

## Efektivitas Struktur Bangunan Greenhouse dalam Menciptakan Mikroklimat Optimal untuk Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat

### *Effectiveness of Greenhouse Structural Design in Supporting an Optimal Microclimate for Tomato Vegetative Growth*

Angki Intan Utami<sup>1\*)</sup>, Fathur Anelka<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Universitas Gunung Kidul, Email: [angki.intan@ugk.ac.id](mailto:angki.intan@ugk.ac.id)

<sup>2)</sup> Fakultas Pertanian, Program Studi Agroteknologi, Universitas Gunung Kidul. Email: [fathuranelka@gmail.com](mailto:fathuranelka@gmail.com)

\*Corespondensi: Email: [angki.intan@ugk.ac.id](mailto:angki.intan@ugk.ac.id)

---

Received: 01/12/25; Revised: 10/12/25; Accepted: 25/12/25

---

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas struktur bangunan greenhouse dalam menciptakan mikroklimat yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Penelitian dilaksanakan di greenhouse Universitas Gunung Kidul pada periode September–Desember 2025 dengan konstruksi setengah tembok dan atap plastik UV. Metode yang digunakan adalah studi kasus dengan pengamatan suhu udara dan intensitas cahaya sebagai variabel mikroklimat, serta tinggi tanaman dan jumlah daun sebagai indikator pertumbuhan vegetatif. Pengamatan dilakukan selama 12 minggu pada 15 tanaman tomat pada pukul 12.00–13.00 WIB, sejak fase pembibitan hingga awal pembungaannya. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan uji korelasi Spearman. Hasil menunjukkan suhu udara berada pada kisaran 26,1–29,2 °C dengan rerata 27,88 °C, sedangkan intensitas cahaya berkisar 14.200–19.400 lux dengan rerata 16.875 lux. Korelasi Spearman menunjukkan hubungan positif sangat kuat antara suhu dan tinggi tanaman serta antara intensitas cahaya dan jumlah daun. Disimpulkan bahwa struktur greenhouse efektif dalam menciptakan mikroklimat yang sesuai bagi pertumbuhan vegetatif tanaman tomat.

**Kata kunci:** greenhouse, mikroklimat, pertumbuhan vegetatif

#### Abstract

*This study aimed to evaluate the effectiveness of greenhouse building structure in creating a microclimate that supports the vegetative growth of tomato plants. The research was conducted at the greenhouse of Universitas Gunung Kidul during September–December 2025, with a semi-wall construction and a UV plastic roof. A case study method was applied by observing air temperature and light intensity as microclimate variables, while plant height and leaf number were used as indicators of vegetative growth. Observations were carried out for 12 weeks between 12:00 and 13:00 WIB on 15 tomato plants, from the seedling stage to the early flowering stage. Data were analyzed using descriptive statistics and Spearman's correlation test. The results showed that air temperature ranged from 26.1 to 29.2 °C, with an average of 27.88 °C, while light intensity ranged from 14,200 to 19,400 lux, with an average of 16,875 lux. Spearman's correlation analysis revealed a very strong positive relationship between temperature and plant height and between light intensity and leaf number. It is concluded that the greenhouse structure was effective in creating a suitable microclimate for the vegetative growth of tomato plants.*

**Keywords:** greenhouse, microclimate, vegetative growth

#### 1. PENDAHULUAN

Greenhouse merupakan salah satu sarana budidaya tanaman yang berfungsi untuk memodifikasi lingkungan tumbuh

agar lebih terkendali dibandingkan kondisi lapang (Abdurahman et al., 2022; Rais, 2025). Melalui pengaturan faktor mikroklimat, greenhouse diharapkan

"

mampu meningkatkan efisiensi pertumbuhan dan kualitas tanaman hortikultura (Balai et al., 2020; Hutasoit, 2023). Keberhasilan sistem greenhouse tidak hanya ditentukan oleh manajemen budidaya, tetapi juga oleh struktur bangunan yang digunakan. Struktur bangunan berperan sebagai elemen utama dalam mengatur masuknya radiasi matahari, sirkulasi udara, dan stabilitas suhu (Irpan et al., 2025; Suud et al., 2023). Oleh karena itu, evaluasi terhadap struktur greenhouse menjadi penting dalam konteks pengembangan budidaya tanaman yang berkelanjutan.

