

PERANCANGAN *GREENHOUSE BUILDING* DI BOYOLALI DENGAN PENDEKATAN ARSITEKTUR BERKELANJUTAN

Buya Raya Nada Klasica Wulakada¹, Dwi Ely Wardani², Diana Kesumasari³

^{1,2,3} Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Surakarta, Jalan
Raya Palur Km. 5 Surakarta 57772

buyagt@gmail.com¹

ABSTRAK

Perancangan *Greenhouse Building* di Kabupaten Boyolali ini diusung sebagai respon arsitektural atas krisis iklim dan eskalasi serangan hama yang mengancam produktivitas pertanian organik lokal. Mengintegrasikan pendekatan arsitektur berkelanjutan, penelitian ini bertujuan merumuskan fasilitas budidaya terproteksi yang efisien secara energi dan ramah lingkungan. Metode perancangan mencakup analisis tapak komparatif, evaluasi kebutuhan iklim mikro, serta sintesis konsep teknologi tepat guna. Hasil perancangan menunjukkan bahwa penerapan *greenhouse* berteknologi menengah (*medium technology*) yang dipadukan dengan pemanenan air hujan, sistem irigasi tetes, serta material berjejak karbon rendah mampu menjaga kestabilan mikro tanaman sekaligus menekan risiko gagal panen. Kesimpulannya, pendekatan arsitektur berkelanjutan efektif menjawab tantangan eksternal pertanian organik di kawasan agroindustri Boyolali.

Kata Kunci: *Greenhouse, Pertanian Organik, Arsitektur Berkelanjutan, Boyolali*

ABSTRACT

The Greenhouse Building design in Boyolali Regency is presented as an architectural response to the climate crisis and the escalation of pest attacks threatening the productivity of local organic agriculture. Integrating a sustainable architectural approach, this research aims to formulate energy-efficient and environmentally friendly protected cultivation facilities. The design methodology encompasses comparative site analysis, microclimate requirements evaluation, and the synthesis of appropriate technology concepts. The design results demonstrate that the application of medium-technology greenhouses combined with rainwater harvesting, drip irrigation systems, and low-carbon footprint materials effectively maintains plant microclimate stability while minimizing the risk of crop failure. In conclusion, a sustainable architectural approach effectively addresses the external challenges facing organic agriculture in the Boyolali agro-industrial area.

Keywords: *Greenhouse, Organic Farming, Sustainable Architecture, Boyolali*

PENDAHULUAN

Sektor pertanian memegang peranan krusial dalam struktur perekonomian Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat bahwa sektor ini menyumbang sekitar 13,11% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional serta menyerap 26,76% tenaga kerja pada tahun 2021. Di Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah, sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan bahkan memberi kontribusi signifikan sebesar 22,49% terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) tahun 2020. Pemerintah Provinsi Jawa Tengah pun telah menetapkan Boyolali sebagai salah satu sentra pengembangan pertanian organik berbasis komoditas hortikultura (sayuran dan buah-buahan) bersama Kabupaten Magelang dan Tegal.



Gambar 1. Pengajuan pengembangan pertanian Organik di Boyolali

Sumber: Pemerintah Provinsi Jawa Tengah

Pertanian di Kabupaten Boyolali memegang peranan penting dalam mendukung ketahanan pangan lokal. Meski memiliki basis demografis petani yang besar, yaitu mencapai lebih dari 166 ribu rumah tangga petani, praktik pertanian di Boyolali kini menghadapi kendala

pelik akibat anomali iklim global dan fluktuasi cuaca ekstrem. Berdasarkan observasi dan kajian BMKG lokal, pola musim di 15 kecamatan di Boyolali menunjukkan pergeseran mengkhawatirkan. Awalan dan durasi musim hujan makin sulit diprediksi, disertai frekuensi kekeringan yang tidak menentu. Dampaknya, sekitar 50% petani melaporkan kesulitan menentukan kalender tanam dan panen yang presisi. Namun, sektor ini menghadapi tantangan besar akibat perubahan iklim dan serangan hama yang semakin intens. Perubahan pola cuaca di Boyolali, seperti musim hujan yang lebih pendek dan musim kemarau yang lebih panjang, telah mempengaruhi pola tanam petani. Dampaknya, petani kesulitan menentukan waktu tanam dan panen yang tepat.



