

**KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS IOT (*Internet of Things*) DENGAN DUKUNGAN ENERGI SURYA UNTUK
MENINGKATKAN PERFORMA PERTUMBUHAN DAN HASIL
TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica rapa L.*)**

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD SYAIFULLAH YUSUP

NIM. 222.01.03.1042



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

2026

**KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS IOT (*Internet of Things*) DENGAN DUKUNGAN ENERGI SURYA UNTUK
MENINGKATKAN PERFORMA PERTUMBUHAN DAN HASIL
TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica rapa L.*)**

SKRIPSI

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

Oleh :

MUHAMMAD SYAIFULLAH YUSUP

NIM. 222.01.03.1042



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

2026

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS IoT (*Internet of Things*) DENGAN DUKUNGAN ENERGI SURYA UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Nama Mahasiswa : Muhammad Syaifullah Yusup

NPM : 22201031042

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Menyetujui,

Pembimbing Pertama



Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, S.P., M.P.

NIP. 196903081994032001

Pembimbing Kedua



Ir. Siti Muslikah, M.P.

NIP. 1920200017

Mengesahkan,

Dekan



Dr. Ir. Anis Rosyidah, M.P.

NIDN. 0713046601

Menyetujui,

Ketua Program Studi



Aula Qur'ania, S.P., M.Ling.

NPP. 191803199532287

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS
IoT (*Internet of Things*) DENGAN DUKUNGAN ENERGI
SURYA UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA
PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI
PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

Nama Mahasiswa : Muhammad Syaifullah Yusup

NPM : 22201031042

Program Studi : AGROTEKNOLOGI

Mengesahkan,
Majelis Penguji



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

Ketua



Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, S.P., M.P.

Anggota



Ir. Siti Muslikah, M.P.

Anggota

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Syaifullah Yusup

NIM : 22201031042

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

Judul : KONTROL FERTIGASI DAN IRIGASI TETES BERBASIS IoT
(*Internet of Things*) DENGAN DUKUNGAN ENERGI SURYA
UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA PERTUMBUHAN
DAN HASIL TANAMAN SAWI PAKCOY (*Brassica rapa L.*)

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

Malang, 14 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Muhammad Syaifullah Yusup

NIM. 22201031042

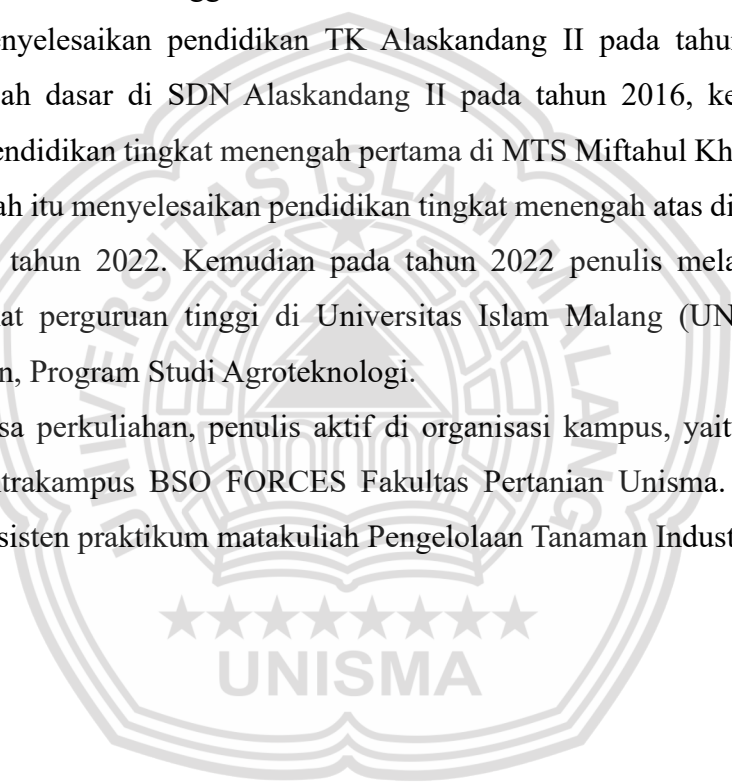
RIWAYAT HIDUP



Nama Muhammad Syaifullah Yusup, biasa dipanggil Yusup. Lahir pada tanggal 07 Juni 2004 di Desa Sumberan, Kecamatan Besuk, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur. Penulis merupakan anak laki-laki kedua dari dua bersaudara pasangan Suami Istri Bapak Jamak dan Ibu Baena. Penulis berasal dari Dusun Kolor RT/RW 011/002, Desa Sumberan, Kecamatan Besuk, Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur.

Penulis menyelesaikan pendidikan TK Alaskandang II pada tahun 2010, pendidikan sekolah dasar di SDN Alaskandang II pada tahun 2016, kemudian menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di MTS Miftahul Khair pada tahun 2019, setelah itu menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di SMAN 1 PAITON pada tahun 2022. Kemudian pada tahun 2022 penulis melanjutkan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Universitas Islam Malang (UNISMA), Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi kampus, yaitu UKM Olahraga, dan intrakampus BSO FORCES Fakultas Pertanian Unisma. Penulis pernah menjadi asisten praktikum matakuliah Pengelolaan Tanaman Industri.



MOTTO

“Sesungguhnya setelah kesulitan ada kemudahan.”

- QS Al-Insyirah: 6 -

"Hidup memang tidak selalu mudah, tetapi selama kamu terus berusaha dan tidak menyerah, selalu ada jalan yang Allah siapkan."

- Orang Tua -

"Aku percaya bahwa setiap usaha yang dilakukan dengan sungguh-sungguh dan diiringi doa tidak akan pernah sia-sia."