Struktur bangunan greenhouse mencakup bentuk, ukuran, jenis material dinding, serta penutup atap yang digunakan. Kombinasi material seperti dinding tembok dan atap plastik UV banyak diterapkan karena relatif ekonomis dan mudah dibangun. Namun, karakteristik material tersebut memiliki pengaruh langsung terhadap kondisi mikroklimat di dalam greenhouse (Muko, 2025; Putra, 2024). Plastik UV berfungsi meneruskan cahaya matahari sekaligus mengurangi radiasi berlebih, sedangkan dinding tembok berperan menahan fluktuasi suhu (Maraveas, 2019; Nurhayati et al., 2024). Interaksi antara elemen struktur inilah yang menentukan efektivitas greenhouse dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Mikroklimat merupakan kondisi lingkungan skala kecil yang meliputi suhu udara, intensitas cahaya, dan kelembapan di sekitar tanaman (Indrawan & Suryanto, 2017; Suhesti et al., 2023). Pada tanaman tomat, mikroklimat yang optimal sangat dibutuhkan terutama pada fase pertumbuhan vegetatif. Suhu udara dan intensitas cahaya merupakan faktor

utama yang memengaruhi laju fotosintesis dan pembentukan biomassa vegetatif. Ketidaksesuaian mikroklimat dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun berkurang, atau tanaman mengalami stres (Aditia et al., 2024; Soerya et al., 2020). Oleh sebab itu, penciptaan mikroklimat yang sesuai menjadi indikator penting dalam menilai kinerja greenhouse.

Tanaman tomat dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki respon pertumbuhan yang sensitif terhadap perubahan lingkungan tumbuh. Pada fase vegetatif, tomat membutuhkan suhu dan intensitas cahaya yang relatif stabil untuk mendukung pertumbuhan tinggi tanaman dan pembentukan daun (Azizah et al., 2025; Berbagai & Naungan, 2015; Dong et al., 2025). Pertumbuhan vegetatif yang baik menjadi fondasi bagi fase generatif selanjutnya. Lingkungan tumbuh yang tidak optimal pada fase awal dapat berdampak pada penurunan produktivitas tanaman (Hatfield & Prueger, 2015; Kering et al., 2022; Kusumayati et al., 2001). Dengan demikian, evaluasi mikroklimat pada fase vegetatif menjadi tahap penting dalam kajian greenhouse.

Sebagian besar penelitian tentang greenhouse masih berfokus pada aspek teknik bangunan atau uji kekuatan struktur secara mekanis. Pendekatan tersebut penting, namun sering kali kurang mengaitkan struktur bangunan dengan respons biologis tanaman. Dalam konteks agroteknologi, struktur greenhouse seharusnya dievaluasi berdasarkan fungsi ekologis dan agronomisnya. Penilaian efektivitas struktur dapat dilakukan melalui kemampuannya menciptakan mikroklimat yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman (Wahyuni et al., 2021). Pendekatan ini lebih aplikatif

untuk pengembangan greenhouse skala pendidikan dan budidaya.

Suhu udara dan intensitas cahaya digunakan sebagai indikator utama mikroklimat karena berhubungan langsung dengan proses fisiologis tanaman (Avianto et al., 2024; Suhu et al., 2022). Pendekatan ini memungkinkan penilaian struktur greenhouse tanpa analisis teknis bangunan yang kompleks.

