

**PENGARUH FERTIGASI DAN IRIGASI TETES DENGAN KONTROL
IOT TERINTEGRASI *SOLAR ENERGY*
TERHADAP KUALITAS HASIL DAN VEGETASI GULMA TANAMAN
PAKCOY (*Brassica rapa* L.)**

SKRIPSI

Oleh :

IMAM MAHRUS ALI

NIM. 222.01.03.1050



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
MALANG
2026**

**PENGARUH FERTIGASI DAN IRIGASI TETES DENGAN KONTROL
IOT TERINTEGRASI *SOLAR ENERGY*
TERHADAP KUALITAS HASIL DAN VEGETASI GULMA TANAMAN
*PAKCOY (Brassica rapa L.)***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pertanian
Strata Satu (S1)

Oleh :

IMAM MAHRUS ALI

NIM. 222.01.03.1050



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
MALANG
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : PENGARUH FERTIGASI DAN IRIGASI TETES
DENGAN KONTROL IOT TERINTEGRASI *SOLAR
ENERGY* TERHADAP KUALITAS HASIL DAN
VEGETASI GULMA TANAMAN PAKCOY (*Brassica
rapa L.*)

Nama Mahasiswa : Imam Mahrus Ali

NPM : 22201031050

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Menyetujui,

Pembimbing Pertama



Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP, MP.
NIDN. 0008036901

Pembimbing Kedua



Dr. Ir Sunawan, MP.
NIDN. 0722056102

Mengesahkan,
Dekan


Dr. Ir Anis Rosyidah, MP.
NIDN. 0713046601

Menyetujui,
Ketua Program Studi


Anna Qur'ania, SP., M, Ling
NIDN. 0718039501

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : PENGARUH FERTIGASI DAN IRIGASI TETES
DENGAN KONTROL IOT TERINTEGRASI *SOLAR
ENERGY* TERHADAP KUALITAS HASIL DAN
VEGETASI GULMA TANAMAN PAKCOY (*Brassica
rapa* L.)

Nama Mahasiswa : Imam Mahrus Ali

NPM : 22201031050

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Mengesahkan,

Majelis Penguji



Prof. Dr. Ir. Hj. Eko Noerhayati, M.T.

Ketua



Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP.MP.

Anggota



Dr. Ir Sunawan, MP.

Anggota

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Imam Mahrus Ali

NIM : 22201031050

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

Judul : PENGARUH FERTIGASI DAN IRIGASI TETES DENGAN
KONTROL IOT TERINTEGRASI *SOLAR ENERGY* TERHADAP
KUALITAS HASIL DAN VEGETASI GULMA TANAMAN
PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Merupakan karya tulis yang kami buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi dan tulisan lain. Apabila ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, kami sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Islam Malang.

Malang, 9 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Imam Mahrus Ali
NIM. 22201031050

RIWAYAT HIDUP



Imam Mahrus Ali, biasa dipanggil Imam. Lahir pada tanggal 20 Februari 2003 di Desa Simojayan, Kecamatan Ampelgading, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Lahir dari pasangan Ayah Alm. Wasis dan Ibu Wiwik Hariati dan merupakan anak ke dua dari empat bersaudara.

Penulis menyelesaikan, pendidikan sekolah dasar di SDN Simojayan 1 pada tahun 2015, kemudian menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP PGRI 02 Tirtoyudo pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan Pendidikan di SMK Negeri 01 Ampelgading. Kemudian pada tahun 2022 penulis melanjutkan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Universitas Islam Malang (UNISMA), Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Sekretaris Umum Badan Eksekutif mahasiswa Fakultas Pertanian Periode 2024, kemudian menjadi Ketua Umum Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian Periode 2025 dan anggota di BSO FORCES Fakultas Pertanian, serta menjadi Asisten Praktikum mata kuliah Agroklimatologi dan Teknologi Produksi Benih.

MOTTO

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya. Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapatkan (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya.”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan.”

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirmu, dan apa yang ditakdirkan untukmu tidak akan pernah melewatkanmu.”

— Umar Bin Khattab —

“Apapun yang sudah terjadi dalam hidupmu, jangan katakan “seandainya”, tapi katakan “Qadarullah” karena semua yang terjadi adalah takdir dan takdir Allah itu selalu baik, karena Allah itu maha baik.”

— Ustadz Hanan Attaki —

“Masa depan adalah milik mereka yang percaya dengan impiannya dan jangan biarkan impianmu dijajah oleh pendapat orang lain.”