Gambar 2. Grafik musim hujan dan kemarau
Sumber: (Murtiati & Norma, 2019, 737)

Kondisi tersebut diperparah oleh masifnya serangan Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT) saat transisi musim. Data Dinas Pertanian Kabupaten Boyolali mencatat puluhan hingga ratusan hektar komoditas hortikultura dan pangan mengalami kerusakan berat akibat serangan penggerek batang, penyakit blas, hama tikus, hingga wereng dan kutu daun. Pada sistem pertanian organik yang berpantang pestisida sintesis, keterpaparan lingkungan terbuka (*open field*) ini menjadi ancaman fatal bagi kelangsungan produksi.



Gambar 3. Kerusakan hasil panen akibat Hama
Sumber: GDM (PT. Graha Alam Sempurna)

Untuk mengatasi masalah ini, dibutuhkan desain green house yang mampu menciptakan lingkungan tumbuh terkendali bagi tanaman. *Greenhouse* dengan pendekatan arsitektur berkelanjutan menawarkan solusi yang optimal, dengan memanfaatkan teknologi pengaturan iklim, irigasi efisien, serta bahan-bahan ramah lingkungan. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan produksi pertanian, melindungi tanaman dari kondisi iklim ekstrim dan serangan hama, serta mendukung keberlanjutan lingkungan. Rumusan masalah utama dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang *Greenhouse Building* di Boyolali yang mampu memitigasi dampak perubahan iklim dan serangan hama secara pasif maupun aktif tanpa mengabaikan kelestarian lingkungan.

KAJIAN PUSTAKA

Konsep dan Fungsi *Greenhouse Building*

Greenhouse adalah struktur bangunan yang dirancang untuk menciptakan kondisi iklim yang terkendali guna mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Indrajati, 2022). Menurut Nelson & Ehlers (1984), *greenhouse* melindungi tanaman dari kondisi lingkungan yang ekstrim seperti suhu rendah, curah hujan yang tinggi, dan angin kencang, serta mengatur kelembaban, suhu, dan intensitas cahaya.

Greenhouse telah digunakan secara luas di wilayah subtropis dan tropis, terutama untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Klasifikasi *greenhouse* dapat dilihat dari material, teknologi, dan bentuk atap yang digunakan (Setiawan et al., 2020).

Klasifikasi berdasarkan tingkat teknologi, seperti yang dikemukakan oleh Greenlife Industry (2005), meliputi tiga tingkatan:

- Low technology greenhouse*, umumnya menggunakan plastik sebagai selubung dan memiliki sistem kontrol lingkungan yang minimal, struktur sederhana (tinggi <3 m), dan tanpa tiang dinding vertikal yang jelas.
- Medium technology greenhouse*, dilengkapi dengan sistem otomatisasi seperti irigasi dan ventilasi, yang ideal untuk iklim tropis, memiliki dinding vertikal (tinggi 3–4 m, puncak hingga 5,5 m), dan dilengkapi sistem kontrol semi-otomatis (seperti *timer* irigasi).
- High technology greenhouse*, menggunakan selubung kaca atau polikarbonat, struktur masif (tinggi dinding >4 m hingga 8 m), dan

dilengkapi kontrol otomatis penuh berbasis sensor (suhu, kelembaban, pencahayaan).

Untuk wilayah beriklim tropis seperti Boyolali yang memiliki curah hujan dan kelembaban tinggi, tipologi bangunan harus memprioritaskan pembuangan panas alami. Bentuk atap seperti *Gable* (pelana), *Sawtooth* (gigi gergaji), atau *Multispan* dengan bukaan ventilasi puncak (*roof vent*) sangat disarankan guna menghindari *overheating* di dalam ruang tanam (Omer, 2008).

Prinsip Arsitektur Berkelanjutan

Arsitektur berkelanjutan adalah pendekatan desain yang meminimalkan dampak negatif bangunan terhadap lingkungan dengan menggunakan energi dan sumber daya secara efisien. Menurut Ramadhanty et al. (2020), prinsip utama arsitektur berkelanjutan mencakup:

- a. Efisiensi energi: Penggunaan sumber energi terbarukan seperti panel surya dan Boiler Massa untuk mengurangi konsumsi energi konvensional.
- b. Pengelolaan air: Sistem irigasi yang hemat air seperti drip irrigation, yang dapat mengurangi penggunaan air hingga 80-95% (Jha et al., 2018).
- c. Material ramah lingkungan: Penggunaan bahan daur ulang dan ramah lingkungan seperti bambu, baja ringan, dan bahan alami lainnya yang membantu mengurangi emisi karbon.

