitungan Kebutuhan Daya.....	66
Lampiran 6. Perhitungan Energi Listrik.....	66
Lampiran 7. Panjang Gelombang Lampu LED <i>Grow Light</i>	67
Lampiran 8. Data Suhu Harian.....	67
Lampiran 9. Hubungan Suhu dengan Daya Radiasi per Satuan Luas (W/m ²).....	71
Lampiran 10. Data Kelembaban Harian.....	71
Lampiran 11. Debit Aliran Sistem Hiroponik DFT	75
Lampiran 12. Pengamatan pH Larutan Nutrisi	77
Lampiran 13. Pengamatan EC Larutan Nutrisi	79
Lampiran 14. Data Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Pakcoy (cm) 1 MST Sampai 4 MST	81
Lampiran 15. Data Hasil Pengamatan Jumlah Daun Pakcoy (Helai) 1 MST Sampai 4 MST	84
Lampiran 16. Data Hasil Pengamatan Lebar Daun Pakcoy (cm) 1 MST Sampai 4 MST	87
Lampiran 17. Data Berat Segar Tanaman Pakcoy (g).....	90
Lampiran 18. Data Berat Kotor Tanaman Pakcoy (g)	91
Lampiran 19. Data Perhitungan Produktivitas Tanaman Pakcoy	92
Lampiran 20. Dokumentasi Penelitian.....	94

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman pakcoy (*Barassica rapa* L.) merupakan tanaman yang tergolong sayuran bermanfaat karena memiliki sumber vitamin, mineral dan serat yang diperlukan untuk kesehatan tubuh dan dapat meningkatkan kualitas hidup masyarakat (Zhang *et al.*, 2019). Permintaan produksi pakcoy semakin meningkat, akan tetapi ketersediaan lahan, polusi, dan penggunaan pestisida menjadi tantangan utama terutama di daerah perkotaan (Setiawan *et al.*, 2023). *Urban farming* merupakan konsep pertanian solusi yang menarik dalam memenuhi kebutuhan pakcoy yang bersih dan terbebas dari pestisida (Surya *et al.*, 2020). Pertanian 4.0 dengan penerapan teknologi canggih, dapat menjadi sarana efektif untuk mengoptimalkan produksi pakcoy dengan memperhatikan faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, dan pH yang dibutuhkan tanaman (Liu *et al.*, 2021). Salah satu teknologi yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman pakcoy dan meningkatkan produksinya adalah sistem hidroponik dengan menggunakan budidaya tanaman secara *indoor* (Rizal, 2017). Hidroponik yang digunakan pada penelitian ini adalah hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*). Keunggulan jenis hidroponik ini lebih mudah diatur dan diimplementasikan dalam skala kecil seperti kotak penanaman (Prototype), karena tidak memerlukan sistem yang kompleks untuk distribusi air dan juga nutrisinya (Gunawan *et al.*, 2021; Puspitahati *et al.*, 2022).

Budidaya tanaman secara *indoor* dengan menggunakan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*) membutuhkan cahaya untuk proses fotosintesis pertumbuhan tanaman, dengan perkembangan zaman yang semakin canggih sinar matahari dapat digantikan dengan cahaya buatan (Fitmawati *et al.*, 2018). *Light emitting diode* (LED) *Grow Light* dapat meniru cahaya alami untuk menjamin pertumbuhan tanaman dan perkembangan fotosintesis, dimana perubahan intensitas cahaya dan panjang gelombang dapat memanipulasi metabolisme pada tanaman (Pratama *et al.*, 2020). Keuntungan pada penggunaan lampu LED jenis ini yaitu memiliki spektrum cahaya yang kecil, konsumsi yang lebih rendah, serta panas yang dihasilkan oleh lampu LED *Grow Light* juga lebih rendah dibandingkan

dengan jenis lampu lainnya (Novinanto dan Andree, 2019). Penggunaan lampu LED *Grow Light* dalam pertanian modern memberikan keuntungan yang signifikan dalam mengoptimalkan pertumbuhan tanaman, akan tetapi perlu diketahui bahwa suhu lingkungan tetap menjadi faktor kunci yang mempengaruhi produktivitas dan kesehatan tanaman, oleh karena itu integrasi antara teknologi LED *Grow Light* dan sistem monitoring serta pengendalian suhu menjadi hal yang penting (Soussi *et al.*, 2022). Sensor yang terhubung dengan sistem monitoring dapat memberikan informasi langsung tentang fluktuasi suhu dalam lingkungan tanaman (Bahuguna dan Jagadish, 2015). Sensor yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*, sensor ini memungkinkan untuk menjaga suhu lingkungan tetap stabil dalam rentang yang optimal untuk mencapai potensi pertumbuhan dan produktivitas tanaman yang maksimal (Dong *et al.*, 2023).