— —

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Karya ini penulis persembahkan kepada:

1. Teruntuk Ayah tersayang, *Allahu yarham*, nakhoda yang telah lebih dulu menepi ke keabadian sebelum sempat melihat kapal ini bersandar di pelabuhan. Skripsi ini adalah surat yang kutulis dengan tinta rindu, bingkisan kecil untuk seorang lelaki yang pundaknya pernah menjadi bumi tempatku berpijak. Kehilanganmu adalah ruang kosong yang tak pernah sepenuhnya terisi, tetapi justru dari ruang itulah aku belajar tentang teguh dan mengerti. Hari ini, selain rindu dan doa, kuhaturkan gelar S.P ini untukmu, sebagai bagian kecil dari hal yang kau harapkan. Terimakasih telah menjadi fondasi pertama dalam hidupku, mengajarkanku tentang tanggung jawab, tentang harga diri, tentang keberanian berdiri di atas kakiku sendiri. Jika suatu hari aku terlihat tegar, itu karena aku membawa sebagian jiwamu bersamaku. Semoga setiap doa yang kupanjatkan sampai kepadamu sebagai peluk yang tak sempat kuberikan. Dan semoga Tuhan menempatkanmu di tempat terbaik, sebagaimana engkau pernah menjadi tempat terbaik bagiku.
2. Teruntuk Ibu, permata hati yang dititipkan Tuhan untuk membantu mengarungi arus kehidupan. Terasa sulit hidup ini tanpa kehadiranmu. Selalu ku rayu Tuhan agar diberikannya ibu umur yang panjang. 22 tahun aku dididik dan dibina, selalu kuberharap agar ketulusan itu dihadaahi sepotong surga oleh Tuhan yang maha pemurah. Hari ini, kuhadirkan gelar S.P ini sebagai bentuk bakti

syukurku. Bujuklah Tuhan agar Ia memberikan ketegaran di dalam relung jiwaku, agar tiap tetes darah ibu yang mengalir berdenyut di nadi ini dapat menghadiahi ibu kesuksesan dan kemudahan hidup.

3. Kepada kakakku, Nopan Sundi Irawan. Terima kasih atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu diberikan sehingga menjadi penguat bagi penulis dalam menjalani setiap proses hingga mampu menyelesaikan tanggung jawab ini.
4. Ibu Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, S.P., M.P. selaku Dosen Pembimbing Pertama. Terima kasih atas kesabaran, bimbingan, arahan, serta motivasi yang diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik.
5. Bapak Dr. Ir Sunawan, MP. selaku Dosen Pembimbing Kedua. Terima kasih atas waktu, perhatian, serta berbagai saran yang sangat berarti dalam proses penyempurnaan skripsi ini.
6. Ibu Eko dan Ibu Soraya selaku dosen pembimbing lapang. Terima kasih atas arahan, bimbingan, serta pendampingan selama pelaksanaan penelitian di lapangan sehingga setiap tahapan penelitian dapat berjalan dengan baik.
7. Rekan penelitian, Muhammad Syaifullah Yusup. Terima kasih atas kerja sama, diskusi, serta kebersamaan selama pelaksanaan penelitian di lapangan maupun di laboratorium.
8. Kepada mereka yang membersamai. Parhan Imanuddin, Akhmad Risqi, Valerian Enza, Pinarci Handes Saputra, Fahriza Maulana, Nur Mohammad Khoiron H. terimakasih atas seluruh kebaikan yang telah diberi kepada penulis, sehingga penulis tidak pernah merasa sendirian.

9. Ketua Program Studi Agroteknologi, Ibu Anita Qur'ania, S.P., M.Ling. Terima kasih atas arahan, dukungan, dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
10. Dekan Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, Ibu Dr. Ir. Anis Rosyidah, M.P. Terima kasih atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian.
11. Untuk diri sendiri. Terima kasih telah berjuang, bertahan, dan terus melangkah hingga mampu menyelesaikan apa yang telah dimulai. Setiap usaha, proses, dan keteguhan yang dilalui menjadi bukti bahwa perjuangan tidak pernah mengkhianati hasil.

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas bantuan dan dukungan selama proses penyusunan karya tulis ilmiah ini. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan yang telah diberikan. Aamiin. Karya tulis ilmiah ini telah disusun dengan sebaik-baiknya melalui berbagai tahapan penelitian dan penulisan secara sungguh-sungguh. Penulis berharap karya ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca maupun penulis.

Malang, 09 Maret 2026

Penulis

Imam Mahrus Ali
NIM 22201031050

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Fertigasi dan Irigasi Tetes dengan Kontrol IoT Terintegrasi *Solar Energy* terhadap Kualitas Hasil dan Vegetasi Gulma Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.)”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian (S1) pada Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang. Dengan selesainya penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Anis Rosyidah, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, yang telah memberikan dukungan, arahan, serta fasilitas selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian.
2. Ibu Anita Qur'ania, S.P., M.Ling. selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, yang telah memberikan arahan dan dukungan fasilitas selama pelaksanaan penelitian.
3. Ibu Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, S.P., M.P. selaku Dosen Pembimbing pertama yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir Sunawan, MP. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

5. Seluruh dosen Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama menempuh pendidikan.
6. Teman-teman Agroteknologi angkatan 2022, yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menambah pengetahuan dan wawasan bagi pembaca serta menjadi bahan pertimbangan yang bermanfaat bagi penulis dalam pengembangan keilmuan di masa yang akan datang.



