

REKAYASA PENGATURAN SUHU DAN KELEMBABAN TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN PAKCOY DI DALAM SMART GREENHOUSE

*Engineering Temperature and Humidity Control for Pakcoy Plant Growth
in a Smart Greenhouse*

Rio J. Kolibu¹⁾, Dedie Tooy²⁾ Herry F. Pinatik²⁾

Email korespondensi : dedietooy@unsrat.ac.id

Email: riokolibu@gmail.com, herrypinatik@unsrat.ac.id

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Pertanian, ²⁾Dosen Prodi Teknik Pertanian,
Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Unsrat Manado

ABSTRAK

Smart greenhouse memudahkan pengontrolan variabel yang mempengaruhi lingkungan tanaman, seperti suhu, kelembaban, pencahayaan dan tingkat CO₂, yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil tanaman Pakcoy, mengurangi penggunaan sumber daya, serta meminimalkan resiko kerugian akibat kondisi cuaca yang tidak menentu. Tujuan penelitian ini adalah: 1)Menghitung suhu optimal terhadap pertumbuhan Pakcoy di dalam *smart greenhouse*, dan 2)Menentukan kelembaban optimal terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy di dalam *smart greenhouse*. Penelitian ini dilakukan Metode Eksperimental untuk mengamati langsung perubahan suhu yang terjadi di dalam *smart greenhouse*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mempertahankan suhu agar tidak melebihi 32°C. Penurunan suhu menyebabkan peningkatan kelembaban udara hingga mencapai 90 – 98%. Hal ini terjadi karena udara yang lebih dingin memiliki kapasitas lebih rendah untuk menahan uap air, sehingga kelembaban relatif meningkat.

Kata kunci: Rekayasa pengaturan, suhu, kelembaban, tanaman pakcoy, *smart greenhouse*

ABSTRACT

Smart greenhouses facilitate the control of variables that affect the plant environment, such as temperature, humidity, lighting and CO₂ levels, which in turn can increase pak choi yields, reduce resource use and minimize the risk of losses due to unpredictable weather conditions. The objectives of research were: 1) to calculate the optimal temperature for pak choi growth in smart greenhouses, and 2) to determine the optimal humidity for pak choi growth in smart greenhouses. This research was conducted by using an experimental method to directly observe temperature changes that occurred in smart greenhouses. Results showed that this system was able to maintain the temperature not exceeding 32°C. A decrease in temperature caused an increase in air humidity to reach 90–98%. This was because colder air had a lower capacity to hold water vapor, so that relative humidity increases.

Keywords: Control engineering, temperature, humidity, pak choi, smart greenhouse.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki berbagai faktor geografis yang mendukung, seperti keberadaan dataran tinggi dan rendah, paparan sinar matahari yang melimpah, serta curah hujan yang hampir merata sepanjang tahun di sebagian besar wilayah. Faktor-faktor ini berkontribusi pada keanekaragaman hayati yang tinggi. Jenis tanah yang ada memungkinkan pengembangan budidaya berbagai jenis komoditas tanaman asli beradaptasi dengan iklim tropis, baik pada daerah tropis maupun daerah sub tropis. (Santoso, 2016).

Dewasa ini kondisi iklim di Indonesia cenderung sulit diprediksi dan semakin tidak menentu, cuaca yang dapat menjadi sangat panas atau sering terjadi hujan secara tiba-tiba. Perubahan iklim yang drastis ini telah menyebabkan penurunan hasil pertanian karena tanaman tidak tumbuh sesuai harapan, bahkan tidak sedikit yang mengalami kegagalan panen, hal ini sependapat dengan (Widodo *et al.*, 2016), dimana kondisi iklim di Indonesia yang cenderung sulit diprediksi dan semakin tidak menentu, dikarenakan beberapa faktor penyebab yaitu: fenomena *El Nino* dan *La Nina*, perubahan iklim global dan variabilitas alamiah.