Penggunaan *hidro_LED indoor* memiliki keunggulan yang mencakup efisiensi energi yang tinggi, kemampuan untuk menghasilkan spektrum cahaya yang sesuai dengan kebutuhan fotosintesis tanaman, serta memungkinkan kontrol penuh terhadap kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan nutrisi yang memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal (Morales *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian Rosyida *et al.* (2022), penggunaan *hidro_LED indoor* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan, tetapi kelemahan dalam penelitian tersebut adalah tidak adanya pengendalian suhu lingkungan, meskipun lampu LED *Grow Light* memberikan cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis tanaman, fluktuasi suhu yang tidak terkontrol dapat menghambat pertumbuhan tanaman yang optimal, maka perlu dilakukan penelitian sistem pemantauan dan pengendalian suhu pada *hidro_LED indoor* untuk pakcoy sebagai tanaman agroindustri.

1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan *hidro_LED indoor* dengan LED *Grow Light* menggunakan Sensor *Thermostat Digital XH-W3001* dapat mendukung terciptanya suhu optimal untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman pakcoy?

2. Bagaimana perbedaan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED *Grow Light* dengan daya berbeda dan penggunaan sensor dalam mendukung proses fotosintesis tanaman pakcoy?
3. Berapa konsumsi energi yang digunakan oleh LED *Grow Light* dengan daya 150 watt dan 300 watt, serta penggunaan sensor dalam sistem *hidro_LED indoor*?
4. Bagaimana pengaruh intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED *Grow Light* dengan daya 150 watt dan 300 watt terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, lebar daun tanaman pakcoy pada perlakuan dengan dan tanpa Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*?
5. Bagaimana pengaruh penggunaan LED *Grow Light* dengan dan tanpa Sensor *Thermostat Digital XH-W3001* terhadap produktivitas tanaman pakcoy?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk merancang sistem pemantauan dan pengendalian suhu menggunakan LED *Grow Light* 150 watt dan 300 watt dengan Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*, menjaga suhu tetap optimal agar mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman pakcoy.
2. Untuk mengukur dan membandingkan intensitas cahaya yang dihasilkan oleh LED *Grow Light* dengan daya berbeda dan penggunaan sensor dalam mendukung proses fotosintesis tanaman pakcoy.
3. Untuk mengetahui konsumsi energi LED *Grow Light* 150 watt dan 300 watt dengan dan tanpa Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*, serta efektivitas sensor dalam mengontrol suhu dan intensitas cahaya untuk meningkatkan efisiensi pertumbuhan pakcoy.
4. Untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya optimal dan kontrol suhu terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan lebar daun pada tanaman pakcoy.
5. Untuk menentukan perlakuan terbaik dalam meningkatkan produktivitas tanaman pakcoy, dengan membandingkan hasil panen dari penggunaan LED *Grow Light* dengan dan tanpa Sensor *Thermostat Digital XH-W3001*.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa manfaat untuk mendukung kemajuan teknologi pertanian dan keberlanjutan lingkungan, yaitu:

1. Penggunaan LED *Grow Light* dengan sistem *hidro_LED indoor* lebih efisien energi dan mengurangi biaya operasional di industri pertanian.
2. Penggunaan Sensor *Thermostat Digital XH-W3001* dapat mendapatkan suhu optimal untuk pertumbuhan pakcoy, meningkatkan hasil panen dan kualitas tanaman di sektor agroindustri.
3. Penelitian ini mendukung praktik pertanian berkelanjutan memungkinkan pertanian di lingkungan perkotaan yang keterbatasan lahan, sehingga membantu masyarakat dalam menyediakan sumber pangan lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji, W. O., dan Semiu, A. T. 2023. Design of a PLC Based Temperature Controlled System. *Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* /, 8(2), 2528–3723. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v8i2.1683>
- Aji, G. M., Artdhita, F. P., dan Sari, W. U. 2022. Rancang Bangun Sistem Plant Factory untuk Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Agroteknika*, 5(2), 130–142. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v5i2.149>
- Al Murad, M., Kaukab, R., Byoung, R. J., Prakash, M. A. S., dan Sowbiya, M. 2021. Light emitting diodes (Leds) as agricultural lighting: Impact and its potential on improving physiology, flowering, and secondary metabolites of crops. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su13041985>
- Alfahira, N., Dedi, T., dan Irma, N. 2021. Sistem Monitoring dan Kendali Tanaman Hidroponik Indoor Farming Menggunakan LED Grow Light Berbasis Website. *Coding Jurnal Komputer Dan Aplikasi*, 9(3), 456–467. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26418/coding.v9i03.50908>
- Alrajhi, A. A., Abdulaziz, S. A., Ibrahim, M. A., Hail, Z. R., Michael, P. F., Abdullah A. Alsadon, dan Abdullah A. Ibrahim. 2023. The Effect of LED Light Spectra on the Growth, Yield and Nutritional Value of Red and Green Lettuce (*Lactuca sativa*). *Plants*, 12(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants12030463>
- Amalia, A., Fajrin, H. R., dan Wibowo, A. S. 2020. Thermohyrometer dengan Penyimpanan Data Untuk Monitoring Kamar Bedah. *Medika Teknika : Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, 2(1), 41–44. <https://doi.org/10.18196/mt.020115>
- Amin, M. 2016. Perancangan Alat Peraga Hantaran Kalor Secara Radiasi untuk Menentukan Panjang Gelombang. *Jurnal Sains Terapan*, 2(2), 113–118.
- Andika, R., Dhony, P. T., Janter, N., dan Jhonson, S. 2023. Analisis Pemakaian Energi Listrik Akibat Pengaruh Berat Penumpang pada Elevator di PT.Seltech Utama Mandiri. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 1–14.
- Arif, S., Farooq, M., Munis, H., Liaquat, F., Hussain Shah, I., dan Zhang, Y. 2019. Phytopathologia Mediterranea. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(1), 213–217. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-23977
- Arisandi, N., Oesman, R., & Harahap, L. H. (2024). Analysis of Production and Growth of Three Varieties of Spinach (*Amaranthus* spp L.) on AB Mix Nutrition Concentration in DFT (Deep Flow Technique) Hydroponic System. *Contributions of Central Research Institute for Agriculture*, 18(1), 25–31. <https://doi.org/10.59651/ccria>

- Armanda, D. T., Guinée, J. B., dan Tukker, A. 2019. The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability – A review. *Global Food Security*, 22, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.08.002>
- Bahuguna, R. N., dan Jagadish, K. S. V. 2015. Temperature regulation of plant phenological development. *Environmental and Experimental Botany*, 111, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.10.007>
- Budiyanto, Abdul, M., dan Prian, G. 2015. Pengembangan Penggunaan Sistem Arus Searah Sebagai Pencatu Daya pada Lampu Hemat Energi. *Prosiding Semnastek.*, 1–4.
- Cahyanda, R. Q., Heny, A., dan Ahmad, R. F. 2022. Pengaruh Metode Penanaman Hidroponik Dan Konvensional Terhadap Pertumbuhan Tanaman Selada Romaine Dan Pakcoy. *Jurnal Bioindustri*, 4(2), 2022. <https://doi.org/10.31326/jbio.v4i2.951>
- Cao, Y., Song, H., dan Zhang, L. 2022. New Insight into Plant Saline-Alkali Tolerance Mechanisms and Application to Breeding. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(24), 1–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms232416048>
- Carotti, L., Potente, G., Pennisi, G., Ruiz, K. B., Biondi, S., Crepaldi, A., Orsini, F., Gianquinto, G., dan Antognoni, F. 2021. Pulsed Led Light: Exploring the Balance Between Energy Use and Nutraceutical Properties in Indoor-Grown Lettuce. *Agronomy*, 11(6), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy11061106>
- Chen, X., Hanschen, F. S., Neugart, S., Schreiner, M., Vargas, S. A., Gutschmann, B., dan Baldermann, S. 2019. Boiling and steaming induced changes in secondary metabolites in three different cultivars of pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103232. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.06.004>
- Chiang, C., Bånkestad, D., dan Hoch, G. 2020. Reaching Natural Growth: The Significance of Light and Temperature Fluctuations in Plant Performance in Indoor Growth Facilities. *Plants*, 9(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants9101312>
- Churilova, E. V., dan Midmore, D. J. 2019. Vermiliquer (Vermicompost leachate) as a complete liquid fertilizer for hydroponically-grown pak choi (*Brassica chinensis* L.) in the tropics. *Horticulturae*, 5(1), 26–47. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010026>
- Czyżewski, D., dan Irena, F. 2020. The Influence of Luminaire Photometric Intensity Curve Measurements Quality on Road Lighting Design Parameters. *Energies*, 13(13), 3301. <https://doi.org/10.3390/en13133301>