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT berbasis *solar energy* terhadap kualitas hasil panen serta vegetasi gulma tanaman pakcoy dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga Oktober 2025 di lahan persawahan Jl. Green Tombro, Tasikmadu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, pada ketinggian sekitar 500 mdpl dengan suhu rata-rata 24–30°C dan kelembapan udara 70–85%. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan dua perlakuan, yaitu sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT terintegrasi panel surya (P_1) serta sistem pemupukan dan irigasi konvensional (P_2). Masing-masing perlakuan terdiri atas tiga ulangan dengan 30 tanaman per ulangan sehingga total terdapat 180 tanaman. Sistem IoT yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP₃₂-DEVKITC-32U, sensor tanah 7-in-1, sensor ultrasonik, sensor *water flow*, sensor DHT22, modul relay, MPPT *solar charge controller*, serta antarmuka website monitoring yang dapat dioperasikan secara lokal maupun jarak jauh melalui sistem penjadwalan berbasis website.

Variabel yang diamati meliputi variabel kualitas tanaman secara destruktif pada saat panen, yaitu total padatan terlarut, kandungan klorofil a, klorofil b, karotenoid, vitamin C, serta kadar abu. Selain itu, dilakukan analisis vegetasi gulma menggunakan metode kuadran berukuran 50 cm × 50 cm yang dilempar secara acak sebanyak dua kali pada masing-masing ulangan pada lahan perlakuan. Variabel vegetasi gulma yang dianalisis meliputi frekuensi relatif (FR), dominansi relatif (DR), Indeks Nilai Penting (INP), dan Summed Dominance Ratio (SDR) untuk setiap jenis gulma yang ditemukan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem IoT memberikan pengaruh nyata hanya pada variabel kadar abu tanaman pakcoy. Rerata kadar abu pada perlakuan IoT mencapai 26,31% dan berbeda signifikan dibandingkan sistem konvensional sebesar 20,48% ($P = 0,030$). Sementara itu, variabel kualitas lainnya seperti vitamin C, klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan total padatan terlarut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua perlakuan. Pada aspek vegetasi gulma, teridentifikasi sebanyak 10 jenis gulma yang tumbuh pada kedua sistem budidaya. Spesies gulma yang paling dominan adalah *Panicum repens*, yang terlihat dari bobot kering *Panicum repens* pada sistem IoT sebesar 45,31 g, jauh lebih rendah dibandingkan sistem konvensional sebesar 148,53 g. Nilai INP *Panicum repens* pada sistem IoT mencapai 93,87% (SDR 46,94%), lebih tinggi dibandingkan pada sistem konvensional sebesar 78,28% (SDR 39,14%). Sebaliknya, gulma *Cyperus rotundus* menunjukkan dominansi yang lebih tinggi pada sistem konvensional dengan nilai SDR 18,01% dibandingkan pada sistem IoT sebesar 11,49%.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the effect of a fertigation and drip irrigation system with IoT-based control powered by solar energy on the harvest quality and weed vegetation of pakcoy, compared to a conventional cultivation system.

The research was carried out from June to October 2025 on agricultural land at Jl. Green Tombro, Tasikmadu, Lowokwaru District, Malang City, at an elevation of approximately 500 meters above sea level, with average temperatures ranging from 24–30°C and relative humidity between 70–85%. A simple Completely Randomized Design (CRD) was used, consisting of two treatments: an IoT-based fertigation and drip irrigation system integrated with a solar panel (P1), and a conventional fertilization and irrigation system (P2). Each treatment was replicated three times with 30 plants per replication, bringing the total number of plants to 180. The IoT system developed in this study utilized an ESP32-DEVKITC-32U microcontroller along with a 7-in-1 soil sensor, ultrasonic sensor, water flow sensor, DHT22 sensor, relay module, MPPT solar charge controller, and a website-based monitoring interface that could be operated both locally and remotely through an automated scheduling system.

The observed variables included destructive plant quality measurements taken at harvest, covering total soluble solids, chlorophyll a content, chlorophyll b content, carotenoids, vitamin C, and ash content. In addition, weed vegetation analysis was conducted using a 50 cm × 50 cm quadrat method, randomly thrown twice in each replication plot. The weed vegetation variables analyzed included relative frequency (RF), relative dominance (RD), importance value index (IVI), and summed dominance ratio (SDR) for each weed species identified.

The results showed that the application of the IoT system had a significant effect only on the ash content of pakcoy. The average ash content in the IoT treatment reached 26.31%, which was significantly higher than the 20.48% recorded in the conventional system ($P = 0.030$). Meanwhile, the other quality variables — vitamin C, chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoids, and total soluble solids — showed no statistically significant differences between the two treatments. In terms of weed vegetation, a total of 10 weed species were identified across both cultivation systems. The most dominant species was *Panicum repens*, as reflected by its dry weight in the IoT system of 45.31 g, which was considerably lower than the 148.53 g recorded in the conventional system. The IVI of *Panicum repens* in the IoT system reached 93.87% (SDR 46.94%), which was higher than in the conventional system at 78.28% (SDR 39.14%). On the other hand, *Cyperus rotundus* showed greater dominance in the conventional system, with an SDR value of 18.01%, compared to only 11.49% in the IoT system.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian Indonesia menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat seiring pertumbuhan populasi. Sayuran hijau seperti pakcoy (*Brassica rapa* L.) memiliki peran strategis dalam pemenuhan gizi masyarakat karena mengandung vitamin C, provitamin A, magnesium, kalsium (Daud *et al.*, 2023), serta zat besi yang tinggi (Darmawan *et al.*, 2023). Peningkatan produktivitas saja belum cukup jika tidak diimbangi peningkatan kualitas hasil panen yang memenuhi standar pasar modern.