Setiap negara di dunia termasuk di Indonesia terus mengupayakan pemanfaatan lahan sesuai iklim wilayahnya, dengan pembudidayaan tanaman yang dapat memperkuat kebutuhan ketahanan pangan negara atau daerahnya. Budidaya tanaman sayuran merupakan salah satu kegiatan pertanian yang mudah dan penting dalam memenuhi kebutuhan pangan masyarakat. Tanaman Pakcoy, sebagai salah satu jenis sayuran daun yang populer, memiliki nilai gizi yang tinggi dan sebagai salah satu komoditi pertanian, permintaan pasar yang terus meningkat.

Kegiatan budidaya tanaman pakcoy di tingkat masyarakat petani di Indonesia, umumnya masih dilakukan secara konvensional dan sering menghadapi berbagai masalah dan tantangan, termasuk perubahan iklim, keterbatasan lahan, serta serangan hama dan penyakit. Tantangan lain dari metode pertanian konvensional, sering kali boros dalam penggunaan air dan pupuk, pestisida berakibat berdampak negatif pada kesehatan manusia dan terjadinya kerusakan atau degradasi lingkungan. Di sisi lain faktor kurangnya akses petani terhadap teknologi modern juga menjadi kendala yang menghambat peningkatan hasil panen (Rafiqi *et al.*, 2025).

Berdasarkan masalah dan tantangan di atas, diperlukan inovasi teknologi berupa rekayasa media tanam, seperti *smart greenhouse*. *Smart greenhouse* merupakan solusi penerapan teknologi canggih yang lazim disebut sebagai ‘Rumah Kaca Pintar’ yang mengintegrasikan sensor, sistem otomasi dan perangkat lunak untuk memantau dan mengelola kondisi lingkungan di dalam rumah kaca secara *real time*. Teknologi ini mendukung penggunaan air, nutrisi, dan energi yang lebih efisien, serta mengurangi risiko serangan hama dan penyakit melalui sistem deteksi dini menggunakan aplikasi otomatis *smartphone* yang praktis dan *mobile*.

Teknologi *smart greenhouse* untuk semua tanaman, termasuk Pakcoy, dapat memberikan keuntungan yaitu: a) menciptakan dan meningkatkan lingkungan tumbuh yang optimal bagi tanaman, dan b) meningkatkan efisiensi hasil tanaman. Metode *smart greenhouse* memudahkan pengontrolan variabel-variabel yang mempengaruhi lingkungan tanaman, seperti: suhu, kelembaban, pencahayaan dan tingkat CO₂ yang pada gilirannya dapat meningkatkan hasil tanaman Pakcoy, mengurangi penggunaan sumber daya, serta meminimalkan resiko kerugian akibat kondisi cuaca yang tidak menentu. Media tanam menggunakan *smart greenhouse* dapat meningkatkan mutu, produktivitas dan efisiensi dalam budidaya tanaman Pakcoy. Teknologi *smart greenhouse* juga menjadi alternatif yang potensial untuk meningkatkan keberlanjutan dan produktivitas pertanian di Indonesia (Kolo *et al.*, 2023).

Media tanam dengan teknologi *smart greenhouse* telah diketahui dan sudah digunakan di kalangan petani budidaya tanaman Pakcoy di Indonesia, termasuk di Kabupaten Minahasa Utara, namun secara ilmiah belum diketahui berapa suhu dan kelembaban yang optimal dari pembudidayaan tanaman Pakcoy dengan menggunakan media tanam *smart greenhouse* secara *real time* dengan kontrol otomatis Aplikasi *Smartphone* yang praktis dan *mobile*.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Smart greenhouse* dengan sensor suhu, kelembaban, sistem irigasi otomatis, bak *tray* semai, timbangan, TDS meter, alat tulis, mistar, selang. Bahan yang digunakan adalah benih Pakcoy varietas unggul, pupuk nutrisi AB Mix, media tanam *Rokwool*.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah Metode Eksperimental untuk mengamati langsung perubahan suhu yang terjadi di dalam *smart greenhouse*. Data yang diperoleh dibahas dan disajikan dalam tabel dan grafik, kemudian dideskripsikan.