Dalam konteks *greenhouse*, penerapan arsitektur berkelanjutan membantu mengoptimalkan penggunaan energi dan air, serta meningkatkan ketahanan bangunan terhadap perubahan iklim.

Contoh penerapan arsitektur berkelanjutan dalam *greenhouse* adalah Garden by the Bay di Singapura, yang menggunakan teknologi seperti penampungan air hujan, panel surya, dan biomassa sebagai sumber energi. Menurut Ponce et al. (2014), desain ini menciptakan ekosistem mandiri yang efisien dalam pengelolaan energi dan air, sekaligus mengurangi jejak karbon. Konsep ini menginspirasi penerapan serupa pada *greenhouse* di Boyolali, disesuaikan dengan kondisi iklim dan sumber daya lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif yang dipadukan dengan

metode perancangan arsitektur berorientasi pemecahan masalah (*problem-based design methodology*). Metode penelitian yang digunakan dalam perancangan *greenhouse* ini meliputi:

a. Pengumpulan Data Primer

Data primer diperoleh dari observasi lapangan dan wawancara dengan petani setempat. Observasi lapangan dilakukan dengan memetakan kondisi fisik dua calon tapak di Boyolali Utara (Kecamatan Simo dan Karanggede). Parameter yang diamati mencakup eksisting topografi, orientasi matahari, pola angin lokal, kontur, aksesibilitas, serta vegetasi eksisting.

b. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder melibatkan studi pustaka dari jurnal-jurnal arsitektur dan pertanian.

c. Tahap Analisis dan Sintesis

Data dianalisis secara komparatif untuk menentukan tapak terpilih di Kecamatan Karanggede berdasarkan pertimbangan zona ketersediaan air, kemudahan akses distribusi, dan regulasi lokal. Analisis dilanjutkan dengan menitikberatkan pada fungsi (ruang tanam, pembibitan, pengemasan, sarana pendukung), kebutuhan tata cahaya/penghawaan, serta skema utilitas ramah lingkungan.

d. Tahap Konsep dan Transformasi Desain

Desain didasarkan pada pendekatan arsitektur berkelanjutan, menggunakan sistem irigasi efisien dan material yang ramah lingkungan.

HASIL DAN ANALISA

Konsep Perancangan

Penelitian ini menganalisis berbagai aspek penting dalam perancangan *greenhouse* yang berfokus pada peningkatan ketahanan dan produktivitas tanaman di tengah tantangan perubahan iklim dan serangan hama. Berikut adalah hasil dan analisis dari beberapa komponen utama:

1. Sistem Pengendalian Iklim

Dalam *greenhouse* yang dirancang, sistem pengendalian iklim menjadi komponen utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi otomatisasi, seperti sensor suhu dan kelembaban, mampu menjaga kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman. Penerapan sistem ini memungkinkan pengontrolan suhu dengan tingkat akurasi

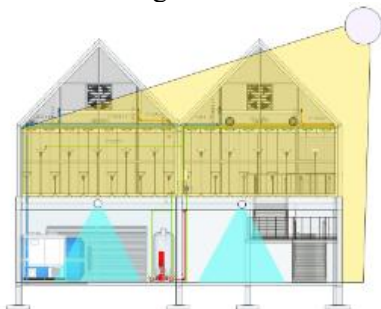
yang tinggi, menjaga suhu antara 18°C hingga 25°C, yang ideal untuk tanaman hortikultura di Boyolali. Selain itu, kelembaban dapat diatur sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga lingkungan dalam *greenhouse* selalu terkendali.



Gambar 4. Sistem Automasi dan Monitoring
sumber: hdi.global

2. Sistem Pencahayaan Buatan

Analisis lebih lanjut dilakukan pada sistem pencahayaan buatan yang diintegrasikan ke dalam *greenhouse*. Sistem pencahayaan ini menggunakan lampu LED hemat energi yang mampu memberikan pencahayaan spektrum penuh, sesuai dengan kebutuhan fotosintesis tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencahayaan buatan ini efektif meningkatkan produksi tanaman, terutama pada musim hujan atau cuaca mendung, di mana intensitas sinar matahari berkurang.