Dalam sistem budidaya hortikultura, kondisi lingkungan budidaya juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan produksi sayuran. Salah satu faktor yang sering menjadi kendala dalam sistem budidaya hortikultura adalah keberadaan vegetasi gulma. Gulma berkompetisi dengan tanaman utama dalam memperoleh air, cahaya, ruang tumbuh, dan unsur hara, sehingga dapat menurunkan efisiensi pemupukan dan irigasi serta menghambat pertumbuhan tanaman. Pada budidaya pakcoy yang berumur pendek, dinamika gulma berlangsung cepat dan dipengaruhi oleh kelembapan tanah, distribusi air, dan ketersediaan nutrisi dari sistem yang diterapkan.

Pemupukan dan irigasi merupakan dua faktor krusial yang mempengaruhi kualitas hasil panen. Nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) adalah hara makro utama yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan optimal. Metode pemupukan konvensional menggunakan gembor seringkali menghasilkan distribusi hara yang tidak merata dan efisiensi yang rendah. Aplikasi pupuk yang tidak tepat dapat

menyebabkan pemborosan hingga 50% (Jalpa and Mylavarapu, 2024), serta berdampak negatif terhadap lingkungan melalui pencemaran air tanah.

Sistem fertigasi yang dikombinasikan dengan irigasi tetes merupakan solusi inovatif yang mengintegrasikan pemupukan dan irigasi secara presisi. Irigasi tetes mendistribusikan larutan nutrisi langsung ke zona perakaran melalui emitter dengan debit rendah namun frekuensi tinggi, mengurangi kehilangan air dibandingkan metode konvensional. Penelitian Ibnu Isa and Pratiwi (2024) menyebutkan bahwa irigasi tetes dapat menghemat air hingga 66,78% dibandingkan dengan metode konvensional. Integrasi fertigasi dengan irigasi tetes juga dilaporkan dapat meningkatkan efisiensi pupuk dan air hingga 40–50% serta produktivitas hortikultura hingga 30–50% (Ardias *et al.*, 2025).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk mengotomatisasi sistem fertigasi. IoT memungkinkan monitoring dan kontrol jarak jauh terhadap jadwal pemberian fertigasi secara *real-time*, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual dan meminimalkan *human error*. Integrasi IoT dalam pertanian presisi telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi dan kualitas hasil panen pada berbagai komoditas (Andriyani *et al.*, 2024).

Keberlanjutan lingkungan merupakan pertimbangan penting dalam pengembangan sistem pertanian modern. Pemanfaatan energi terbarukan berupa *solar energy* dalam penelitian ini digunakan sebagai sumber energi pendukung sistem fertigasi dan irigasi berbasis IoT. Penerapan panel surya dimaksudkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap listrik konvensional bagi pompa irigasi dan

perangkat kontrol IoT, sehingga penggunaan energi menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan.

Panel surya berperan sebagai alternatif sumber listrik tanpa emisi karbon. Dengan sistem ini, konsumsi energi dari jaringan listrik utama dapat ditekan sehingga berpotensi menurunkan biaya operasional budidaya. Studi oleh Santoso *et al* (2023) menunjukkan bahwa panel surya untuk irigasi di daerah terpencil dapat mengurangi konsumsi bahan bakar fosil hingga 70%, menjadikannya pilihan strategis untuk pertanian berkelanjutan.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji fertigasi, irigasi tetes, dan IoT secara terpisah, masih terdapat keterbatasan studi yang mengintegrasikan seluruh komponen tersebut dengan energi surya dalam satu sistem terpadu. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada variabel kuantitatif seperti tinggi tanaman dan bobot segar, sementara aspek kualitas biokimia dan dinamika vegetasi gulma masih jarang dianalisis secara bersamaan.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT dengan integrasi energi surya terhadap kualitas hasil panen pakcoy serta dinamika vegetasi gulma. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi pertanian presisi yang meningkatkan mutu produk hortikultura sekaligus mendukung pengelolaan gulma secara efisien dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah :

1. Bagaimana perbedaan penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT terintegrasi *solar energy* terhadap kualitas hasil panen tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional?
2. Bagaimana pengaruh penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT terintegrasi *solar energy* terhadap vegetasi gulma pada budidaya tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.)?
3. Bagaimana perbedaan vegetasi gulma tanaman pakcoy antara sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT terintegrasi *solar energy* dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional?