Perancangan :

-Penentuan Desain Smart Greenhouse

Greenhouse dibuat untuk tempat uji penanaman Pakcoy dan sebagai uji hasil kerja sistem kontrol suhu dan kelembaban. Desain *greenhouse* menyerupai bentuk rumah. Dalam *greenhouse* terdiri dari hidroponik *nutrient film technique* (NFT) dengan sistem aliran air di mana larutan nutrisi mengalir terus-menerus.

-Perangkat Kontrol

Alur perancangan perangkat kontrol dimulai dengan menginstal Aplikasi *Smart Life* pada *Smartphone*. Aplikasi ini digunakan untuk menghubungkan *smartphone* dengan *panel box misting*, sensor suhu, dan kelembaban (*WiFi Temperature & Humidity Sensor*) melalui Jaringan WiFi. Panel tersebut mengontrol pompa air yang mengalirkan air ke alat pengembun di dalam *smart greenhouse*. Dengan menggunakan Aplikasi *Smart Life*, pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* secara *real time*. Sensor yang terpasang di dalam *greenhouse* akan mengirimkan data langsung ke aplikasi melalui Jaringan WiFi sehingga memudahkan pengelolaan lingkungan mikro di *greenhouse* secara efisien.

-Panel Box Misting

Pengontrol ini terdiri dari *Smart Timer Wifi*, Adaptor 12V8A murni, pompa *dual pump*, rangkain input, rangkaian *output*, *potensio meter*, *Volt meter*, baut ke kaki pompa.

-Wifi Temperature & Humidity sensor

Sensor ini menggunakan *Wifi Temperature & Humidity Sensor* yang adalah perangkat pintar untuk memantau suhu dan kelembaban melalui koneksi Wifi.

-Aplikasi Smart Life

Aplikasi *smartphone* menggunakan *Smart Life* yang dapat langsung menghubungkan sensor suhu dan kelembaban melalui *Wifi* dan *Bluetooth*, menggunakan sistem operasi *Android*, *IOS* dengan menggunakan *Wifi* dan *Bluetooth* sebagai penghubung

komunikasi. Dalam antarmukanya terdapat fitur mematikan atau menyalakan pompa juga dapat melihat secara langsung suhu dan kelembabannya. Perangkat *mobile* ini selain bisa secara manual juga dapat diatur secara otomatis ketika suhu mencapai titik tertentu pompa akan hidup dan akan mati secara otomatis ketika suhu turun pada titik yang sudah diatur.

Penanaman :

Persiapan Penyemaian: *tray* tempat semai disiapkan. Penyemaian Benih: benih Pakcoy disemai dalam *tray* semai selama 7-9 hari sebelum dipindahkan ke hidroponik. Penanaman Bibit: bibit Pakcoy yang telah siap dipindahkan ke dalam sistem hidroponik.

Pengaturan Kondisi Lingkungan dalam *Smart Greenhouse*

Suhu dan Kelembaban: Sensor suhu dan kelembaban dipasang untuk memantau kondisi lingkungan secara *real time* menggunakan *Wifi Temperature & Humidity Sensor*. Sistem kontrol otomatis ini akan menyesuaikan dan penyiraman untuk menjaga suhu agar tidak melewati 32°C.

Pemberian Nutrisi

Tahapan pemberian nutrisi pada tanaman Pakcoy dapat dilakukan dengan menggunakan TDS meter untuk mengukur kepadatan Larutan Nutrisi AB Mix yang diberikan.