- Penulis -



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. Kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Jamak dan Ibu Baena. Terima kasih atas doa, kasih sayang, serta dukungan yang tidak pernah putus dalam setiap langkah yang penulis jalani. Segala perjuangan, kesabaran, dan pengorbanan yang telah diberikan menjadi kekuatan terbesar bagi penulis hingga mampu menyelesaikan skripsi ini. Gelar ini penulis persembahkan sebagai bentuk bakti dan rasa terima kasih atas segala yang telah Bapak dan Ibu berikan.
2. Kepada kakakku, Samsul Ma'arif. 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.
3. Kepada Al-Fianti Rizqi Oktavianingsih. Terima kasih atas ketulusan, doa, serta dukungan yang selalu hadir dalam setiap langkah perjalanan ini. Kehadiranmu menjadi penyemangat yang membuat setiap tantangan terasa lebih ringan untuk dihadapi.
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. Ibu Ir. Siti Muslikah, M.P. selaku Dosen Pembimbing Kedua. Terima kasih atas waktu, perhatian, serta berbagai saran yang sangat berarti dalam proses penyempurnaan skripsi ini.
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Eko Noerhayati, M.T. dan Ibu Soraya Norma Mustika, S.T., M.Sc 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, Imam Mahrus Ali. Terima kasih atas kerja sama, diskusi, serta kebersamaan selama pelaksanaan penelitian di lapangan maupun di laboratorium.
8. 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.
9. 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.
10. 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, 10 Maret 2026

Penulis

Muhammad Syaifullah Yusup

NIM 22101031042



RINGKASAN

Kontrol Fertigasi Dan Irigasi Tetes Berbasis IoT (*Internet of Things*) Dengan Dukungan Energi Surya Untuk Meningkatkan Performa Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

Di bawah bimbingan : 1. Dr. Siti Asmaniyah Mardiyani, SP. MP.
2. Ir. Siti Muslikah, MP.

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan komoditas hortikultura dengan umur panen relatif singkat, sekitar 25-30 hari setelah tanam. Produksi sawi di Indonesia masih berfluktuasi, dari 760.608 ton pada tahun 2022 menurun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023 dan meningkat menjadi 688.595 ton pada tahun 2024, yang menunjukkan perlunya pengelolaan budidaya yang lebih terkontrol, khususnya dalam pemberian pupuk dan air. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk mendukung pengaturan dan pemantauan distribusi nutrisi serta air pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy, membandingkannya dengan metode konvensional, serta menentukan perlakuan terbaik menggunakan analisis De Garmo.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan dua taraf perlakuan, yaitu sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dan sistem budidaya konvensional, masing-masing dengan tiga ulangan. Variabel yang diamati meliputi pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy, sedangkan data dianalisis menggunakan uji t dan analisis De Garmo.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan IoT memberikan perbedaan nyata terhadap beberapa variabel pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy dibandingkan perlakuan konvensional. Tinggi tanaman umur 21 HST pada perlakuan IoT mencapai 19,78 cm, sedangkan perlakuan konvensional mencapai 14,25 cm. Jumlah daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 7,93 helai, sedangkan pada perlakuan konvensional sebesar 6,03 helai, dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan jumlah daun sebesar 12,20 helai, sedangkan perlakuan konvensional sebesar 10,10 helai. Luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 179,06 cm², sedangkan perlakuan konvensional sebesar 106,42 cm², dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan luas daun sebesar 555,87 cm², sedangkan perlakuan konvensional sebesar 397,81 cm². Indeks luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 0,199, sedangkan pada perlakuan konvensional sebesar 0,118, Kemudian pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan indeks luas daun sebesar 0,618, sedangkan perlakuan konvensional sebesar 0,442. Bobot segar konsumsi pada perlakuan IoT mencapai 117,53 g, sedangkan perlakuan konvensional mencapai 78,13 g. Bobot kering konsumsi pada perlakuan IoT sebesar 5,86 g, lebih tinggi dibandingkan perlakuan konvensional yang sebesar 4,39 g. Berdasarkan analisis De Garmo, perlakuan berbasis IoT memperoleh nilai produktivitas (NP) sebesar 0,76, lebih tinggi dibandingkan perlakuan konvensional sebesar 0,24, sehingga perlakuan IoT ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dalam penelitian ini.

KATA PENGANTAR

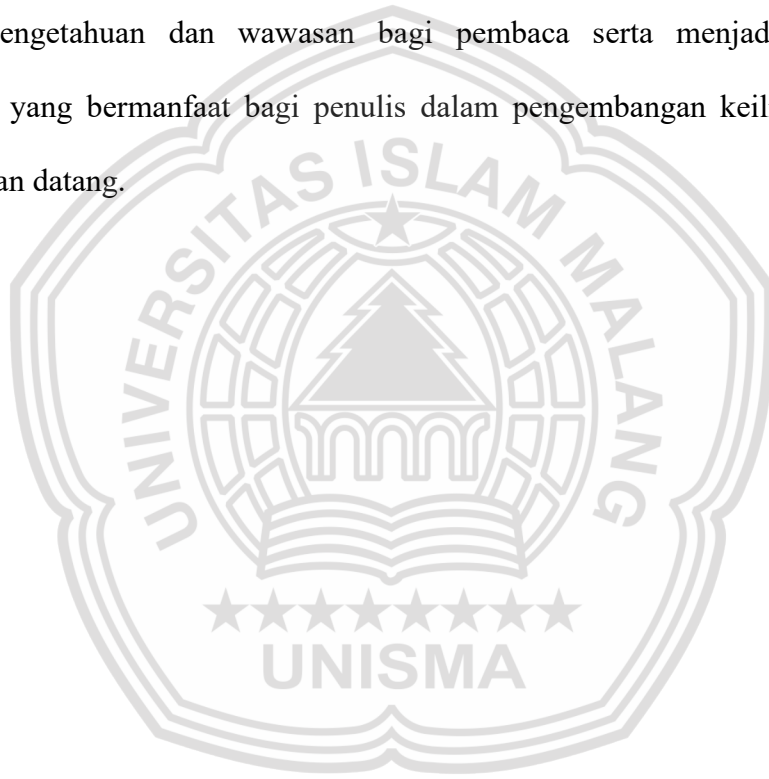
Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Kontrol Fertigasi dan Irigasi Tetes Berbasis IoT (*Internet of Things*) Dengan dukungan Energi Surya untuk Meningkatkan Performa Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi 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. Ibu Ir. Siti Muslikah, M.P. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Prof. Dr. Ir. Eko Noerhayati, MT. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, saran, serta kritik yang membangun dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Seluruh dosen Fakultas Pertanian Universitas Islam Malang, yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama menempuh pendidikan.