1.3 Tujuan

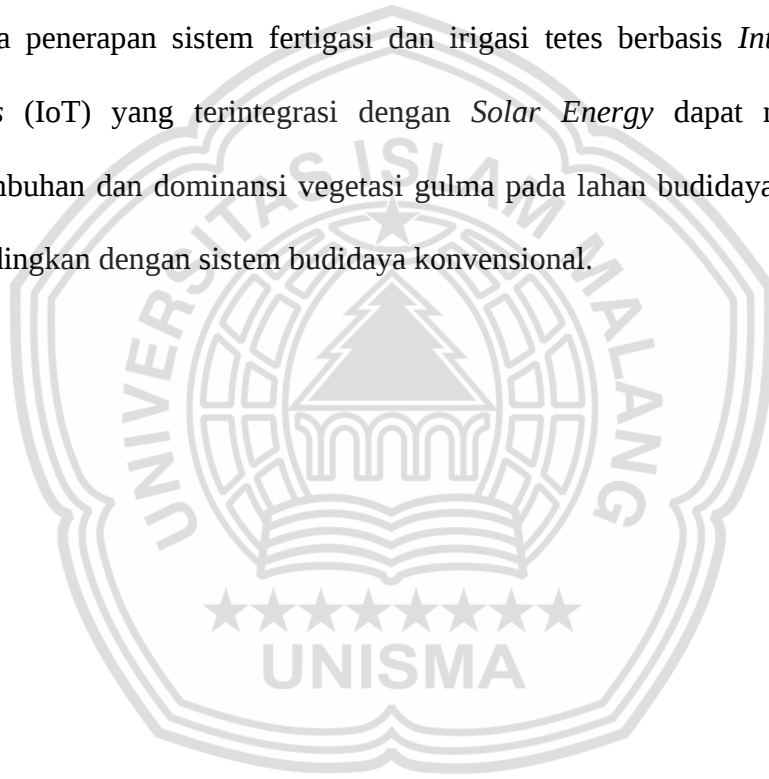
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis perbedaan penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT terintegrasi *solar energy* terhadap kualitas hasil panen tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.
2. Menganalisis pengaruh penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT terintegrasi *solar energy* terhadap vegetasi gulma pada budidaya tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.).
3. Menganalisis perbedaan vegetasi gulma pada budidaya tanaman pakcoy yang dihasilkan melalui sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT

terintegrasi *solar energy* dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.

1.4 Hipotesis

1. Diduga penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan *Solar Energy* mampu meningkatkan kualitas hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.
2. Diduga penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan *Solar Energy* dapat menekan pertumbuhan dan dominansi vegetasi gulma pada lahan budidaya pakcoy dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT berbasis *solar energy* berpengaruh nyata terhadap kadar abu tanaman pakcoy, dengan nilai rerata kadar abu perlakuan IoT sebesar 26,31% lebih tinggi dan berbeda signifikan dibandingkan sistem konvensional sebesar 20,48% ($P = 0,030$). Sementara itu, penerapan sistem IoT tidak berpengaruh nyata secara statistik terhadap kandungan vitamin C, klorofil a, klorofil b, karotenoid, dan total padatan terlarut (TPT) tanaman pakcoy. Secara kuantitatif, kandungan vitamin C, klorofil a, dan TPT pada perlakuan IoT memiliki nilai rerata lebih tinggi dibandingkan konvensional, namun perbedaan tersebut tidak mencapai taraf signifikansi yang disyaratkan akibat keseragaman kondisi pencahayaan serta efek dilusi dan pelindian hara yang terjadi secara setara pada kedua perlakuan akibat curah hujan tinggi selama akhir periode percobaan.
2. Penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes dengan kontrol IoT berbasis solar energy berpengaruh terhadap komposisi dan struktur vegetasi gulma pada lahan budidaya pakcoy. Sistem IoT secara tidak langsung menekan akumulasi biomassa gulma secara keseluruhan, sebagaimana ditunjukkan oleh total bobot kering gulma yang lebih rendah pada lahan IoT dibandingkan lahan konvensional. Namun demikian, kondisi kelembapan tanah yang lebih stabil pada sistem IoT justru meningkatkan dominansi *Panicum repens* dengan nilai

INP 93,87% dan SDR 46,94%, lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional dengan INP 78,28% dan SDR 39,14%, yang mengindikasikan bahwa irigasi tetes terkontrol secara tidak langsung menciptakan kondisi yang menguntungkan bagi perkembangan gulma rumputan tersebut.