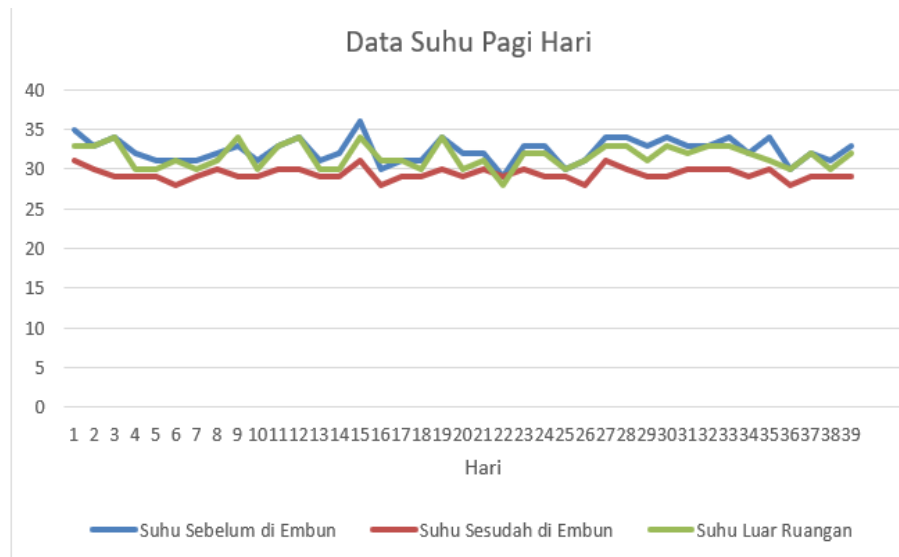
Parameter Lingkungan :

Suhu dan Kelembaban Udara: diukur secara kontinyu menggunakan sensor otomatis dan termometer bola basah dan bola kering.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Sutirman (2011), tanaman Pakcoy mampu tumbuh dengan baik di berbagai kondisi suhu, yaitu pada suhu panas 28 - 32°C maupun pada suhu dingin sekitar 16°C. Penelitian ini melibatkan pengujian terhadap sistem kontrol otomatis yang dirancang untuk menjaga suhu tetap stabil sehingga tidak melebihi batas maksimal 32°C. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi perubahan suhu dan secara

otomatis mengaktifkan pompa pengembun untuk menyesuaikan kondisi lingkungan sesuai kebutuhan tanaman. Uji coba implementasi sistem ini dilakukan selama 39 hari pada tanaman hidroponik. Selama periode tersebut, monitoring dilakukan secara terus-menerus dan kontrol sistem sepenuhnya terintegrasi dengan aplikasi berbasis *Android*, sehingga memudahkan pengguna dalam mengawasi dan mengatur kondisi tanaman secara *real time*.

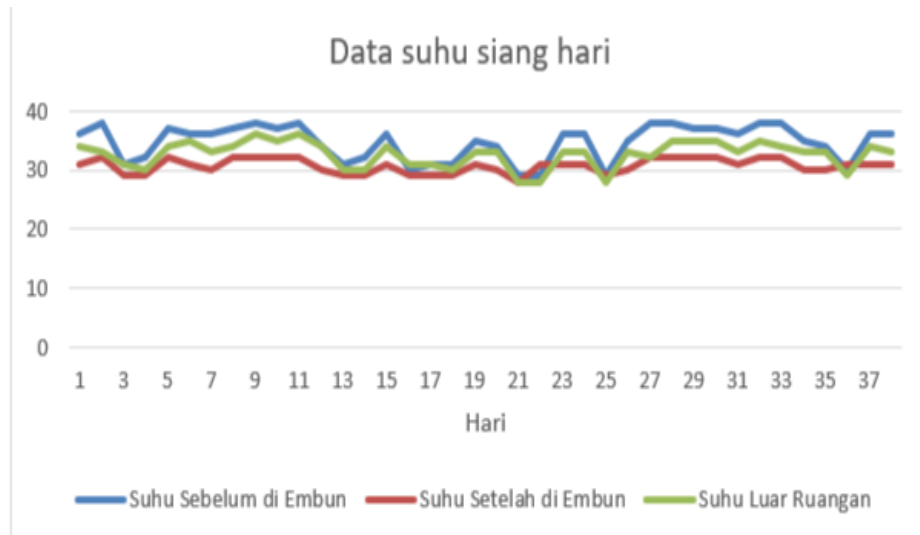


Gambar 1. Perubahan Suhu pada Pagi Hari

Pada pagi hari, suhu di dalam *smart greenhouse* berada di kisaran 30 - 36°C, sementara suhu di luar ruangan berkisar antara 30 - 34°C. Setelah dilakukan proses pengembunan, suhu di dalam *greenhouse* turun menjadi kisaran 28 - 31°C. Namun, terdapat suhu yang lebih tinggi di dalam *smart greenhouse* tercatat mencapai 36°C (Gambar 1). Hal ini terjadi karena adanya efek rumah kaca dimana proses ini terjadi ketika sinar matahari masuk melalui kaca atau plastik yang digunakan untuk membangun *greenhouse*. Sinar matahari tersebut diserap oleh tanah, tanaman, dan benda lainnya di dalam *green house*, yang kemudian mengubah energi matahari menjadi panas.