Gambar 5. Pencahayaan Buatan Greenhouse
Sumber: Penulis

Tabel 1. Sistem Pencahayaan Buatan Greenhouse

Ruang	Luas Ruang (m ²)	Kebutuhan Cahaya (lumen/m ²)	Total Kebutuhan Cahaya (lumen)
Area Penanaman Hidroponik	62.8 m ²	500	31,400 lumen
Area Pemanenan	75.35 m ²	500	37,675 lumen

Area Peletakan Hasil Panen	192.59 m ²	500	96,295 lumen
Ruang Kontrol Sistem Hidroponik	78.48 m ²	500	39,240 lumen
Ruang Kontrol Sistem Irigasi	62.21 m ²	500	31,105 lumen
Ruang Kontrol Sistem Pengaturan Iklim	121.62 m ²	500	60,810 lumen

Sumber: (Illuminance - Recommended Light Levels, n.d.)

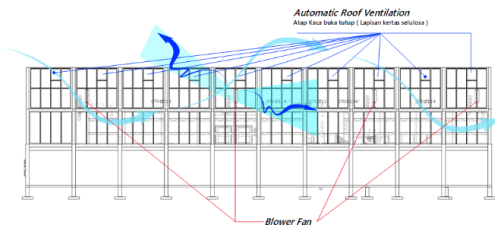
3. Sistem Irigasi Efisien

Sistem irigasi tetes yang diterapkan dalam *greenhouse* mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Berdasarkan analisis, sistem ini mampu mengurangi konsumsi air hingga 40% dibandingkan metode irigasi tradisional. Air diberikan langsung ke akar tanaman melalui pipa-pipa kecil, yang mencegah penguapan berlebih dan menjaga konsistensi pasokan air pada tanaman.

Selain efisiensi air, hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan sistem irigasi tetes ini berkontribusi pada peningkatan kualitas tanaman. Tanaman menerima air secara merata dan tepat waktu, sehingga tanaman lebih sehat dan produktif. Ini berdampak pada peningkatan hasil panen hingga 20%, terutama untuk tanaman hortikultura seperti sayuran dan buah-buahan.

4. Sistem Ventilasi dan Sirkulasi Udara

Ventilasi yang baik sangat penting dalam *greenhouse* untuk mencegah panas berlebih dan menjaga sirkulasi udara yang sehat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ventilasi alami yang dipadukan dengan ventilasi mekanis menghasilkan distribusi udara yang merata di seluruh ruangan *greenhouse*. Ventilasi mekanis menggunakan exhaust fan yang diaktifkan otomatis berdasarkan sensor suhu dan kelembaban.



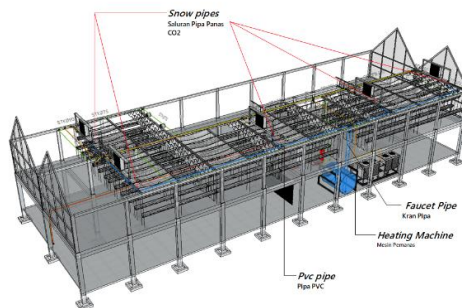
Gambar 6. Ventilasi dan Sirkulasi udara *Greenhouse*
Sumber : penulis

Penggunaan sistem ventilasi yang efektif ini mengurangi risiko penumpukan kelembaban berlebih, yang dapat menyebabkan penyakit tanaman akibat jamur atau bakteri. Sirkulasi udara yang baik juga membantu dalam menjaga stabilitas suhu di seluruh area *greenhouse*, mencegah zona panas yang berpotensi merusak tanaman.

Greenhouse dilengkapi juga dengan sistem ventilasi buatan yang berfungsi untuk menjaga dan menyesuaikan suhu agar optimal bagi pertumbuhan tanaman selama masa pertumbuhannya.

a. Sistem Pemanas *Greenhouse*

Pemanas *greenhouse* dapat beroperasi sepanjang tahun dan menggunakan berbagai sumber energi seperti geothermal, kombinasi energi panas dan listrik, gas alam. Tangki penyimpanan panas berfungsi sebagai penyangga panas dalam sistem pemanas *greenhouse*, memastikan distribusi panas yang merata sepanjang hari.