3. Perbedaan vegetasi gulma antara kedua sistem tercermin dari komposisi jenis dan nilai struktur komunitas yang berbeda. Pada sistem IoT ditemukan 6 jenis gulma, sedangkan pada sistem konvensional ditemukan 8 jenis gulma dengan komposisi yang berbeda. *Panicum repens* mendominasi pada kedua sistem, dengan bobot kering lebih rendah pada sistem IoT (45,31 g) dibandingkan konvensional (148,53 g). Pada sistem konvensional, *Cyperus rotundus* memiliki nilai SDR lebih tinggi (18,01%) dibandingkan sistem IoT (11,49%), sedangkan pada sistem IoT, *Alternanthera sessilis* lebih dominan (SDR 29,90%) dibandingkan konvensional (22,45%). Perbedaan ini menunjukkan bahwa pola distribusi air yang berbeda antara kedua sistem secara nyata membentuk komunitas gulma dengan karakteristik yang berbeda pula.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk dilaksanakan pada kondisi lingkungan yang lebih terkontrol, seperti di dalam *greenhouse* atau pada musim kemarau, sehingga pengaruh curah hujan yang tidak terkontrol dapat dieliminasi. Kondisi curah hujan yang tinggi pada akhir periode penelitian ini diduga menjadi faktor utama yang menyamarkan perbedaan perlakuan pada beberapa variabel kualitas, sehingga pengujian pada kondisi yang lebih terkontrol diharapkan dapat mengungkap pengaruh sistem IoT secara lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrum, L., Kastono, D., Syafriani, E., 2023. Respon pertumbuhan dan hasil pakcoi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* L.) dengan aplikasi pupuk organik bekas maggot (Kasgot). *Journal of Agricultural Sciences* 2, 2023.
- Ahmad, H., Roini, C., Ahsan, S., 2016. Analisis struktur vegetasi pada habitat kupu-kupu *Papilio Ulysses* Di Pulau Kasiruta. *Bioedukasi Universitas Khairun* 4, 89535.
- Alharby, H.F., Ansabayeva, A., Alamri, A.M., Alghamdi, S.A., Alhaithloul, H.A., Puchkov, M., Gaplaev, M.S., Shehata, Y.A., Elshamly, A.M., Al-Harbi, N.A., others, 2026. Humic acid and potassium synergy drives metabolic activation, antioxidant enhancement, and improved nutrient absorption in garlic plants (*Allium sativum* L.). *Scientia Horticulturae* 358, 114706.
- Alua, R.K., 2024. Pertumbuhan dan Hasil Tumpang Sari Pakcoy L Dengan Bawang Daun L Pada Beberapa Dosis Pupuk Kandang Sapi. Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung.
- Andriyani, W., Inayah, I., Ikhsan, Z., Dewi, S.M., Khudori, A.N., Haris, M.S., Sujarwo, A., Faizah, S., 2024. Teknologi IoT Pada Bidang Pertanian Modern. *TOHAR MEDIA*.
- Ardias, E., Sharon, N., Azhar, R., Syafa'at, F., 2025. Penerapan Sistem Fertigasi Otomatis Berbasis Solar Panel untuk Efisiensi Produksi Cabai di Desa Sibedi 5.
- Arsyad, M., Pertiwi, E., Masjid, R., 2025. Keanekaragaman dan Dominansi Gulma pada Fase Kritis Tanaman Jagung di Kecamatan Taluditi Kabupaten Pohuwato: Weed Diversity and Dominance in the Critical Phase of Corn Crops in Taluditi District Pohuwato Regency. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan* 13, 286–299. <https://doi.org/10.30605/perbal.v13i3.6816>
- Bancin, S.S., 2021. Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Cair Kotoran Burung Walet Terhadap Pertumbuhan Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L) Dengan Media Hidroponik Sebagai Penunjang Praktikum Fisiologi Tumbuhan. Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry.
- Bondan, W., 2025. Optimalisasi Aplikasi Boron dan Kalsium Terhadap Pengurangan Kerontokan dan Pecah Buah Jeruk Chokun (*Citrus reticulata*) di Lampung.
- Damanhuri, D., Widodo, T.W., Fauzi, A., 2022. Pengaturan keseimbangan nitrogen dan magnesium untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmiah Inovasi* 22, 10–15. <https://doi.org/10.25047/jii.v22i1.2842>

- Darmawan, M., Mutia, A.K., Arifin, T.H., 2023. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa*) dengan Sistem Hidroponik dalam Ember Pemeliharaan Ikan Lele (*Clarias*): Growth and Production of Pakcoy (*Brassica rapa*) Plants with Hydroponic Systems in Catfish Rearing Buckets (*Clarias*). *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan* 11, 133–141.
- Daud, K.R.V.D., Rabiah Assegaf, Siswi Astuti, 2023. Pembuatan sawi asin pakcoy (*Brassica chinensis* L) kering dengan proses fermentasi dan pengeringan. *pangan* 8, 33–38. <https://doi.org/10.31970/pangan.v8i1.100>
- De Marchis, M., Bruno, F., Saccone, D., Napoli, E., 2025. Performance of emitters in drip irrigation systems using computational fluid dynamic analysis. *Water* 17, 689. <https://doi.org/10.3390/w17050689>
- Efendi, E.E., Murdono, D., 2021. Pengaruh Variasi Electrical Conductivity (EC) Larutan Nutrisi Hidroponik Rakit Apung Pada Fase Vegetatif Cepat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica Rapa* L.). *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan* 20, 325–333.
- Elo, D.A., 2022. Pengaruh Pemberian Dosis Biochar Tempurung Kelapa Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar.
- Fakhrah, F., Unaida, R., Faradhillah, F., Ustrati, K., Wati, M., 2022. Analisis Efektivitas Penyaluran Air Melalui Penerapan Irigasi Tetes (Drip Irrigation) Pada Tanaman Cabai Di Lahan Kering. *Jurnal Agrium* 19, 240–247.
- Fasciolo, B., Van Brenk, J., Verdonk, J.C., Bakker, E.-J., Van Mourik, S., 2024. Quantifying the impact of light on ascorbic acid content in lettuce: A model proposal. *Sustainability* 16, 7470.
- Fatmawaty, A.A., Nurmayulis, S., Sodiq, A.H., 2024. Pengaruh intensitas cahaya terhadap jumlah klorofil dan laju fotosintesis pada berbagai usia bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Agroekoteknologi* 16, 88–98.
- Frastia, Y., Adam, H.D., Walida, H., Dalimunthe, B.A., 2022. Kombinasi Zpt Ekstrak Bawang Merah Dan Pupuk Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*brassica chinensis* L.). *Jurnal Pertanian Agros* 24, 768–775.
- Fu, H.-Y., Liu, S.-L., Chiang, Y.-R., 2020. Biosynthesis of ascorbic acid as a glucose-induced photoprotective process in the extremophilic red alga *Galdieria partita*. *Frontiers in microbiology* 10, 3005.
- Galus, A., 2023. Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Pemberian Dosis Biochar Sekam Padi. Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar.