- Devirizanty, D., Nurmalawati, S., dan Hartanto, C. 2021. Perbandingan Unjuk Kinerja Berbagai Tipe pH Meter Digital di Laboratorium Kimia. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Sains Dan Teknologi*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.33369/labsaintek.v1i1.15460>
- Domoń, A., Papciak, D., dan Tchórzewska-Cieślak, B. 2023. Influence of Water Treatment Technology on the Stability of Tap Water. *Water (Switzerland)*, 15(5), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w15050911>
- Dong, K., Wang, Y., Zhang, R., Wang, Z., Zhao, X., Chang, Z., Lu, B., dan Zhao, Q. 2023. Flexible and Shape-Morphing Plant Sensors Designed for Microenvironment Temperature Monitoring of Irregular Surfaces. *Advanced Materials Technologies*, 8(4), 2201204. <https://doi.org/10.1002/admt.202201204>
- Eguchi, T., Tanaka, H., Yoshida, S., dan Matsuoka, K. 2022. Effects of Nutrient Solution Electrical Conductivity and pH on the Productivity of the Medicinal Plant *Pinellia ternata* Breit. *Environmental Control in Biology*, 60(2), 149–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.2525/ecb.60.149>
- Fathony, A., Abdullah, R., dan Mulyana, H. 2022. Effect of Liquid Biofertilizer Concentration and Vermi-Compost on Growth and Yield of Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Plants. *Agripreneur*, 11(2), 82–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.35335/agripreneur.v11i2.5499>
- Festiyed, F. 2008. Program Perhitungan Efisiensi Energi Radiasi Benda Hitam Melalui Metode Simpson dengan Borland Delphi 7. *Sainstek*, 11(1), 1–5.
- Figo, P. S. 2023. AC 220V Digital Thermostat Based Drying Oven XH-W3001 to Improve Temperature Accuracy in the Drying Process of Black etel Leaves (*Piper Betle* Var *Nigra*) AT PT. FBION Karanganyar. *International Conference of Early Childhood Education in Multiperspectives*, 2, 395–406.
- Fitmawati, Isnaini, Siti, F., Nery, S., dan Rodesia, M. R. 2018. Penerapan Teknologi Hidroponik Sistem Deep Flow Technique Sebagai Usaha Peningkatan Pendapatan Petani di Desa Sungai Bawang. *Riau Journal of Empowerment*, 1(1), 23–29. <https://doi.org/10.31258/raje.1.1.3>
- Flynn, Z. 2019. Identifying productivity when it is a factor of production. *The RAND Journal of Economics*, 51(2), 496–530.
- Gámez Medina, J. M., de la Torre y Ramos, J., López Monteagudo, F. E., Ríos Rodríguez, L. del C., Esparza, D., Rivas, J. M., Ruvalcaba Arredondo, L., dan Romero Moyano, A. A. 2022. Power Factor Prediction in Three Phase Electrical Power Systems Using Machine Learning. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14159113>

- Gawande, V., Priya, Dnyaneshwar, R., Sumit, R., Shreedhar, B., Bal, V. S., dan Nikhil, A. 2023. Artificial Light Spectra and Its Impact on Plant Physiological Processes and Secondary Metabolism. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(18), 2060–2070. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183492>
- Giddings, S. B. 2016. Hawking radiation, the Stefan-Boltzmann law, and unitarization. *Physics Letters, Section B: Nuclear, Elementary Particle and High-Energy Physics*, 754, 39–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.physletb.2015.12.076>
- Gumilang Heliadi, G., Ramdhan Kirom, M., dan Asep Suhendi, E. 2018. Monitoring and Control of Nutrition on NFT Hydroponic System Based on Electrical Conductivity. *E-Proceeding Eng*, 5(1), 885–893.
- Gunawan, W., Sofiyani, F., dan Bambang, A. G. 2021. Cultivation of Vegetables and Fish Using The Aquaponics Sistem (DFT Model) in CV TMR. *Jurnal Abdikarya*, 3(1), 95–102. <https://doi.org/https://doi.org/10.47080/abdikarya.v3i1.1261>
- Han, X., Xuefeng, X., Dayong, J., Dansong, W., Yuan, J., dan Wenhui, L. 2014. Clinicopathological characteristics and prognosis-related factors of resectable pancreatic neuroendocrine tumors: a retrospective study of 104 cases in a single Chinese center. *Pancreas*, 43(4), 526–531. www.pancreasjournal.com
- Huang, J., Xu, Y. L., Duan, F. M., Du, X., Yang, Q. C., dan Zheng, Y. J. 2021. Improvement of the growth and nutritional quality of two-leaf-color pak choi by supplemental alternating red and blue light. *HortScience*, 56(2), 118–125. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15180-20>
- Irmawati, D., Ganda, A. P. M., dan Riziq Amri, M. 2021. Internet Of Things (Iot) In Water Quality Monitoring Systems And Nutrition In Hydroponic Plants. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 1(8), 676–684. <https://greenvest.co.id/>
- Ito, K., Toshiyoshi, H., dan Iizuka, H. 2016. Densely-Tiled Metal-Insulator-Metal Metamaterial Resonators with Quasi- Monochromatic Thermal Emission. *Optics Express*, 24(12), 1–9. <https://doi.org/10.1364/oe.24.012803>
- Jou, J. H., Lin, C. C., Li, T. H., Li, C. J., Peng, S. H., Yang, F. C., Justin Thomas, K. R., Kumar, D., Chi, Y., dan Hsu, B. D. 2015. Plant growth absorption spectrum mimicking light sources. *Materials*, 8(8), 5265–5275. <https://doi.org/10.3390/ma8085240>
- Kakitsuba, N. 2016. Physiological Responses to Changes in Relative Humidity Under Thermally Neutral, Warm and Hot Conditions. *Journal of Thermal Biology*, 59, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.03.013>
- Kong, Y., Masabni, J., dan Niu, G. 2023. Temperature and Light Spectrum Differently Affect Growth, Morphology, and Leaf Mineral Content of Two