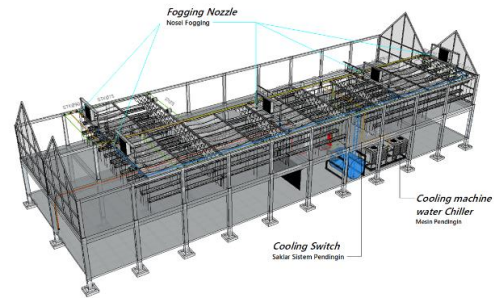


Gambar 7. Sistem Pemanas *Greenhouse*
Sumber: penulis

b. Sistem Pendingin *Greenhouse*

Fogging merupakan teknologi inovatif yang menggabungkan irigasi dan pendinginan untuk *Greenhouse*, tersedia dalam opsi tekanan rendah dan tinggi. Sistem fogging kami menggunakan nosel khusus untuk menghasilkan kabut dingin yang meningkatkan kelembaban udara dan

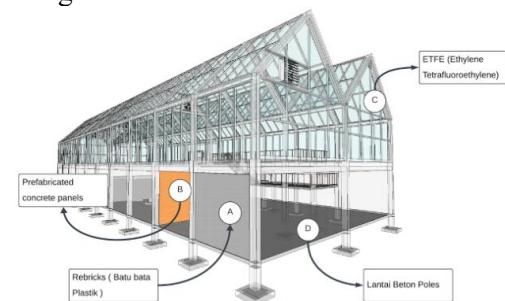
menurunkan suhu *greenhouse* secara efektif, tanpa resiko kerusakan tanaman.



Gambar 8. Sistem Pendingin *Greenhouse*
Sumber : penulis

5. Penggunaan Material Bangunan Ramah Lingkungan

Analisis bahan bangunan untuk green house berfokus pada pendekatan arsitektur berkelanjutan, menentukan material yang tepat untuk dinding, atap, lantai, insulasi, pelapis. Tujuannya adalah memastikan kesesuaian material dengan prinsip keberlanjutan dan kebutuhan fungsional bangunan.



Gambar 9. Penggunaan Material Bangunan Ramah Lingkungan
Sumber : penulis

Material bangunan yang menggunakan berbagai material dan teknik konstruksi modern. Elemen-elemen yang ada dalam gambar diatas:

1. ETFE (Ethylene Tetrafluoroethylene): Terletak di bagian atap, ETFE adalah bahan yang ringan dan transparan. Bahan ini memungkinkan cahaya alami masuk ke dalam ruangan, mengurangi kebutuhan pencahayaan buatan dan menghemat energi. Selain itu, ETFE memiliki daya tahan yang tinggi dan dapat didaur ulang.
2. Prefabricated Concrete Panels: Panel beton prefabrikasi digunakan sebagai dinding bangunan. Proses prefabrikasi mengurangi limbah konstruksi dan waktu pembangunan. Selain itu, panel ini

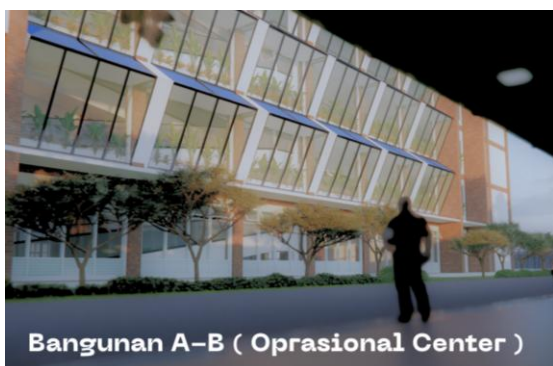
- dapat dirancang untuk meningkatkan efisiensi energi dengan isolasi yang baik.
3. Rebricks (Batu bata Plastik): Batu bata yang terbuat dari plastik daur ulang ini merupakan inovasi yang ramah lingkungan. Penggunaan material daur ulang mengurangi limbah plastik dan memberikan alternatif yang kuat dan tahan lama untuk bahan bangunan tradisional.
 4. Lantai Beton Poles: Lantai yang terbuat dari beton yang dipoles memberikan tampilan modern dan tahan lama. Beton juga memiliki kemampuan untuk menyimpan panas, yang dapat membantu mengatur suhu dalam ruangan, sehingga mengurangi penggunaan pemanas atau pendingin.