- Ginting, W., Wijana, N., Santiasa, I.A., Si, M., 2016. Karakteristik Gulma Tanaman Anggur Berdasarkan Nilai Penting dan SDR (Summed Dominance Ratio). *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha* 3.
- Harris, G.K., 2024. Ash Analysis, in: Ismail, B.P., Nielsen, S.S. (Eds.), *Nielsen's Food Analysis*. Springer International Publishing, Cham, pp. 261–271. https://doi.org/10.1007/978-3-031-50643-7_16
- Holz, M., Zarebanadkouki, M., Benard, P., Hoffmann, M., Dubbert, M., 2024. Root and rhizosphere traits for enhanced water and nutrients uptake efficiency in dynamic environments. *Frontiers in Plant Science Volume 15-2024*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1383373>
- Hou, P., Ma, C., Wang, J., Li, Yan, Zhang, K., Hou, S., Li, J., Sun, Z., Xiao, Y., Li, Yunkai, 2024. Failure behavior of pressure compensating emitter under different operation pressures in drip irrigation systems. *Agricultural Water Management* 297, 108835. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108835>
- Indri, D., 2021. Framework design iot for smart agriculture. *Jurnal Sistem Cerdas* 4, 1–8.
- Isa, F.I., Pratiwi, V., 2024. Comparison of maintenance method comparison of maintenance of automatic and conventional drip irrigation systems on horens crops (greenhouse Keboenumiku Cibodas-Lembang). *jmenara* 19, 60–70. <https://doi.org/10.21009/jmenara.v19i1.38965>
- Ishikawa, T., Maruta, T., Yoshimura, K., Smirnoff, N., 2018. Biosynthesis and Regulation of Ascorbic Acid in Plants, in: *Antioxidants and Antioxidant Enzymes in Higher Plants*. pp. 163–179. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75088-0_8
- Jabbar, F.A., Purnaningsih, N., 2022. Diseminasi Instalasi Fertigasi (Irigasi Tetes) Guna Menghemat Penggunaan Air untuk Pertanian di Kelurahan Beji. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat* 4, 218–225.
- Jackson, E.D., Casolaro, C., Nebeker, R.S., Scott, E.R., Dukes, J.S., Griffin, T.S., Oriens, C.M., 2023. Current and legacy effects of precipitation treatments on growth and nutrition in contrasting crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 352, 108513. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108513>
- Jalpa, L., Mylavarapu, R.S., 2024. Estimation of fertilizer use efficiency in vegetable systems using 15N: an overview. *Discover Agriculture* 2, 128. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00139-7>
- Khamare, Y., Prince, C., Marble, C., 2021. Biology and Management of Torpedograss (*Panicum repens*) in Ornamental Landscape Planting Beds: ENH1351/EP615, 12/2021. EDIS 2021.
- Kola, M., Zion, B., John, A., Gina, A., Moore, R., Zoni, N., 2025. Techno-Economic Feasibility and Payback Period Analysis of Solar-Powered Smart

Irrigation Systems for Smallholder Farmers in Sub-Saharan Africa. International Journal of Multi Discipline Science (IJ-MDS).

- Kurniawati, D., 2021. Penanganan Pascapanen Pakcoy Hidroponik Pada Teaching Farm Smart Agribusiness. Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung.
- Lalu, A.H., 2022. Rancang Bangun Sistem Irigasi Tetes Permukaan Untuk Tanaman Tomat (PhD Thesis). Universitas_Muhammadiyah_Mataram.
- Lanung, Y., 2022. Efisiensi Usahatani Pakcoy (Brassica rapa L.) di Desa Batunya Kecamatan Baturiti Kabupaten Tabanan. Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar.
- Mahious, R., Halvacı, E., Şen, F., 2023. Boron in plant growth and development: roles, nutrient interaction and implications for sustainable agriculture. International Journal of Boron Science and Nanotechnology 1–14.
- Majeed, Y., Khan, M.U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M., Raza, A., 2023. Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. Energy Reports 10, 344–359.
- Mendes, W., Júnior, J., Cunha, P., da Silva, A., Pêgo Evangelista, A., Casaroli, D., 2016. Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 20, 972–977. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n11p972-977>
- Nadeak, F.L., 2024. Pengaruh Pemberian Pupuk Guano Dan Pupuk Organik Cair (POC) Lidah Buaya Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.). Doctoral dissertation, Universitas Medan Area.
- Nthaba, M., Kashe, K., Moroke, T.S., 2026. The influence of soil moisture on weed species composition and diversity in flood recession farming in the Okavango Delta, Botswana. Discover Soil 3, 29. <https://doi.org/10.1007/s44378-026-00186-0>
- Pasam, S., Pragada, V.R., Bakshi, V., Boggula, N., 2023. Cyperus Rotundus L. Plant in Traditional Medicine: A Review. Journal of Advancement in Pharmacognosy 3, 7.
- Purnama, R., 2026. Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Kelembapan dan Nutrisi Tanah pada Pertanian Organik. Jurnal Pertanian dan Teknologi Pangan 1, 16–24.
- Putra, A.A., 2023. Pengaruh Kompos Eceng Gondok Dan Air Selokan Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Sawi Pakcoy (brassica rapa L.). Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau.
- Qin, Y., Liu, X., Li, C., Chu, Q., Cheng, S., Su, L., Shao, D., Guo, X., He, Z., Zhou, X., 2024. Effect of light intensity on celery growth and flavonoid synthesis.