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

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan komoditas hortikultura dengan umur panen relatif singkat, sekitar 25-30 hari setelah tanam. Produksi sawi di Indonesia masih berfluktuasi, dari 760.608 ton pada tahun 2022 menurun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023 dan meningkat menjadi 688.595 ton pada tahun 2024, yang menunjukkan perlunya pengelolaan budidaya yang lebih terkontrol, khususnya dalam pemberian nutrisi dan air. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT (*Internet of Things*) untuk mendukung pengaturan dan pemantauan distribusi nutrisi serta air pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem tersebut terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy, membandingkannya dengan metode konvensional, serta menentukan perlakuan terbaik menggunakan analisis De Garmo.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor dengan dua taraf perlakuan, yaitu sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dan sistem budidaya konvensional, masing-masing dengan tiga ulangan. Variabel yang diamati meliputi pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy, sedangkan data dianalisis menggunakan uji t dan analisis De Garmo.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan IoT memberikan perbedaan nyata terhadap beberapa variabel pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy dibandingkan perlakuan konvensional. Tinggi tanaman umur 21 HST pada perlakuan IoT mencapai 19,78 cm, sedangkan perlakuan konvensional mencapai 14,25 cm. Jumlah daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 7,93 helai, sedangkan pada perlakuan konvensional sebesar 6,03 helai, dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan jumlah daun sebesar 12,20 helai, sedangkan perlakuan konvensional sebesar 10,10 helai. Luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 179,06 cm², sedangkan perlakuan konvensional sebesar 106,42 cm², dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan luas daun sebesar 555,87 cm², sedangkan perlakuan konvensional sebesar 397,81 cm². Indeks luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 0,199, sedangkan pada perlakuan konvensional sebesar 0,118, Kemudian pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan indeks luas daun sebesar 0,618, sedangkan perlakuan konvensional sebesar 0,442. Bobot segar konsumsi pada perlakuan IoT mencapai 117,53 g, sedangkan perlakuan konvensional mencapai 78,13 g. Bobot kering konsumsi pada perlakuan IoT sebesar 5,86 g, lebih tinggi dibandingkan perlakuan konvensional yang sebesar 4,39 g. Berdasarkan analisis De Garmo, perlakuan berbasis IoT memperoleh nilai produktivitas (NP) sebesar 0,76, lebih tinggi dibandingkan perlakuan konvensional sebesar 0,24, sehingga perlakuan IoT ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dalam penelitian ini.

ABSTRACT

Pakcoy mustard (*Brassica rapa* L.) is a horticultural commodity with a relatively short harvest period, approximately 25–30 days after planting. Pakcoy production in Indonesia has fluctuated, decreasing from 760,608 tons in 2022 to 686,876 tons in 2023, and slightly increasing to 688,595 tons in 2024, indicating the need for more controlled cultivation management, particularly in nutrient and water application. One approach that can be applied is the use of an IoT (*Internet of Things*) based fertigation and drip irrigation system to support the regulation and monitoring of nutrient and water distribution to plants. This study aimed to analyze the effect of implementing such a system on the growth and yield of pakcoy, compare it with conventional cultivation methods, and determine the best treatment using De Garmo analysis.

This study employed a Completely Randomized Design (CRD) with a single factor consisting of two treatment levels: an IoT-based fertigation and drip irrigation system and a conventional cultivation system, each with three replications. The observed variables included growth and yield parameters of pakcoy, and the data were analyzed using a t-test and De Garmo analysis.

The results showed that the IoT treatment produced significant differences in several growth and yield variables compared to the conventional treatment. Plant height at 21 days after planting (DAP) under the IoT treatment reached 19.78 cm, while the conventional treatment reached 14.25 cm. The number of leaves at 14 DAP under the IoT treatment was 7.93 leaves, compared to 6.03 leaves in the conventional treatment, and at 21 DAP it was 12.20 leaves for IoT and 10.10 leaves for conventional. Leaf area at 14 DAP under the IoT treatment reached 179.06 cm², compared to 106.42 cm² in the conventional treatment, and at 21 DAP it reached 555.87 cm² compared to 397.81 cm². The leaf area index at 14 DAP under the IoT treatment was 0.199, compared to 0.118 in the conventional treatment, and at 21 DAP it was 0.618 compared to 0.442. Fresh consumption weight under the IoT treatment reached 117.53 g, compared to 78.13 g in the conventional treatment. Dry consumption weight under the IoT treatment was 5.86 g, higher than the conventional treatment at 4.39 g. Based on De Garmo analysis, the IoT-based treatment obtained a productivity value (NP) of 0.76, higher than the conventional treatment at 0.24, indicating that the IoT treatment was the best treatment in this study.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) merupakan tanaman hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang dapat dipanen kurang lebih 25 sampai 30 hari setelah tanam, dan berpotensi untuk dikembangkan dalam sistem tanam dengan siklus tanam pendek. Tanaman ini banyak dikonsumsi karena mengandung komponen nutrisi seperti vitamin C, kalsium, kalium, dan glukosinolat (Zou *et al.*, 2021). Namun demikian, produksi sawi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir masih menunjukkan fluktuasi, dari 760.608 ton pada tahun 2022 menurun menjadi 686.876 ton pada tahun 2023, kemudian meningkat kembali menjadi 688.595 ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2025). Hal tersebut menunjukkan bahwa produksi sawi belum stabil, sehingga diperlukan upaya perbaikan dalam sistem budidaya, khususnya dalam pengelolaan pemupukan dan irigasi.