Respons tanaman terhadap mikroklimat dianalisis melalui parameter pertumbuhan vegetatif, yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun. Kedua parameter tersebut mencerminkan akumulasi pertumbuhan dan aktivitas fotosintesis tanaman. Hubungan antara mikroklimat dan pertumbuhan vegetatif menjadi dasar untuk menilai peran mikroklimat sebagai mediator efektivitas struktur greenhouse (Medda & Fadda, 2022; Medrano et al., 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi struktur greenhouse dalam mendukung mikroklimat dan pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran fungsi struktur greenhouse dari sudut pandang agroteknologi. Hasil penelitian dapat menjadi referensi pengembangan greenhouse sederhana untuk kegiatan pendidikan dan budidaya. Dengan demikian, kajian ini berkontribusi dalam menghubungkan aspek bangunan dan pertumbuhan tanaman secara aplikatif.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam penelitian observasional kuantitatif dengan pendekatan studi kasus, karena dilakukan pada satu unit greenhouse tanpa perlakuan atau manipulasi variabel,

dengan pengamatan langsung terhadap kondisi mikroklimat dan respons pertumbuhan vegetatif tanaman tomat.

Penelitian dilaksanakan di greenhouse Universitas Gunung Kidul pada periode September–Desember 2025. Greenhouse yang diteliti merupakan satu unit bangunan berukuran  $3,5 \times 2,5$  m dengan konstruksi setengah tembok dan penutup atap plastik UV. Greenhouse menggunakan sistem ventilasi alami tanpa pengendalian suhu dan cahaya secara mekanis.

Evaluasi struktur greenhouse dilakukan berdasarkan kemampuannya dalam menciptakan kondisi mikroklimat yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Pendekatan ini menekankan pada hubungan antara kondisi fisik bangunan, mikroklimat yang terbentuk, dan respons pertumbuhan tanaman.

Objek penelitian adalah tanaman tomat sebanyak 15 tanaman yang dibudidayakan di dalam greenhouse. Tanaman diamati sejak fase pembibitan, kemudian dipindahkan ke polibag, hingga memasuki fase awal pembungaan. Media tanam dan perlakuan budidaya dibuat seragam untuk seluruh tanaman guna meminimalkan pengaruh faktor selain mikroklimat.

Variabel mikroklimat yang diamati meliputi suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ) dan intensitas cahaya (lux) di dalam greenhouse. Variabel pertumbuhan vegetatif tanaman meliputi tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai). Suhu dan intensitas cahaya digunakan sebagai indikator kinerja struktur greenhouse, sedangkan tinggi tanaman dan jumlah daun digunakan sebagai indikator respons pertumbuhan vegetatif tanaman tomat.

Pengamatan dilakukan satu minggu sekali selama 12 minggu. Pengukuran suhu udara dan intensitas cahaya dilakukan pada waktu yang sama setiap hari pengamatan, yaitu pukul 12.00–13.00 WIB, untuk merepresentasikan kondisi mikroklimat pada saat radiasi matahari relatif tinggi. Tinggi tanaman diukur dari permukaan media tanam hingga titik tumbuh, sedangkan jumlah daun dihitung sebagai jumlah daun yang telah membuka sempurna.

Data yang dianalisis dalam penelitian ini diperoleh dari pengamatan mingguan selama 12 kali pengamatan. Pada setiap minggu pengamatan, data yang dicatat meliputi suhu udara dan intensitas cahaya di dalam greenhouse, serta tinggi tanaman dan jumlah daun tomat yang dihitung sebagai nilai rata-rata dari 15 tanaman sampel. Dengan demikian, untuk setiap waktu pengamatan dihasilkan satu set data yang terdiri atas empat variabel, yaitu suhu udara, intensitas cahaya, tinggi tanaman rata-rata, dan jumlah daun rata-rata.

Data pertumbuhan tanaman berupa tinggi tanaman dan jumlah daun dianalisis sebagai nilai rata-rata dari 15 tanaman tomat pada setiap waktu pengamatan untuk merepresentasikan respons pertumbuhan terhadap kondisi mikroklimat yang sama.

Seluruh data mikroklimat dan pertumbuhan tanaman yang dianalisis merupakan data hasil pengamatan mingguan selama 12 minggu. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memperoleh nilai rerata, minimum, maksimum, dan simpangan baku dari masing-masing variabel.