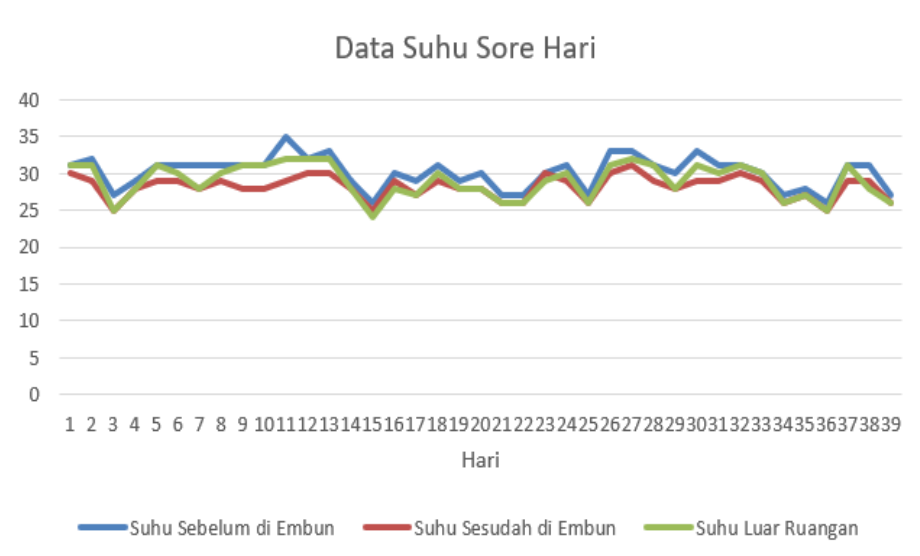
Namun, panas yang dihasilkan ini tidak bisa keluar dengan mudah karena lapisan kaca atau plastik yang membatasi pergerakan udara. Beberapa panas terperangkap di dalam dan menyebabkan suhu di dalam *green house* menjadi lebih tinggi. Proses ini mirip dengan bagaimana udara panas terperangkap di dalam mobil yang tertutup di bawah sinar matahari. Efek ini juga dipengaruhi oleh kelembaban udara di dalam

green house yang dapat meningkatkan rasa panas. Adanya efek rumah kaca mengakibatkan terjadinya penyerapan sinar matahari, pemancaran radiasi panas, dan terperangkapnya radiasi inframerah, dan suhu di dalam *greenhouse* menjadi lebih tinggi dibandingkan suhu di luar.



Gambar 2. Perubahan Suhu pada Siang Hari

Pada siang hari, suhu di dalam *smart greenhouse* berada di kisaran 30 - 38°C, sementara suhu di luar ruangan berkisar antara 30 - 35°C. Setelah dilakukan proses pengembunan, suhu di dalam *greenhouse* turun menjadi kisaran 30 - 32°C. Suhu di dalam *greenhouse* mencapai 38°C, tanda bahwa lingkungan berada di bawah kondisi yang cukup hangat (Gambar 2).