Pemupukan berperan penting dalam mendukung pertumbuhan serta hasil tanaman sawi pakcoy melalui ketersediaan unsur hara esensial, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang dibutuhkan oleh tanaman (Siregar *dkk.*, 2023). Selain itu, ketersediaan air memengaruhi proses penyerapan unsur hara serta mendukung berlangsungnya fotosintesis, sehingga kecukupan air menjadi faktor penting dalam mendukung perkembangan tanaman. Pengelolaan nutrisi dan air yang kurang tepat dapat menghambat penyerapan hara serta menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Akkamis & Caliskan, 2024). Namun, budidaya sawi pakcoy di Indonesia masih banyak dilakukan secara konvensional melalui pemupukan dan irigasi manual. Metode tersebut berpotensi menyebabkan distribusi nutrisi dan air yang

tidak merata pada zona perakaran, sehingga dapat memengaruhi performa pertumbuhan dan hasil tanaman. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya sistem pengelolaan nutrisi dan air yang lebih terkontrol untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.

Salah satu upaya untuk mengatasi kondisi tersebut adalah penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes. Sistem ini menyalurkan nutrisi terlarut dan air secara tetes ke zona perakaran melalui *emitter* sehingga aplikasi dapat berlangsung lebih terkontrol (Singla *et al.*, 2023). Pemberian nutrisi secara bertahap melalui mekanisme tersebut dilaporkan berpotensi meningkatkan pemanfaatan unsur hara serta mengurangi kehilangan akibat pencucian (Kaur *et al.*, 2023). Selain itu, irigasi tetes juga dilaporkan dapat menghemat penggunaan air hingga 60% dibandingkan irigasi konvensional (Embarak *et al.*, 2023). Dalam praktik budidaya, penerapan sistem ini memerlukan mekanisme pengaturan dan pemantauan agar proses aplikasi berjalan sesuai dengan pengaturan yang telah ditetapkan.

Perkembangan teknologi pertanian berbasis IoT memungkinkan integrasi kontrol terprogram pada sistem fertigasi dan irigasi tetes untuk mengatur distribusi nutrisi dan air (Noerhayati *et al.*, 2023). Integrasi tersebut mendukung pelaksanaan pemupukan dan irigasi sesuai dengan pengaturan yang telah ditetapkan dalam sistem. Selain itu, panel surya dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif untuk mendukung operasional sistem dengan tambahan suplai energi di samping listrik utama. Penerapan teknologi tersebut menunjukkan potensi pengembangan sistem budidaya yang lebih terstruktur dalam pengelolaan nutrisi dan air.

Sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT telah banyak dikembangkan pada berbagai komoditas hortikultura, namun penerapannya pada sawi pakcoy

masih terbatas. Beberapa penelitian menerapkan pendekatan tersebut pada tanaman lain, seperti selada merah. Sementara itu, pada tanaman sawi pakcoy penerapan teknologi IoT lebih banyak dikembangkan pada sistem hidroponik. Kondisi ini menunjukkan bahwa kajian mengenai penerapan sistem fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya sawi pakcoy masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian untuk mengkaji penerapan teknologi tersebut pada budidaya sawi pakcoy.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya tanaman sawi pakcoy serta mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa pertumbuhan dan hasil tanaman dibandingkan dengan sistem konvensional. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan beberapa parameter pertumbuhan dan hasil tanaman.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, beberapa permasalahan dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Produksi tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) di Indonesia masih mengalami fluktuasi antartahun, sehingga diperlukan penerapan sistem budidaya yang lebih terkontrol guna menjaga stabilitas hasil.
2. Pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi dan air, sehingga pengelolaan pemupukan dan irigasi yang tepat menjadi faktor penting dalam mendukung performa tanaman.
3. Pengelolaan pemupukan dan irigasi pada budidaya sawi pakcoy masih banyak dilakukan secara manual, yang berpotensi menyebabkan distribusi

nutrisi dan air kurang seragam pada setiap tanaman sehingga dapat memengaruhi performa pertumbuhan dan hasil tanaman.

4. Penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya sawi pakcoy masih terbatas dan belum banyak dibandingkan secara langsung dengan sistem budidaya konvensional dalam kaitannya dengan performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT terhadap performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.)?
2. Bagaimana perbedaan performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) antara sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dengan sistem budidaya konvensional?
3. Perlakuan manakah yang memberikan hasil terbaik dalam budidaya tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) berdasarkan analisis De Garmo?

1.4 Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT terhadap performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.).
2. Untuk membandingkan performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) antara sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dengan sistem budidaya konvensional.
3. Menentukan perlakuan terbaik dalam budidaya tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) berdasarkan analisis De Garmo.

1.5 Manfaat

1. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.), serta pengaruhnya terhadap performa pertumbuhan dan hasil tanaman dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional.
2. Penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam penerapan sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT pada budidaya tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.), serta memberikan rekomendasi perlakuan budidaya terbaik berdasarkan hasil evaluasi menggunakan analisis De Garmo.