- Indoor-Grown Leafy Vegetables. *Horticulturae*, 9(3), 331. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030331>
- Kulikova, E. G., Efremova, S. Y., Politaeva, N., dan Smyatskaya, Y. 2019. Efficiency of an alternative LED-based grow light system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 288(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/288/1/012064>
- Kulve, M., Schlangen, L., & van Marken Lichtenbelt, W. (2018). Interactions between the perception of light and temperature. *Indoor Air*, 28(6), 881–891. <https://doi.org/10.1111/ina.12500>
- Kumsong, N., Thepsilvisut, O., Imorachorn, P., Chutimanukul, P., Pimpha, N., Toojinda, T., Trithaveesak, O., Ratanaudomphisut, E., Poyai, A., Hruanun, C., Yanuwong, S., Pakhamin, W., Kayoontammarong, C., Janpeng, M., dan Ehara, H. 2023. Comparison of Different Temperature Control Systems in Tropical-Adapted Greenhouses for Green Romaine Lettuce Production. *Horticulturae*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae9121255>
- Lahamornchaiyakul, W. 2024. Numerical Simulation of a Novel Small Water Turbine Generator for Installation in a Deep-Flow Hydroponics System. *International Journal of Renewable Energy Development*, 13(1), 88–98. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/ijred.2024.58247>
- Latif, Amin. A., dan Sitti, F. A. A. 2022. Studi Eksperimental Pengaruh Debit Aliran Terhadap Kedalaman Gerusan pada Hilir Pintu Air dengan Dasar Tanah Lembung. *Journal of Muhammadiyah's Application Technology*, 1(2), 132–137. <https://doi.org/10.26618/j-jumpstech.v1i2.8569>
- Lestari, Y. P., Helilusiatiningsih, N., dan Pebriana, E. 2022. Response of Liquid Organic Fertilizer and Type of Media on Pakcoy (Brassica RapaL.) Production by Wick Hydroponics. *Journal Of Soilscape and Agriculture*, 1(1), 2022. <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/jsa.v1i1.129>
- Li, Abbas, K., Wang, W., Gong, B., Wang, L., Hou, S., Xia, H., Wu, X., Chen, L., dan Gao, H. 2023. Drought Tolerance Evaluation and Verification of Fifty Pakchoi (Brassica rapa ssp. chinensis) Varieties under Water Deficit Condition. *Agronomy*, 13(8). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy13082087>
- Li, Y., Liu, N., Ji, F., dan He, D. 2022. Optimal Red:Blue Ratio of Full Spectrum LEDs for Hydroponic Pakchoi Cultivation in Plant Factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(3), 72–77. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20221503.7362>
- Liu, Y., Ma, X., Shu, L., Hancke, G. P., dan Abu-Mahfouz, A. M. 2021. From Industry 4.0 to Agriculture 4.0: Current Status, Enabling Technologies, and