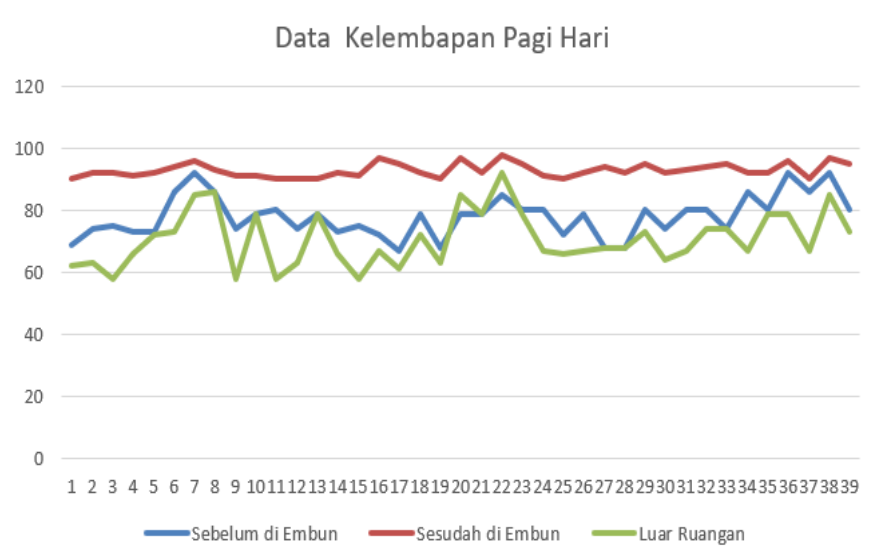
Gambar 3. Perubahan Suhu pada Sore Hari

Pada sore hari, suhu di dalam *smart greenhouse* berada di kisaran 27 - 35°C, sementara suhu di luar ruangan berkisar antara 27 - 30°C. Setelah dilakukan proses pengembunan, suhu di dalam *greenhouse* turun menjadi kisaran 30 - 28°C. Namun terdapat penurunan suhu lebih rendah dari biasanya juga tercatat, ini dipengaruhi oleh terjadinya curah hujan yang membawa pendinginan alami pada lingkungan sekitar.

Pengukuran Kelembaban

Menurut Agustina *et al.* (2022), tingkat kelembaban udara yang ideal untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman Pakcoy berada dalam kisaran 80 – 90%. Kelembaban yang cukup ini penting untuk menjaga keseimbangan proses fisiologis tanaman, seperti: fotosintesis, respirasi, dan transpirasi, yang secara langsung memengaruhi pertumbuhan dan produktivitasnya.

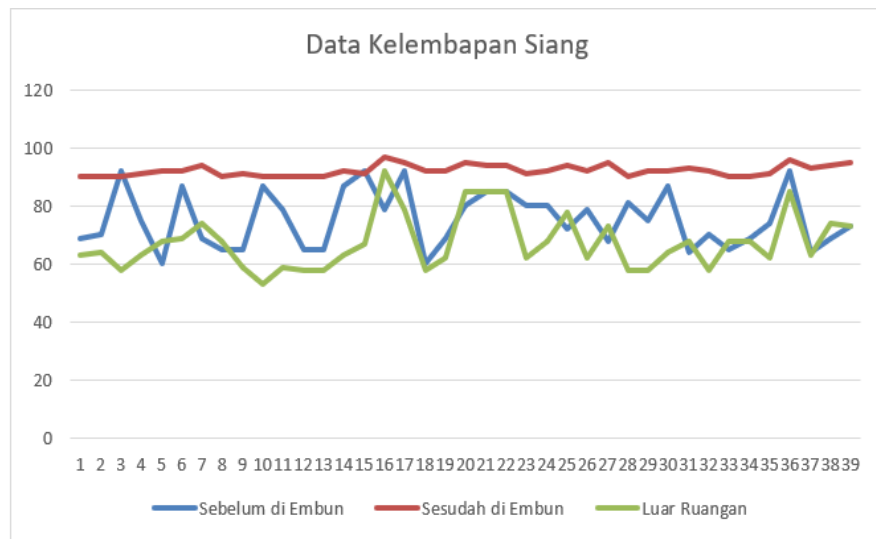
Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah proses pengembunan, kelembaban udara meningkat hingga mencapai kisaran 90 – 98%. Angka ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan menjadi sangat lembab, melebihi batas kelembaban ideal. Meskipun kondisi ini menunjukkan keberhasilan dalam menciptakan lingkungan yang lembab diperlukan perhatian khusus agar kelembaban yang terlalu tinggi tidak menyebabkan risiko tambahan, seperti munculnya penyakit tanaman yang disebabkan oleh kondisi udara sangat lembab.