1.6 Hipotesis

- H_0 : Tidak terdapat perbedaan nyata pada performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) antara sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dengan sistem budidaya konvensional.
- H_1 : Terdapat perbedaan nyata pada performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) antara sistem kontrol fertigasi dan irigasi tetes berbasis IoT dengan sistem budidaya konvensional.

1.7 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini difokuskan pada perbandingan performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.) antara sistem budidaya berbasis IoT dan sistem budidaya konvensional.
2. Tenaga surya dalam penelitian ini digunakan melalui panel surya sebagai sumber energi listrik untuk mendukung operasional sistem, namun tidak termasuk variabel yang dianalisis dalam penelitian.

3. Sensor pada sistem berbasis IoT digunakan untuk mendukung proses monitoring, namun tidak dianalisis sebagai variabel penelitian maupun sebagai objek pengujian kinerja.
4. Penelitian ini menganalisis perbedaan pertumbuhan dan hasil tanaman berdasarkan parameter yang telah ditetapkan tanpa mengkaji faktor lain di luar sistem yang digunakan.
5. Penelitian ini tidak melakukan variasi atau pengujian terhadap debit air pada sistem irigasi, sehingga debit yang digunakan bersifat konstan selama periode penelitian.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Penerapan sistem budidaya berbasis IoT berpengaruh terhadap performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.). Pengaruh tersebut terutama terlihat pada fase vegetatif aktif, di mana sistem IoT mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, indeks luas daun, serta bobot segar dan bobot kering konsumsi. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan nutrisi dan air yang lebih terkontrol melalui sistem IoT mampu mengoptimalkan pertumbuhan tajuk sebagai bagian ekonomis tanaman.
2. Performa pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy pada sistem budidaya berbasis IoT menunjukkan perbedaan nyata dibandingkan dengan sistem budidaya konvensional. Tinggi tanaman umur 21 HST pada perlakuan IoT mencapai 19,78 cm, sedangkan pada sistem konvensional sebesar 14,25 cm. Jumlah daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 7,93 helai, lebih tinggi dibandingkan konvensional sebesar 6,03 helai, dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan 12,20 helai, sedangkan konvensional 10,10 helai. Luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai 179,06 cm², sedangkan konvensional 106,42 cm², dan pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan 555,87 cm², sedangkan konvensional 397,81 cm². Indeks luas daun umur 14 HST pada perlakuan IoT mencapai

0,199, sedangkan konvensional 0,118, kemudian pada umur 21 HST perlakuan IoT menghasilkan 0,618, sedangkan konvensional 0,442. Pada parameter hasil, perlakuan IoT menghasilkan bobot segar konsumsi sebesar 117,53 g/tanaman, lebih tinggi dibandingkan konvensional sebesar 78,13 g/tanaman, serta bobot kering konsumsi sebesar 5,86 g/tanaman, lebih tinggi dibandingkan konvensional sebesar 4,39 g/tanaman. Sementara itu, laju pertumbuhan relatif serta seluruh parameter akar tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antarperlakuan.

3. Berdasarkan analisis De Garmo, perlakuan IoT merupakan perlakuan terbaik dalam budidaya sawi pakcoy (*Brassica rapa* L.), dengan nilai produktivitas sebesar 0,76, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan konvensional sebesar 0,24.

5.2 Saran

Dalam penerapan sistem budidaya berbasis IoT, pemeliharaan dan pengawasan rutin terhadap jaringan perpipaan, debit emitter, panel kontrol, serta akurasi sensor diperlukan untuk menjaga keseragaman distribusi air dan nutrisi pada setiap tanaman.

Penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi kinerja panel surya dan baterai serta membandingkannya dengan penggunaan listrik PLN untuk menilai efisiensi operasional sistem IoT.

Selain itu, penelitian ini perlu memperhatikan tekanan pompa dan pengaturan valve karena penggunaan satu pompa untuk tiga bedengan berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan distribusi aliran, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengoptimalkan tekanan dan pemerataan distribusi air dan nutrisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, P. Y., Pankrasius, I., Ainin, Q., & Wijayanti, M. I. 2024. Control System for Pakcoy Hydroponic Cultivation with Nutrient Film Technique based on Internet of Things. *IPTEK The Journal of Engineering*, 10(3), 179. <https://doi.org/10.12962/j23378557.v10i3.a17931>
- Akkamis, M., & Caliskan, S. 2024. Effects of Different Irrigation Levels and Nitrogen Fertilization on Some Physiological Indicators of Potato. *Potato Research*, 67(3), 815-831. <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09668-y>
- Andrade, A. R. S. de, Noronha, S. P. de, Azevedo, P. R., Silva, P. R. L. de A., & Santos, R. da C. 2017. Fertirrigação no cultivo de quatro cultivares de tomate (*Lycopersicum sculentum*) irrigado por gotejamento. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada Nas Ciências Agrárias*, 10(2). <https://doi.org/10.5935/PAeT.V10.N2.01>
- Archana, P., Chaithanya, N., Pavitra, V., Shalin, M. S., & Rajashekar, J. S. 2024. IoT Technology for Monitoring and Control of Smart Greenhouses. *IRO Journal on Sustainable Wireless Systems*, 6(1), 17-27. <https://doi.org/10.36548/jsws.2024.1.002>
- Arimurti, F. & Nur'aini, H. 2023. Pengaruh teknik penyimpanan terhadap mutu pakcoy (*Brassica rapa* L.) serta konsentrasi pakcoy terhadap sifat fisik dan sensoris jus panas (pakcoy nanas). *Jurnal Multidisiplin Dehasen*, 2(2), pp. 277-286.
- Away, S. F. Y., Nanda, R. F., & Kusmiati. 2022. Feasibility Analysis of Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) Cultivation with Hydroponic System Using Several Types of Planting Media. *Open Global Scientific Journal*, 1(2), 93-102. <https://doi.org/10.70110/ogsj.v1i2.12>
- Badan Pusat Statistik. 2025. Produksi tanaman sayuran dan buah-buahan semusim menurut provinsi dan jenis tanaman, 2024. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/3/VFV4MmQxaG9kakZrVUdWeEx6aDFUMnN6WmpocVp6MDkjMw==/produksi-tanaman-sayuran-dan-buahbuahan-semusim-menurut-jenis-tanaman?year=2024> [29 Januari 2026].
- Bose, D., Tiwari, S., Gupta, A., & Bora, B. 2024. Reliability analysis of VRLA Batteries Using Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Technique for hot and Semi-Arid Indian Climatic Condition. *2024 IEEE Third International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, 773-778. <https://doi.org/10.1109/ICPEICES62430.2024.10719348>