Selanjutnya, hubungan antara variabel mikroklimat dan pertumbuhan vegetatif dianalisis menggunakan uji

korelasi Spearman. Analisis korelasi difokuskan pada hubungan antara suhu udara dengan tinggi tanaman, serta antara intensitas cahaya dengan jumlah daun, karena suhu udara berperan langsung dalam mengendalikan laju metabolisme dan pemanjangan sel yang memengaruhi pertambahan tinggi tanaman, sedangkan intensitas cahaya berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang berkaitan erat dengan pembentukan dan perkembangan daun. Uji korelasi Spearman dipilih karena data bersifat observasional dan tidak mensyaratkan distribusi normal. Analisis dilakukan pada taraf signifikansi  $p < 0,05$ .

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan memberikan gambaran mengenai bagaimana struktur bangunan greenhouse memengaruhi kondisi mikroklimat dan respons pertumbuhan vegetatif tanaman tomat selama periode penelitian. Variasi suhu udara dan intensitas cahaya yang terukur di dalam greenhouse mencerminkan kemampuan struktur bangunan dalam memodifikasi lingkungan tumbuh tanaman. Respons tanaman diamati melalui perubahan tinggi tanaman dan jumlah daun sebagai indikator utama pertumbuhan vegetatif.

Suhu udara dan intensitas cahaya yang terukur berada dalam kisaran yang sesuai untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Variasi nilai yang terjadi masih tergolong wajar untuk greenhouse dengan sistem ventilasi alami. Secara umum, kondisi mikroklimat yang terbentuk mencerminkan fungsi struktur bangunan dalam mengatur radiasi matahari dan suhu udara. Analisis statistik kondisi mikroklimat dan pertumbuhan vegetatif disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Rerata Kondisi Mikroklimat dan Pertumbuhan Vegetatif**

Variabel	Min	Max	Mean	Std. Dev
Suhu Udara (°C)	26.10	29.20	27.88	1.02
Intensitas Cahaya (lux)	14,200	19,400	16,875	1,654.3
Tinggi Tanaman (cm)	12.40	78.90	43.25	22.91
Jumlah Daun (helai)	5.30	33.20	18.58	9.63

Sumber: Hasil analisis, 2025

Uji korelasi Spearman menunjukkan adanya hubungan positif yang signifikan antara suhu udara dan tinggi tanaman, serta antara intensitas cahaya dan jumlah daun. Nilai koefisien korelasi yang tinggi menunjukkan hubungan yang kuat hingga sangat kuat. Hasil lengkap analisis korelasi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Correlations (Spearman's rho)**

Correlations

	Suhu Udara	Intensitas Cahaya	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun
Suhu Udara	1.000	0.874**	0.890**	0.821**
Sig. (2-tailed)	.	0.001	0.001	0.002
N	12	12	12	12
Intensitas Cahaya	0.874**	1.000	0.761**	0.912**
Sig. (2-tailed)	0.001	.	0.005	0.000
N	12	12	12	12
Tinggi Tanaman	0.890**	0.761**	1.000	0.845**
Sig. (2-tailed)	0.001	0.005	.	0.001
N	12	12	12	12
Jumlah Daun	0.821**	0.912**	0.845**	1.000
Sig. (2-tailed)	0.002	0.000	0.001	.
N	12	12	12	12

Keterangan: \*\* signifikan pada taraf 0,01 (2-tailed)

Suhu udara di dalam greenhouse selama penelitian berada pada kisaran 26,1–29,2 °C dengan rerata 27,88 °C. Kisaran suhu tersebut sesuai dengan

kebutuhan optimal pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Suhu ideal untuk pertumbuhan tomat berkisar antara 24°C - 30°C (Dan et al., 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi struktur setengah tembok dan atap plastik UV mampu menahan fluktuasi suhu secara efektif. Dinding tembok berperan sebagai penyangga termal, sedangkan plastik UV membantu mengurangi radiasi berlebih. Dengan demikian, struktur greenhouse berfungsi secara optimal dalam menciptakan lingkungan suhu yang mendukung pertumbuhan tanaman.