Gambar 4. Perubahan Kelembaban pada Pagi Hari

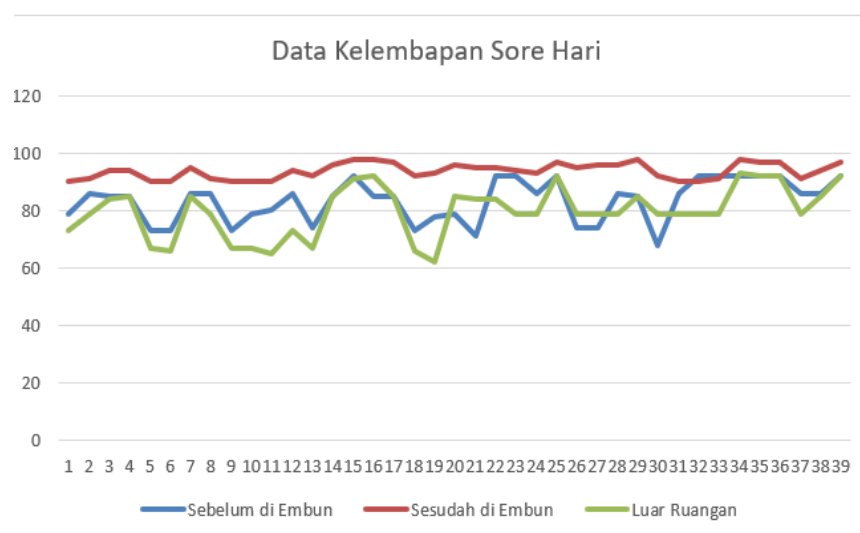
Pada pagi hari, setelah dilakukan pengembunan di dalam *greenhouse*, kelembaban meningkat drastis dan stabil di kisaran 90%. Berbanding dengan

kelembaban sebelum diembun di kisaran 70 - 90% dan yang berada di luar ruangan 50 - 90 %. Angka ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan menjadi sangat lembab.



Gambar 5. Perubahan Kelembaban pada Siang Hari

Pada siang hari, setelah dilakukan pengembunan di dalam *greenhouse*, kelembaban meningkat drastis dan stabil pada kisaran 90%. Berbanding dengan kelembaban sebelum diembun pada kisaran 60 - 90% dan yang berada di luar ruangan 50 - 90 % (Gambar 5).



Gambar 6. Perubahan Kelembaban pada Sore Hari

Pada sore hari, setelah dilakukan pengembunan di dalam *greenhouse*, kelembaban meningkat drastis dan stabil pada kisaran 90%. Berbanding dengan kelembaban sebelum diembun pada kisaran 70 - 90% dan yang berada di luar ruangan 60 - 90 % (Gambar 6).

Pengujian sistem kontrol pengairan dilakukan selama 39 hari, mengamati hasil dari sistem otomatis bekerja sesuai dengan pembacaan nilai sensor. Nilai dari suhu dan kelembaban secara *real time* ditampilkan pada layer Aplikasi Android. Pengamatan dilakukan dengan melihat pada aplikasi, apakah sistem sudah bekerja sesuai dengan perintah yang diprogram.

Hasil dari uji coba sistem kendali suhu menunjukkan bahwa ketika suhu udara di dalam *greenhouse* lebih dari 32°C, pompa pengembun akan menyala untuk menurunkan suhu. Sebaliknya, ketika suhu turun di bawah 32°C, pompa secara otomatis akan mati. Namun, fenomena menarik terjadi di sini dimana penurunan suhu diikuti dengan peningkatan kelembaban udara hingga mencapai kisaran 90 – 98%. Angka ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan menjadi sangat lembab, melebihi batas kelembaban ideal untuk tanaman Pakcoy.