- Callau-Beyer, A. C., Mburu, M. M., Weßler, C.-F., Amer, N., Corbel, A.-L., Wittnebel, M., Böttcher, J., Bachmann, J., & Stützel, H. 2024. Effect of High Frequency Subsurface Drip Fertigation on Plant Growth and Nitrogen Use Efficiency of Red Cabbage. In *Agricultural Water Management* (Vol. 279, pp. 0378-3774). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4705247>
- Cunha, F. N., Cunha, G. N., Teixeira, M. B., Cabral Filho, F. R., Morais, W. A., & Miranda, H. A. 2023. Eficiência E Desempenho De Um Sistema De Irrigação Por Gotejamento Sob Efeito De Fertirrigação Com Fontes De Nitrogênio. *IRRIGA*, 28(2), 470-483. <https://doi.org/10.15809/irriga.2023v28n2p470-483>
- Dahnill, D. P., Hood, Z., Adam, A., Razak, M. Z. A., & Ismail, A. G. 2021. Drip Irrigation Detection for Power Outage-Prone Areas with Internet-of-Things Smart Fertigation Managemant System. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(7). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120785>
- Damayanti, N. L. P. R., Wirawan, I. G. P. W. W., & Jatmika, A. H. 2023. Pembuatan Termostat Cerdas Tanggap Perubahan Cuaca Berbasis Iot Untuk Hidroponik Sistem Wick Pada Tanaman Pakcoy. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, Dan Aplikasinya (JTika)*, 5(2), 142-153. <https://doi.org/10.29303/jtika.v5i2.340>
- Deepika, M., Karthikeyan, P., Keerthana, A. V., Lakshmanan, M., Gowtham, P., Kumar, C., & Jaisiva, S. 2023. MPPT-Based Charge Controller for Battery Fast Charging. *2023 9th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 449-453. <https://doi.org/10.1109/ICACCS57279.2023.10112852>
- Desmasari, N., Hidayat, O., & Masnenah, E. 2022. Pengaruh Jenis Nutrisi dan Jenis Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) Varietas Nauli F-1 Secara Hidroponik Sistem Wick. *OrchidAgro*, 2(2), 51. <https://doi.org/10.35138/orchidagro.v2i2.436>
- Embarak, O. H., Aldhanhani, N., Almansoori, M., & Aldarmaki, J. 2023. Smart Irrigation with Recycled Water: A Promising Solution for Sustainable Farming. *2023 9th International Conference on Information Technology Trends (ITT)*, 157-162. <https://doi.org/10.1109/ITT59889.2023.10184258>
- Enjellina, D. 2021. Pengaruh Durasi dan Jeda Sistem Irigasi Tetes Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L. ssp. *chinensis*). 2(2).
- Fakhrah, F., Unaida, R., Faradhillah, F., Usrati, K., & Wati, M. 2022. Analisis Efektivitas Penyaluran Air Melalui Penerapan Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*) Pada Tanaman Cabai Di Lahan Kering. *Jurnal Agrium*, 19(3), 240. <https://doi.org/10.29103/agrium.v19i3.8749>

- Fallahi, H.-R., & Mahmoodi, S. 2018. Impact of water availability and fertilization management on saffron (*Crocus sativus* L.) biomass allocation. *Journal Of Horticulture and Postharvest Research*, 1(2), 131-146. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2018.1487.1017>
- Friha, O., Ferrag, M. A., Shu, L., Maglaras, L., & Wang, X. 2021. Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies. *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, 8(4), 718-752. <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>
- Guo, H., & Li, S. 2024. A Review of Drip Irrigation's Effect on Water, Carbon Fluxes, and Crop Growth in Farmland. *Water*, 16(15), 2206. <https://doi.org/10.3390/w16152206>
- Hemanth, M., Shrinithi, & Nivetha, E. 2023. IoT - Application and Architecture. *Interantional Journal Of Scientific Research In Engineering and Management*, 07(09). <https://doi.org/10.55041/IJSREM25593>
- Hidayah, A. L., Dwiratna, S., Prawiranegara, B. M. P., & Amaru, K. 2020. Kinerja dan Karakteristik Konsumsi Energi, Air, dan Nutrisi pada Sawi Pagoda (*Brassica narinosa*) Menggunakan Sistem Fertigasi *Deep Flow Technique* (DFT). *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 8(2), 125-134. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.02.02>
- Hulu, N. M., Zulfida, I., & Dewi, D. S. 2024. Respon Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Varietas Nauli F1 Melalui Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan NPK 16-16-16. *Jurnal Agroplasma*, 11(2), 509-515. <https://doi.org/10.36987/agroplasma.v11i2.6258>
- Irawan, N. D., Nurdin, S., & Dinnullah, R. N. I. 2025. Sistem Kontrol pH Air pada Budidaya Hidroponik Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Berbasis Teknologi Smart Farming. *RAINSTEK: Jurnal Terapan Sains Dan Teknologi*, 7(1), 77-85. <https://doi.org/10.21067/jtst.v7i1.11508>
- Kapoor, R., & Sandal, S. K. 2019. Growth and yield response of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) to varying drip irrigation and fertigation levels. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 89(12), 2014-2019. <https://doi.org/10.56093/ijas.v89i12.96265>
- Kaur, J., Singh, K., Singh, K. G., & Sharma, S. P. 2023. Yield response and economic evaluation of drip-fertigated muskmelon cultivated under mulched conditions. *Vegetable Science*, 50(02), 343-349. <https://doi.org/10.61180/vegsci.2023.v50.i2.12>
- Lamasigi, Z. Y., Rahmat Karim Haba, A., Iqbal Jafar, M., & Hulukati, S. A. 2024. Automated Drip Irrigation System Based on IoT for Chili Plants Using Solar Panel Energy. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 183-191. <https://doi.org/10.32815/jpm.v5i1.2>