- Research Challenges. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(6), 4322–4334. <https://doi.org/10.1109/TII.2020.3003910>
- Macayana, Y. L. K., Fernandez, I. C., Ung, K. P., Austria, I., De Leon, M. T. G., Densing, C. V. J., Eslit, J. J., Magpantay, P., Miras, C. P., Ong, D., Santos, C., Talampas, M., Tiglao, N. M. C., dan Rosales, M. D. 2023. Internet of things-based indoor smart hydroponics farm monitoring system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(2), 2326–2339. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i2.pp2326-2339>
- Makhabbah, H., dan Achmad, I. A. 2020. Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Dan Pemutus Daya Otomatis Berbasis Internet. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), 783–790.
- Mamahit, D. J. 2012. Detection early breast cancer by using digital infrared image based on asymmetry thermal. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1(1), 1–8.
- Matsumoto, T., dan Tomita, M. 2010. Modified Blackbody Radiation Spectrum of a Selective Emitter with Application to Incandescent Light Source Design. *Optics Express*, 18(102), 192–200. <https://doi.org/https://doi.org/10.1364/OE.18.00A192>
- Maulana, H. D., Kosjoko, dan Nely, A. M. 2021. Pengaruh Variasi Regulator Rectifier (Giprok) dan Automatic Voltage Regulator (AVR) Terhadap Volt dan Frekuensi pada Generator Tenaga Diesel 16 HP. *Jurnal AutoMech*, 01(1), 5–10.
- Meral, M. E., dan Diner, F. 2011. A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2176–2184. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.01.010>
- Mickens, M. A., M. Torralba, S.A. Robinson, L.E. Spencer, M.W. Romeyn, G.D. Massa, dan R.M. Wheeler. 2019. Growth of red pak choi under red and blue, supplemented white, and artificial sunlight provided by LEDs. *Scientia Horticulturae*, 245, 200–209. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.023>
- Morales, O., Gibran, I., Humberto, A. B., Fernando, G. T. J., Paola, P. T. A., dan Oscar, A. J. 2018. LED Grow Light for Lemna Gibba Plant. *2018 14th International Engineering Congress, CONIIN 2018*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/CONIIN.2018.8489803>
- Moreira, B. J. M., Dida, B., Matula, S., dan Dolezal, F. 2018. A Model to Formulate Nutritive Solutions for Fertigation with Customized Electrical Conductivity and Nutrient Ratios. *Irrigation Science*, 36(3), 133–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00271-018-0569-9>

- Myland, P., Babilon, S., dan Khanh, T. Q. 2021. Tackling Heterogeneous Color Registration: Binning Color Sensors. *Sensors*, 21(9), 3–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s21092950>
- Nakanwagi, M. J., Sseremba, G., Kabod, N. P., Masanza, M., Kizito, E. B., Nahamya, P., Kabod, M., Masanza, E., dan Balyejusa, K. 2018. Accuracy of Using Leaf Blade Length and Leaf Blade Width Measurements to Calculate the Leaf Area of Solanum Aethiopicum Shum Group. *Heliyon*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018>
- Nova, H. C., Eni, S., dan Krissandi, W. 2020. Pertumbuhan Pakcoy (Brassica rapa L.) yang Ditanam dengan Floating Hydroponics System dan Non Hidroponik. *Jurnal Pertanian Indonesia*, 1(2), 56–63.
- Novinanto, A., dan Andree, W. S. 2019. Pengaruh variasi sumber cahaya LED terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* var. *Crispa* L) dengan sistem budidaya hidroponik rakit apung. *Agric*, 31(2), 191–204. <https://doi.org/https://doi.org/10.24246/agric.2019.v31.i2.p191-204>
- Olvera, G. E., Nivia, E.-G., Deland, M., Peter, A., Eric, O., Daniel, A.-L., dan Victor, C. 2021. Pulsed led-lighting as an alternative energy savings technique for vertical farms and plant factories. *Energies*, 14(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/en14061603>
- Pratama, B. W., Fabian, G., Wiedjaja, A., Suryadiputra, L., dan Rudy, S. 2020. Design and Implementation of Artificial Grow Light for Germination and Vegetative Growth. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 426(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/426/1/012144>
- Priadi, D., Heru, W., dan Enung, S. M. 2019. The Growth Optimization of Pak Choy (*Brassica rapa* L. var. *chinensis*) in Household-Scale Aquaponics System. *Jurnal Biodjati*, 4(2), 175–183. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v4i2.4630>
- Priadi, D., dan Nuro, F. 2017. Seedling Production of Pak Choy (*Brassica rapa* L. var *chinensis*) using Organic and Inorganic Nutrients. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 9(2), 217–224. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v9i2.8537>
- Puspitahati, dan Andica, F. 2023. Floating Raft Hydroponic System Using Spray Bars Pumps On Pakcoy Cultivation Growth (*Brassica rapa* L.). *SRICOENV*, 1–9. <https://doi.org/10.4108/eai.5-10-2022.2328353>
- Puspitahati, Sumaja Putri, L., Trianita, M., dan Hari Purnomo, R. 2022. Modifikasi Sistem Hidroponik Rakit Apung pada Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.) *juncea* L.). *Open Science and Technology*, 02(01), 2776–169. <https://opscitech.com/journal>