Pengaruh Erat antara Suhu Menurun dan Kelembaban Meningkat

Hubungan antara suhu dan kelembaban udara sangat erat karena udara yang lebih dingin memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk menahan uap air. Ketika suhu turun, udara tidak dapat menahan uap air sebanyak ketika suhu tinggi, sehingga kelembaban relatif meningkat. Hal ini dapat dijelaskan melalui prinsip Kelembaban Relatif (RH), yang merupakan rasio antara jumlah uap air di udara dan jumlah maksimum uap air yang dapat ditahan udara pada suhu tertentu.

Dalam kasus ini, ketika pompa pengembun menyala dan menurunkan suhu, udara di dalam *greenhouse* menjadi lebih dingin. Akibatnya, kelembaban relatif meningkat karena udara yang lebih dingin mencapai titik jenuh lebih cepat. Jika suhu terus turun, kelembaban bisa mencapai titik di mana kondensasi terjadi menyebabkan udara menjadi sangat lembab (90 – 98%). Siklus ini akan berulang terus-menerus tanpa campur tangan manusia. Namun, jika merasa masih kurang puas dengan penyiraman tanaman, pemilik juga bisa mengontrol dan menghidupkan pompa air secara manual menggunakan HP yang telah diinstal aplikasi.

Hasil yang dicapai

Meskipun kelembaban tinggi menjadi tantangan, tanaman Pakcoy tetap dapat bertahan hidup hingga 40 hari. Hal ini menunjukkan bahwa Pakcoy memiliki toleransi

tertentu terhadap kondisi lembab, meskipun pertumbuhan optimal mungkin tidak tercapai. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan sistem kontrol kelembaban, seperti: *exhaust fan* atau *dehumidifier* untuk menjaga kelembaban dalam kisaran ideal (80 – 90%).

Pertumbuhan Tanaman

Tabel 1. Hasil Pertumbuhan Tanaman Pakcoy

Sampel	Tinggi Tanaman	Panjang Akar	Jumlah Daun	Berat Segar Tanaman
a	18,2 cm	17 cm	26	58 g
b	23 cm	12 cm	26	58 g
c	18,8 cm	15 cm	25	50 g
d	22 cm	11 cm	29	54 g
e	18,4 cm	14 cm	28	50 g

Dari hasil pertumbuhan tanaman pakcoy di dalam *smart greenhouse* (Tabel 1) menunjukkan bahwa tanaman dapat bertumbuh, juga bebas dari hama dan penyakit. Dengan lingkungan yang terkontrol, seperti suhu, kelembapan dan pemberian nutrisi tanaman Pakcoy dapat bertumbuh secara optimal.

KESIMPULAN

Sistem *smart greenhouse* mampu mempertahankan suhu agar tidak melebihi 32°C. Penurunan suhu menyebabkan peningkatan kelembaban udara hingga mencapai 90 – 98%.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina R.A.A.Q. 2022. Pengaruh Jenis Media Tanam terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada Sistem Akuaponik (Doctoral dissertation, Universitas Siliwangi).
- Kolo, T.N., Bala, L., Bili, O.P., Nabon, M.E., Berek, Y.O., dan Mau, B.N.W. 2022. Rancang Bangun *Smart Greenhouse* untuk Budidaya Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* subsp.) Berbasis Android, (Doctoral dissertation, Universitas Timor).

- Masduki, A. 2017. Hidroponik sebagai sarana pemanfaatan lahan sempit di Dusun Randubelang, Bangunharjo, Sewon, Bantul. *Jurnal Pemberdayaan: Publikasi Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2): 185-192.
- Rafiqi, A., Fevria, R., Violita, V., Handayani, D., dan Arjulis, W. 2025. Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) di Dalam dan di Luar Greenhouse yang Dibudidayakan Secara Hidroponik (Studi Kasus *We Farm* Hidroponik). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2): 18663–18673.
- Widodo, B. Suyono, B., dan Syafruddin. 2016. Prediksi Musim Hujan di Indonesia: Tantangan dan Perkembangan Metode. Penerbit Jurnal Meteorologi dan Geofisika.
- Zulfa, Z.V. 2017. Optimasi Persebaran Suhu dan Kelembapan pada Iklim Mikro Greenhouse untuk Pertumbuhan Tanaman, Skripsi Sarjana. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Sepuluh Nopember.