- Li, M., Schmidt, J. E., LaHue, D. G., Lazicki, P., Kent, A., Machmuller, M. B., Scow, K. M., & Gaudin, A. C. M. 2020. Impact of Irrigation Strategies on Tomato Root Distribution and Rhizosphere Processes in an Organic System. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00360>
- Li, Q., Gao, H., Zhang, X., Ni, J., & Mao, H. 2022. Describing Lettuce Growth Using Morphological Features Combined with Nonlinear Models. *Agronomy*, 12(4), 860. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040860>
- Lind, K. R., Siemianowski, O., Yuan, B., Sizmur, T., VanEvery, H., Banerjee, S., & Cademartiri, L. 2021. Evidence for root adaptation to a spatially discontinuous water availability in the absence of external water potential gradients. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(1). <https://doi.org/10.1073/pnas.2012892118>
- Luthfiyyani, F., Abror, M., & Arifin, S. 2023. Watering Regimes Impact on Pakcoy Mustard Growth, Yield, and Nutrient Dynamics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1242(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1242/1/012015>
- Magombo, K. T., Gunda a, L., & Muusha, N. 2024. An Efficient IoT Based Solar Photovoltaic System with Sun-Tracking and Power Monitoring Capabilities. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 5348-5361. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0624.1592>
- Mulianda, P., Damanik, A. P., & Surya, S. A. 2025. Optimization of Drip Irrigation System to Improve Water Use Efficiency and Tomato Crop Productivity. *Journal of Agriculture*, 4(02), 296-299. <https://doi.org/10.47709/joa.v4i02.6810>
- Negara, I. D. G. J., Supriyadi, A., Pracoyo, A., Yasa, I. W., & Saleh, R. 2025. Uji Irigasi Tetes Bertingkat Empat Pada Media Tanaman Campuran Tanah Copeat dan Kompos Ternak Terhadap Resapan dan Lengas Tanah. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 11(1), 41-52. <https://doi.org/10.29303/jstl.v11i1.712>
- Nikolov, L. A. 2019. Brassicaceae flowers: diversity amid uniformity. *Journal of Experimental Botany*, 70(10), 2623-2635. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz079>
- Ningsih, F. D., Ali, F., Rahhutami, R., & Safitri, B. 2025. *Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (Brassica rapa L.) pada Pemberian Dosis Pupuk NPK 20-10-10 dan Konsentrasi Pupuk organic Cair*. 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.25181/jhpt.v2i1.4542>
- Nisa, J., Romdhonah, Y., Rohmawati, I., & Ritawati, S. (2024). Pengaruh Tata Letak Sistem Irigasi Tetes dan Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan

Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* var. *chinensis* L.). *AGRICA*, 17(1), 36-45. <https://doi.org/10.37478/agr.v17i1.3478>

Noerhayati, E., Mardiyani, S. A., & Mustika, S. N. 2023. The Effect of Internet of Things Based Drip Fertilization System with Cultivation Model on Harvest Results and Quality of Red Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(9), 326-336. <https://doi.org/10.12912/27197050/174220>

Nugroho, I. E., & Kurnia, T. D. (2025). Pengaruh Frekuensi Penyiraman Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Pakcoy (*Brassica rapa subsp.chinensis*). *AGRODIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 8(2), 175-184. <https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v8i1.9624>

Paramesha, V., Rajanna, G. A., Kumar, P., Sannagoudar, M. S., & Halli, H. M. 2022. Drip Fertigation for Enhancing Crop Yield, Nutrient Uptake, Nutrient, and Water Use Efficiency. In *Sustainable Agriculture Systems and Technologies* (pp. 267-278). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119808565.ch12>

Pareira, M. S. 2025. Peran Fungi Mikoriza Arbuskula dan Irigasi Tetes dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) DiLahan Kering. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 284-293. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.284>

Pitono, J., Unadi, A., Maslahah, N., Melati, M., Setiawan, S., & Suherman, S. 2022. Respons Vegetatif Tanaman Lada Terhadap Aplikasi Irigasi Dan Fertigasi Pada Musim Kemarau / Vegetative Response of Pepper to Irrigation and Fertigation Applications in Dry Season. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 28(1), 1. <https://doi.org/10.21082/jlitri.v28n1.2022.1-10>

Priatam Dharma Teguh Pawitra, P., Fitra Zambak, M., & Harahap, P. 2021. Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. 4(1), 48-54. <https://doi.org/10.30596/rele.v4i1.7825>

Purushothaman, S., Perumal, R. B., Elango, S., Premananth, H., & Yoganand, K. 2025. Smart Home Powered by Solar: IoT-based SEPIC Converter Control. *Recent Advances in Electrical & Electronic Engineering (Formerly Recent Patents on Electrical & Electronic Engineering)*, 18(7). <https://doi.org/10.2174/0123520965295293240418053531>