Intensitas cahaya yang terukur antara 14.200–19.400 lux dengan rerata 16.875 lux. Nilai ini menunjukkan bahwa penutup plastik UV masih mampu meneruskan cahaya matahari dalam jumlah yang cukup untuk proses fotosintesis. Intensitas cahaya optimal pertumbuhan vegetatif tomat berkisar 14.000–20.000 lux. Cahaya pada kisaran ini mendukung laju fotosintesis yang efisien untuk pembentukan daun dan batang. (Berbagai & Naungan, 2015; Pemberian & Dolomit, n.d.; Pertumbuhan & Lycopersium, 2025). Intensitas cahaya yang memadai sangat penting pada fase vegetatif karena berpengaruh langsung terhadap pembentukan daun dan biomassa tanaman. Struktur greenhouse yang digunakan tidak menyebabkan penurunan cahaya secara ekstrem. Hal ini mengindikasikan bahwa desain bangunan mendukung efisiensi pemanfaatan cahaya alami.

Hasil uji korelasi Spearman menunjukkan adanya hubungan positif sangat kuat antara suhu udara dan tinggi tanaman ( $\rho = 0,89$ ;  $p < 0,01$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu dalam kisaran optimal berkontribusi

terhadap percepatan pertumbuhan tinggi tanaman tomat. Suhu yang sesuai mempercepat aktivitas metabolisme dan pembelahan sel pada jaringan tanaman. Dengan demikian, kestabilan suhu yang dihasilkan oleh struktur greenhouse berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif. Hal ini memperkuat fungsi struktur bangunan sebagai pengendali mikroklimat.

Hubungan yang sangat kuat juga ditunjukkan antara intensitas cahaya dan jumlah daun ( $\rho = 0,91$ ;  $p < 0,01$ ). Cahaya berperan sebagai sumber energi utama dalam fotosintesis, sehingga peningkatan intensitas cahaya mendorong pembentukan daun yang lebih banyak. Daun merupakan organ utama fotosintesis, sehingga jumlah daun mencerminkan kapasitas tanaman dalam menghasilkan biomassa. Struktur greenhouse dengan atap plastik UV mampu menyediakan intensitas cahaya yang efektif tanpa menyebabkan stres cahaya. Kondisi ini menunjukkan bahwa desain bangunan mendukung pertumbuhan vegetatif secara fisiologis.

Hubungan antara suhu dan jumlah daun serta antara intensitas cahaya dan tinggi tanaman juga menunjukkan korelasi positif yang kuat. Hal ini menandakan bahwa faktor mikroklimat tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling berinteraksi dalam memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Struktur greenhouse yang mampu menjaga keseimbangan suhu dan cahaya akan menghasilkan kondisi tumbuh yang lebih optimal. Dengan demikian, evaluasi struktur greenhouse melalui pendekatan mikroklimat dan respons tanaman menjadi relevan dalam kajian agroteknologi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur

bangunan greenhouse yang diteliti efektif dalam menciptakan mikroklimat yang sesuai bagi pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Evaluasi struktur dilakukan bukan berdasarkan kekuatan mekanis bangunan, tetapi berdasarkan fungsi agronomisnya dalam mengatur lingkungan tumbuh. Pendekatan ini memberikan gambaran bahwa keberhasilan greenhouse tidak hanya ditentukan oleh desain fisik, tetapi juga oleh kemampuannya mendukung proses biologis tanaman. Oleh karena itu, struktur greenhouse sederhana seperti yang diteliti memiliki potensi untuk dikembangkan dalam sistem budidaya dan pendidikan pertanian.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan greenhouse dengan konstruksi setengah tembok dan penutup atap plastik UV efektif dalam menciptakan mikroklimat yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman tomat. Selama periode pengamatan, suhu udara di dalam greenhouse berada pada kisaran 26,1–29,2 °C dengan rerata 27,88 °C, sedangkan intensitas cahaya berkisar antara 14.200–19.400 lux dengan rerata 16.875 lux, yang termasuk dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan vegetatif tomat. Analisis korelasi Spearman menunjukkan hubungan positif sangat kuat antara suhu udara dan tinggi tanaman ( $\rho = 0,89$ ;  $p < 0,01$ ) serta antara intensitas cahaya dan jumlah daun ( $\rho = 0,91$ ;  $p < 0,01$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa struktur greenhouse mampu menjaga kondisi mikroklimat yang stabil dan berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman tomat.

## Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan efektivitas struktur greenhouse ini dengan tipe greenhouse lain atau dengan budidaya di lahan terbuka guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif. Selain itu, pengamatan dapat diperluas hingga fase generatif untuk mengetahui pengaruh mikroklimat terhadap pembinaan dan hasil tanaman. Penambahan variabel mikroklimat lain, seperti kelembaban udara dan sirkulasi udara, juga disarankan agar analisis terhadap kinerja struktur greenhouse menjadi lebih menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, S., Ningtyas, A. A., Raulima, A., & Airiyani, M. L. (2022). *Pembudidayaan Tanaman Hortikultura Dengan Metode Green House*. 6051, 283–292.
- Aditia, M., Kusumiyati, K., & Sauman, J. (2024). *Pengaruh Perbedaan Jenis Bangunan Pertanian dan Volume Penyiraman terhadap Pertumbuhan, Hasil, dan Kualitas Tomat Ceri (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) The Effect of Protected Cultivation Types and Watering Volume on The Growth, Yield, and Quality of Cherry Tomato (Solanum lycopersicum var. cerasiforme)* *AGRITROP: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 22(1), 55–74.
- Avianto, Y., Pratama, A. B., Noviyanto, A., & Fauzi, F. R. (2024). *Jurnal Biologi Tropis Analyzing the Influence of Altitudinal Gradients on Clove Physiology and Yield in the Menoreh Highlands*.
- Azizah, S., Chatri, M., Leilani, I., & Putri, E. (2025). *Jurnal Biologi Tropis Phenology of Flowering Time and Flowering Duration of Tomato Plants (Solanum lycopersicum L.) in Kamang Magek District and Padang City*.
- Balai, P., Dan, P., Tanaman, P., & Di, P. (2020). *GREENHOUSE SEBAGAI WADAH PENELITIAN HORTIKULTURA*. 3(2), 461–470.
- Berbagai, P., & Naungan, P. (2015). *PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN TOMAT (Lycopersicum)*. 3(6), 717–724.
- Dan, P., Suhu, P., Kelembapan, D. A. N., Wijaya, T., Ghazali, T., & Bachri, K. O. (2025). *Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin UDARA UNTUK TANAMAN TOMAT DENGAN MENGGUNAKAN WEMOS D1*. 11(April).
- Dong, H., Li, F., Xuan, X., Ahiakpa, J. K., Tao, J., Zhang, X., Ge, P., Wang, Y., Gai, W., & Zhang, Y. (2025). The genetic basis and improvement of photosynthesis in tomato. *Horticultural Plant Journal*, 11(1), 69–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hpj.2023.06.007>
- Hatfield, J. L., & Prueger, J. H. (2015). Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10, 4–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hutasoit, Y. G. (2023). *Optimalisasi Pemanfaatan Otomasi Greenhouse Dan Hydroponic Dalam Meningkatkan Produksi Dan Keberhasilan Terhadap Pertanian Budidaya Pakcoy Di PT Inamas Sintesis Teknologi*. 1(2).
- Indrawan, R. R., & Suryanto, A. (2017). *KAJIAN IKLIM MIKRO TERHADAP BERBAGAI SISTEM TANAM DAN POPULASI TANAMAN JAGUNG MANIS (Zea mays saccharata Sturt.) STUDY OF MICRO CLIMATE TO VARIOUS CROPPING SYSTEM AND POPULATION OF SWEET CORN (Zea mays saccharata Sturt.)*. 5(1), 92–99.
- Irpan, A., Spalanzani, W., Widayantoro, M., & Mustakim, I. (2025). *Greenhouse untuk Rakyat Gerakan Hijau dari, oleh, dan untuk Masyarakat*. 6(1), 27–34.
- Kering, D., Produktivitas, T., & Manis, J. (2022). *Kajian kombinasi ketebalan mulsa dan interval irigasi tetes dilahan kering terhadap produktivitas jagung manis*. 4, 97–109.
- Kusumayati, N., Elih, E., & Setyobudi, L. (2001). *TINGKAT KEBERHASILAN PEMBENTUKAN BUAH TIGA VARIETAS TANAMAN TOMAT (Lycopersicon esculentum Mill.) PADA*