Hasil Perancangan

Berikut adalah gambar desain perancangan *greenhouse*.



Gambar 10. Bangunan A-B (*Operasional Center*)
Sumber : penulis



Gambar 11. Tampak Samping Bangunan A-B (*Operasional Center*)
Sumber : penulis



Gambar 12. Tampak Depan Bangunan A-B (*Operasional Center*)
Sumber : penulis



Gambar 13. Ruang Pusat Informasi Bangunan A-B (*Operasional Center*)
Sumber : penulis



Gambar 14. Distribusi Area Bangunan C
Sumber : penulis



Gambar 15. *Greenhouse Building*
Sumber : penulis

KESIMPULAN

Perancangan *Greenhouse Building* di Kabupaten Boyolali berpendekatan arsitektur berkelanjutan terbukti menjadi solusi arsitektural yang komprehensif dalam mengatasi tantangan anomali iklim dan ancaman OPT pada pertanian organik. Integrasi bentuk atap *Gable-Multispan* ber-ventilasi puncak, penggunaan selubung *ETFE* dan *Insect Net*, serta penerapan sistem pendingin kabut (*fogging*) berhasil menciptakan iklim mikro yang stabil dan terlindung bagi tanaman hortikultura tropis. Selain itu, penerapan irigasi tetes presisi, pemanenan air hujan, pemanfaatan material daur ulang (*Rebricks*), serta pengelolaan limbah biomassa mandiri secara signifikan menekan jejak ekologis dan tingkat konsumsi energi bangunan. Implementasi konsep ini diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas panen petani organik di Karanggede, melainkan juga menjadi model preseden fasilitas agrikultur berkelanjutan di kawasan pedesaan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Boyolali. (2020). *Kabupaten Boyolali dalam Angka 2020*. BPS Kabupaten Boyolali.
- Greenlife Industry. (2005). *Greenhouse Options for Australian Horticulture: Structures and Technology*. Nursery & Garden Industry Australia.
- Murtiati, S., & Norma, M. (2019, juli 17). Respon Penyuluh pada dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian di boyolali. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah*.
<https://jurnalhpt.ub.ac.id/index.php/jhpt/article/view/352/342>
- Setiawan, R., Ulfah, H., Miftahuljannah, Ajza, D. S., & Setiawan, B. (20, 12 12). Penggunaan Green House untuk Budidaya Hortikultura di Halaman Sekolah SD Negeri 063 Lagi Agi. *Journal Lepa-lepa open*, 3(1), 480-487.
<https://ojs.unm.ac.id/JLLO/index>
- Ramadhanty, A. H., Yuliarso, H., & Prodi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. (2020, jan). penerapan prinsip arsitektur berkelanjutan pada desain taman budidaya burung walet di karanganyar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Arsitektur*, 3(1), 230-241.
<https://jurnal.ft.uns.ac.id/index.php/senthong>
- Illuminance - Recommended Light Levels*. (n.d.). The Engineering ToolBox. Retrieved June 26, 2024, from https://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html
- Ponce, P., Molina, A., Cepeda, P., Lugo, E., & MacCleery, B. (2014). *Greenhouse Design and Control*. Taylor & Francis Group.
- Pemerintah Kabupaten Boyolali. (2021). Hama Tanaman Mulai Menyerang. Retrieved February 14, 2024, from <https://boyolali.go.id/news/hama-tanaman-mulai-menyerang>
- Nelson, N. D., & Ehlers, P. (1984). Comparative carbon dioxide exchange for two *Populus* clones grown in growth room, greenhouse, and field environments. *Canadian Journal of Forest Research*, 14(4).
<https://doi.org/10.1139/x84-164>
- Jha, B. K., S. Mali, S., & Naik, S. K. (2018). Optimal Planting Geometry and Growth Stage Based Fertigation in Vegetable Crops. *ICAR-Research Complex for Eastern Region*. DOI:10.13140/RG.2.1.1717.6564
- Omer, A. n. M. (2008, December 29). Constructions, applications and the environment of greenhouses. *African Journal of Biotechnology*, 8(25), 7205-7227.
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/77710>
- Indrajati, S. B. (2022). *Persyaratan teknis pembangunan green house sarana budidaya florikultura*. Direktorat Buah dan Florikultura Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian Tahun 2022.