Puspitahati, P., & Andica, F. 2023. Floating Raft Hydroponic System Using Spray Bars Pumps On Pakcoy Cultivation Growth (*Brassica rapa* L.). *Proceedings of the 3rd Sriwijaya International Conference on Environmental Issues, SRICOENV 2022, October 5th, 2022, Palembang, South Sumatera, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.5-10-2022.2328353>

Putri, E. R., Fauzia, W., & Cherie, D. 2023. Monitoring and Control System Development on IoT-Based Aeroponic Growth of Pakcoy (*Brassica rapa*

- L.). *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 11(2), 222-239. <https://doi.org/10.19028/jtep.011.2.222-239>
- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. 2023. Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100776. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>
- Rakhmad, C. H., Sutrisno, I., Ari Wibawa Budi Santosa, & Heri Sutanto. 2025. Perancangan Sistem Monitoring Kinerja Panel Surya untuk Tambak Udang berbasis IoT. *Bulletin of Community Engagement*, 5(2), 183-194. <https://doi.org/10.51278/bce.v5i2.1771>
- Ralianoor, R., Syarief, A., & Mursalin, M. W. 2022. Analisa Instalasi Hibrid Solar Cell Untuk Pusat Pelayanan Kesehatan. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 86-95. <https://doi.org/10.34128/je.v8i2.169>
- Ramadhani, E. G., Rosa, H. O., & Pramudi, M. I. 2024. Pengaruh Aplikasi Larutan Bawang Putih (*Allium sativum*) Terhadap Intensitas Serangan Hama Daun Pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 7(2), 859-864. <https://doi.org/10.20527/jppt.v7i2.2605>
- Rasool, G., Xiangping, G., Zhenchang, W., Sheng, C., Ullah, I., Ali, M. U., & Saifullah, M. 2021. Effect of Fertigation Levels on Water Consumption, Soil Total Nitrogen, and Growth Parameters of *Brassica chinensis* under Straw Burial. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(1), 32-44. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1845345>
- Rees, M., Osborne, C.P., Woodward, F.I., Hulme, S.P., Turnbull, L.A. & Taylor, S.H., 2010, 'Partitioning the Components of Relative Growth Rate: How Important Is Plant Size Variation?', *The American Naturalist*, 176(6).
- Shan, Y., Sun, Y., Tao, W., & Su, L. 2023. Effects of Oxygenated Brackish Water on Pakchoi (*Brassica chinensis* L.) Growth Characteristics Based on a Logistic Crop Growth Model. *Agriculture*, 13(7), 1345. <https://doi.org/10.3390/agriculture13071345>
- Singh, B. 2024. Effect of Nutrient Combinations on Growth, Yield Attributes and Yield of Mustard (*Brassica juncea* L.): A Comprehensive Review. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 17(1). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.01.2024.3>
- Singla, P., Sharda, R., Sharma, S., Gulati, D., Pandey, K., Navprem, S., Singh, P. K., & Sharma, A. 2023. Variation in physio-chemical attributes and WUE during growth and development of Pak choi (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis* L.) under different drip fertigation and mulching treatments. *Acta Alimentaria*, 52(3), 458-468. <https://doi.org/10.1556/066.2023.00084>

- Siregar, D. M. T., Ali, F., Maulida, D., Maulana, E., Prajaka, N. W., & Darma, W. A. 2023. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada Berbagai Konsentrasi Pupuk NPK dan Jenis Media Tanam Secara Hidroponik NFT. *Journal of Horticulture Production Technology*, 1(2), 84-94. <https://doi.org/10.25181/jhpt.v1i2.3372>
- Thakur, P., Malhotra, M., & Bhagat, R. M. 2023. *IoT-based Monitoring and Control System for Hydroponic Cultivation: A Comprehensive Study*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2821030/v1>
- Thomas, S. L., Bindhu, J. S., Pillai, S. P., Beena, R., Biju, J., & Sarada, S. 2024. Nutrient Dynamics and Moisture Distribution under Drip Irrigation System. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(10), 485-493. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i102972>
- Tobing, W. L. 2022. Serapan Dan Efisiensi Penyerapan Hara N Dan P Pada Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Sistem Vertikultur Di Lahan Kering. *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*, 24(1), 50. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v24i1.59912>
- Triana, A. N., Teknik, S., Jurusan, P., Pertanian, T., Purnomo, R. H., Pertanian, F., Sriwijaya, U., Panggabean, T., & Juwita, R. 2018. Aplikasi Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*) dengan Berbagai Media Tanam pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). 6(1), 93-100. <https://doi.org/10.19028/jtep.06.1.93-100>
- Wahdani, W., Mpapa, B. L., & Lasamadi, R. D. 2025. Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Pemberian POC Kotoran Burung Walet. *Babasal Agromu Journal*, 3(2), 236-241. <https://doi.org/10.32529/baj.v3i2.4457>
- Wahyudi, D. 2023. Aplikasi Gandasil-D dan Solid (Sludge) terhadap Pertumbuhan serta Produksi Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.). Disertasi. Universitas Islam Riau.
- Wu, P., Barragan, J., & Bralts, V. 2020. Irrigation Systems: Water Conservation. In *Managing Water Resources and Hydrological Systems* (pp. 151-154). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003045045-16>
- Zou, L., Tan, W. K., Du, Y., Lee, H. W., Liang, X., Lei, J., Striegel, L., Weber, N., Rychlik, M., & Ong, C. N. 2021. Nutritional metabolites in *Brassica rapa* subsp. *chinensis* var. *parachinensis* (choy sum) at three different growth stages: Microgreen, seedling and adult plant. *Food Chemistry*, 357, 129535. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129535>
- Zubair, A. R., & Adebisi, T. 2022. Development of an IoT-based automatic fertigation system. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, 21(3), 4-21. <https://doi.org/10.4314/jagst.v21i3.2>