- Putra, B. T. W., Hadi Syahputra, W. N., dan Dewanti, P. 2024. Effect of different photoperiod regimes in combination with natural and artificial light on nutrient uptake in bok choy (*Brassica rapa* L.) using an internet of things-based hydroponics system. *Journal of Agricultural Engineering*, 2, 1–14. <https://doi.org/10.4081/jae.2024.1579>
- Rahmah, F., Hidayanti, F., dan Innah, M. 2019. Penerapan Smart Sensor untuk Kendali pH dan Level Larutan Nutrisi pada Sistem Hidroponik Tanaman Pakcoy. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(5), 527–534. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201961738>
- Rahmatullah, Z. U., Irawan, D., dan Author, C. 2023. Prototype Perawatan dan Pemberian Nutrisi Otomatis pada Tanaman Pakcoy Hidroponik Berbasis Internet of Think Menggunakan Fuzzy Logic Control. *JIMPS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Sejarah*, 8(4), 4141–4155. <https://doi.org/https://doi.org/10.24815/jimps.v8i4.26390>
- Reggiani, L., dan Alfinito, E. 2021. Stefan-Boltzmann law revisited. *ArXiv Preprint ArXiv*, 3(2), 1–10. <http://arxiv.org/abs/2112.12090>
- Reska, E., Nur, F. S., dan Mubarak, H. 2023. Evaluating the Efficacy of Misting for Microclimate Regulation in Greenhouse Environments: A Case Study on Pakcoy (*Brassica rapa* Subsp. *chinensis*). *SALAGA Journal*, 01(1), 8–13.
- Ridwan, A., Ahmad, Y., Dara, S., Lisa, A., dan Yussa, A. 2023. Perancangan Alat Penetas Telur Unggas Dengan Energi Terbarukan Menggunakan Panel Surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 5(2), 124–128. <https://doi.org/10.30596/rele.v5i2.13090>
- Rizal, S. 2017. Pengaruh Nutrisi yang Diberikan Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) yang Ditanam Secara Hidroponik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 14(1), 38–44.
- Rosyida, R., Karno, K., Putra, F. P., dan Limantara, J. C. 2022. Efek Cahaya LED Merah dan Biru pada Pertumbuhan, Hasil dan Kandungan Klorofil Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) dalam Growbox. *AGROMIX*, 13(2), 168–174. <https://doi.org/10.35891/agx.v13i2.3028>
- Sadok, W., Lopez, J. R., dan Smith, K. P. 2021. Transpiration Increases Under High-Temperature Stress: Potential Mechanisms, Trade-Offs and Prospects for Crop Resilience in a Warming World. *Plant Cell and Environment*, 44(7), 2102–2116. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/pce.13970>
- Safiroh W.P, P. N., Nama, G. F., dan Komarudin, M. 2022. Sistem Pengendalian Kadar PH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 10(1), 17–23. <https://doi.org/10.23960/jitet.v10i1.2260>

- Santoso, J., Hadi, S., dan Agricia, W. 2020. Kajian Nilai Curs Spektrum Warna Terhadap Warna Cahaya Matahari dan Cahaya Buatan untuk Pertumbuhan Tanaman. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 11–22. <https://doi.org/10.11594/nstp.2020.0602>
- Saputra, W. A., Fadly, H. Y., dan Zuraida, T. M. 2022. Pengaruh Berbagai Merek Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy pada Lahan Kering Masam. *Agroekotek View*, 5(2), 83–89.
- Schrader, J., Shi, P., Royer, D. L., Peppe, D. J., Gallagher, R. V., Li, Y., Wang, R., dan Wright, I. J. 2021. Leaf Size Estimation Based on Leaf Length, Width and Shape. *Annals of Botany*, 128(4), 395–406. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aob/mcab078>
- Sela, S. S., Rodov, V., Kenigsbuch, D., dan Bar-Tal, A. 2023. Hydroponic Agriculture and Microbial Safety of Vegetables: Promises, Challenges, and Solutions. *Horticulturae*, 9(1), 51. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010051>
- Sena, S., Soni, K., Vijay, K., dan Azamal, H. 2024. Light Emitting Diode (LED) Lights For The Improvement of Plant Performance and Production: A Comprehensive Review. *Current Research in Biotechnology*, 7, 100184. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2024.100184>
- Setiawan, M. A. R., I Made, A. S. W., dan Ida, B. P. G. 2023. Effect of Light Emitting Diode (LED) Red Blue on the Production of Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Biosistem Dan Teknik Pertanian*, 11(1), 62–66. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>
- Shaari, N. E. M., Khandaker, M. M., Tajudin, M. T. F. M., Majrashi, A., Alenazi, M. M., Badaluddin, N. A., Adnan, A. F. M., Osman, N., dan Mohd, K. S. 2023. Enhancing the Growth Performance, Cellular Structure, and Rubisco Gene Expression of Cadmium Treated *Brassica chinensis* Using *Sargassum polycystum* and *Spirulina platensis* Extracts. *Horticulturae*, 9(7), 1–29. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070738>
- Shamshiri, R., dan Wan, I. W. I. 2013. Investigation of Climate Control Techniques for Tropical Lowland Greenhouses in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, 14(1), 60–65. <https://doi.org/10.3923/jas.2014.60.65>
- Slameto. 2023. Pengaruh Lama Penyinaran dan Daya LED Grow Light Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Pertanian Agros*, 25(2), 1624–1638.
- Sondang, Y., Wulantika, T., Alfina, R., Sembiring, N., Hardaningsih, W., Wahono, S., Yefriwati, dan Ritawati. 2023. Effect of Several Types and Doses of Organic Fertilizer on The Growth and Production of Pakcoy Plant (*Brassica*