Frontiers in Plant Science Volume 14-2023.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1326218>

- Rahman, A., 2025. Effectiveness of Drip Irrigation Systems in Agriculture: A Step Towards Water Conservation.
- Ramadhan, R., Khatami, R.I., Maulidri, M.R., others, 2025. Pemanfaatan Internet of Things dalam Bidang Agrikultur: Literatur Review. *Jurnal Bisnis Digital dan Teknologi (DIGITEK)* 1, 1–9.
- Renjani, R.A., Mulyadi, D., Ermansyah, Y.A., Sembiring, N., Hermantoro, H., Uktoro, A.I., Purwoto, H., 2025. Perbandingan Kinerja Pemupukan Manual dan Mekanis terhadap Efisiensi Biaya dan Tenaga Kerja di Perkebunan Kelapa Sawit. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem* 13, 361–371. <https://doi.org/10.21776/>
- Rivaldi, R.Y., 2023. Budidaya Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) Dengan Sistem Hidroponik Rakit Apung di Departemen Riset PT. Petrokimia Gresik Jawa Timur. Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung.
- Safitri, E., Wardenaar, E., Sisillia, L., 2022. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Rempah-Rempah di dalam Kawasan Hutan di Desa Gunung Sembilan Kabupaten Kayong Utara. *Jurnal Lingkungan Hutan Tropis* 1, 986–997.
- Santoso, G., Sidik, K., Wahid, R.M., Yolanda, N.A.P., Yuda, W.B., 2023. Pengolahan Lahan Pertanian Dan Irigasi Menggunakan Smart Farming Di Dusun Pandan, Wukirsari, Sleman, in: *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat*. <https://doi.org/10.31315/psnpm.v8i1.11128>
- Saragih, K.A., Kurniawan, R., 2025. Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dengan Logika Fuzzy Sugeno untuk Pengendalian Kelembaban Tanah di Greenhouse. *Jurnal Algoritma* 22, 808–819.
- Saxena, N.N., Kumar, P., 2021. A review on application of solar energy in agriculture sector. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM)* 8, 136–139.
- Setiaji, G., 2016. Perancangan Pengolahan Air Minum Tenaga Surya Kapasitas 50 M3/Hari (Dengan Menggunakan Proses Biofiltrasi Dan Ultrafiltrasi). *Jurnal Air Indonesia* 9.
- Sihombing, D.E., 2023. Pengaruh Limbah Ampas Kelapa dan Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Sai Pakcoy (*Brassica rapa* L.). Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau.
- Sumanta, N., Haque, C.I., Nishika, J., Suprakash, R., 2014. Spectrophotometric analysis of chlorophylls and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Res J Chem Sci* 2231, 606X.

- Susanti, F., 2022. Pengaruh Pemberian Pupuk Npk Dan Nano Booster Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Rumput Gajah Mini (*Pennisetum purpureum* cv Mott) = The Effect of NPK Fertilizer and Nano Booster on the Growth and Production of Dwarf Elephant Grass (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin.
- Tamiaki, H., Kichishima, S., 2025. Chlorophyll pigments and their synthetic analogs. *Plant and Cell Physiology* 66, 153–167.
- Thenu, S., Tetelepta, G., Ega, L., 2023. Analisis kandungan total padatan terlarut dan sensori sari buah lemon cina (*Citrus microcarpa*). *Jurnal Agrosilvopasture-Tech* 2, 496–500.
- Usman, M.K., 2020. Analisis intensitas cahaya terhadap energi listrik yang dihasilkan panel surya. *Power Elektronik* 9, 52–57.
- Wahyudi, D., 2023. Aplikasi Gandasil-d Dan Solid (sludge) Terhadap Pertumbuhan Serta Produksi Sawi Pakcoy (*brassica Rapa. L*). Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau.
- Wang, Y., Chen, Y.-F., Wu, W.-H., 2021. Potassium and phosphorus transport and signaling in plants. *Journal of Integrative Plant Biology* 63, 34–52.
- Yoga, I.N.T.P., 2022. Pengaruh Pemberian Dosis Media Campur Tanah dan Biochar Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa L*). Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar.