- LINGKUNGAN YANG BERBEDA  
THE SUCCESS RATE THREE  
VARIETIES OF TOMATO ( *Lycopersicon esculentum* Mill .) IN  
THE DIFFERENCE  
ENVIRONMENTS.
- Maraveas, C. (2019). *Environmental Sustainability of Greenhouse Covering Materials*.
- Medda, S., & Fadda, A. (2022). *Influence of Climate Change on Metabolism and Biological Characteristics in Perennial Woody Fruit Crops in the Mediterranean Environment*.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J., Pou, A., & Fuentes, S. (2015). *Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions . A review.* 499–517. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>
- Muko, M. (2025). *PEMBANGUNAN SCREEN HOUSE MODREN UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS HOLTIKULTURA SAYURAN DI KABUPATEN*. 6(1), 826–832.
- Nurhayati, E., Prabawati, M. N., Mulyani, E., & Natalliasari, I. (2024). *Pemanfaatan Pekarangan Rumah untuk Teknologi Hidroponik dengan Greenhouse*. 3(1), 63–68.
- Pemberian, D., & Dolomit, S.-D. A. N. (n.d.). *PRODUKSI TANAMAN TOMAT ( Solanum lycopersicum L .)*. 25–35.
- Pertumbuhan, T., & Lycopersium, T. (2025). *Pengaruh Intensitas Cahaya dan Silika Pendahuluan*.
- Putra, M. (2024). *DISAIN MINI GREEN HOUSE UNTUK BUDIDAYA PEMBIBITAN KAKAO MELALUI PEMANFAATAN SISA MATERIAL KONSTRUKSI*. 3, 813–820.
- Rais, R. (2025). *Greenhouse untuk Meningkatkan Ketahanan Pangan Lokal dalam Menghadapi Perubahan Iklim di Desa Tellumpanua Kecamatan Tanete Rilau Kabupaten Baru*. 5, 256–267.
- Soerya, S. F., Bafdal, N., & Kendarto, D. R. (2020). “ *Strategi Ketahanan Pangan Masa New Normal Covid-19* ” *Kajian Kualitas Air Hujan dan Nutrisi NPK pada Budidaya Tomat Apel ( *Solanum lycopersicum* Lycopersicum esculentum Mill , var . *pyriforme* ) dengan Media Tanam Cocopeat dan Kompos*. 4(1), 41–48.
- Suhesti, E., Said, A., Kehutanan, P. S., Kehutanan, F., & Kuning, U. L. (2023). *Peranan Pohon dalam Membentuk Iklim Mikro*. 3(1), 95–101.
- Suhu, P., Udara, K., & Intensitas, D. A. N. (2022). *CAHAYA PADA GREENHOUSE UNTUK TANAMAN BAWANG MERAH MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS ( IOT )*. 5, 11404–11419.
- Suud, H. M., Wulanjari, D., & Khozin, M. N. (2023). *Proses Desain , Rancang Bangun , dan Pengujian Greenhouse Lipat Modular Untuk Daerah Tropis Design , Construction , and Testing of Modular Folding Greenhouse for Tropical Climate*. 11(1), 41–50.
- Wahyuni, S., Studi, P., Biologi, P., Bone, U. M., & History, A. (2021). *Efektivitas Pemanfaatan Green House Sebagai Sumber Belajar Biologi dalam Meningkatkan Motivasi Siswa Kelas X SMAN 12 Bone*. 203–210.