- chinensis). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1228(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1088/1755-1315/1228/1/012024>
- Soussi, M., Mohamed, T. C., Martin, B., dan Zahia, S. 2022. Comprehensive Review on Climate Control and Cooling Systems in Greenhouses under Hot and Arid Conditions. *Agronomy*, 12(3), 626. <https://doi.org/10.3390/agronomy>
- Stevens, J. D., Murray, D., Diepeveen, D., dan Toohey, D. 2023. Development and Testing of an IoT Spectroscopic Nutrient Monitoring System for Use in Micro Indoor Smart Hydroponics. *Horticulturae*, 9(2), 185. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020185>
- Sulistyowati, L., dan Nurhasanah. 2021. Analisa Dosis AB Mix Terhadap Nilai TDS dan Pertumbuhan Pakcoy secara Hidroponik. *Jambura Agribusiness Journal*, 3(1), 28–36.
- Surya, B., Syafri, S., Hadijah, H., Baharuddin, B., Fitriyah, A. T., dan Sakti, H. H. 2020. Management of slum-based urban farming and economic empowerment of the community of Makassar City, South Sulawesi, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 12(18), 7324. <https://doi.org/10.3390/SU12187324>
- Triana, A. N., dan Mega, A. 2023. Perancangan Biosand Filtration untuk Kualitas Air Berdasarkan Tekanan Pompa dari Limbah Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 242–249.
- Trivellini, A., Toscano, S., Romano, D., dan Ferrante, A. 2023. LED Lighting to Produce High-Quality Ornamental Plants. *Plants*, 12(8), 2–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12081667>
- Umam, C., Sutan, S. M., dan Hendrawan, Y. 2019. The Indonesian Green Technology Journal Fuzzy Logic in Determining The Control Temperature and Humidity in Plant Factory for Cultivation of Pak Choy (*Brassica chinensis* l.) Hydroponics. *The Indonesian Green Technology Journal*, 8(1), 9–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.21776/ub.igtj.2019.008.01.02>
- Utami, S. W., Artdhita, F. P., dan Galih, M. A. 2023. Growth and Yield Production of Pakcoy as Influenced by Artificial Light Irradiation. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 7(3), 236–245. <https://doi.org/10.55043/jaast.v7i3.126>
- Vanthoor, B. H. E., C. Stanghellini, E.J van, H., dan P. H.B. de Visser. 2011. A methodology for model-based greenhouse design: Part 1, a greenhouse climate model for a broad range of designs and climates. *Biosystems Engineering*, 110(4), 363–377. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.06.001>

- Zhang, C., Wang, H., Xu, Y., Zhang, S., Wang, J., Hu, B., Hou, X., Li, Y., dan Liu, T. 2020. Enhanced Relative Electron Transport Rate Contributes to Increased Photosynthetic Capacity in Autotetraploid Pak Choi. *Plant and Cell Physiology*, 61(4), 761–774. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/pcp/pcz238>
- Zhang, L., Chuang, M., Hongbo, C., Yan, L., Jiangsheng, W., Zaiyun, L., Xianhong, G., Heng, X., Yongtai, Y., Jacqueline, B., dan Maoteng, L. 2019. Integration of Metabolome and Transcriptome Reveals Flavonoid Accumulation in The Intergeneric Hybrid Between *Brassica rapa* and *Raphanus sativus*. *Scientific Reports*, 9(1), 18368. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54889-2>