

Kajian Utilitas Ruangan Terhadap Pertumbuhan *Microgreens* Pakcoy Menggunakan Kombinasi Cahaya Monokromatik dan Gelombang *Sonic Bloom*

Room Utility Study on the Growth of Pakcoy Microgreens Using a Combination of Monochromatic Light and Sonic Bloom Waves

Tryo Brillyan Nugraha¹⁾, Nanang Saiful Rizal²⁾

¹Teknik-Sipil-Universitas Muhammadiyah Jember
email: iyatryo@gmail.com

²Teknik-Sipil-Universitas Muhammadiyah Jember
email: nanangsaifulrizal@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pengaruh utilitas ruangan terhadap pertumbuhan *microgreens* pakcoy dengan menggunakan cahaya monokromatik dan gelombang *sonic bloom* dalam inkubator *smartplant*. Tujuannya adalah mengoptimalkan pertumbuhan *microgreens* pakcoy melalui pengaturan cahaya dan suara serta menganalisis dampaknya pada pertumbuhan tanaman. Metodenya melibatkan intensitas cahaya berdasarkan kombinasi cahaya monokromatik dengan durasi penyinaran 16 jam (maksimal) dan 6 jam (minimal). Eksplorasi penggunaan gelombang *sonic bloom* juga dilakukan dengan hasil positif pada pertumbuhan akar. Temuan utama menunjukkan kombinasi cahaya monokromatik memberikan dampak positif pada pertumbuhan *microgreens*, termasuk karakteristik pertumbuhan yang lebih baik dan warna klorofil yang lebih intens. Penggunaan gelombang *sonic bloom* juga meningkatkan panjang dan percabangan akar. Pengkajian utilitas ruangan menyoroti pentingnya suhu, kelembaban merata, dan penempatan penyinaran yang tepat dalam inkubator. Temuan ini dapat diaplikasikan dalam pertanian dalam ruangan dan urban farming untuk merancang sistem pertanian yang efisien dan berkualitas tinggi, independen dari kondisi cuaca dan musim.

Kata kunci : *Utilitas, Pertanian Dalam Ruangan, Smartfarming, Microgreens.*

Abstract

This study analyzes the influence of room utility on the growth of microgreens pakcoy using monochromatic light and sonic bloom waves in a smartplant incubator. The aim is to optimize the growth of microgreens pakcoy through light and sound manipulation, while also examining their effects on plant growth. The method involves varying light intensities based on monochromatic light combinations, with exposure durations of 16 hours (maximum) and 6 hours (minimum). Exploration of sonic bloom wave utilization was also carried out, yielding positive results on root growth. The main findings reveal that the monochromatic light combination has a positive impact on microgreens growth, including improved growth characteristics and more intense chlorophyll coloration. The use of sonic bloom waves also enhances root length and branching. The assessment of room utility emphasizes the importance of even temperature, humidity distribution, and proper light placement within the incubator. These findings can be applied to indoor and urban farming to design efficient and high-quality agricultural systems, irrespective of weather conditions and seasons.

Keywords : *Utility, Indoor Farming, Smartfarming, Microgreens.*

1. PENDAHULUAN

Sayuran memainkan peran penting dalam menentukan opsi makanan sehat untuk meningkatkan fungsi metabolisme dan kekebalan tubuh manusia, terutama dalam tren gaya hidup mengonsumsi makanan organik yang sehat yang semakin populer. Budidaya tanaman di dalam ruangan dengan konsep urban farming menjadi tren pertanian perkotaan yang sedang naik daun saat ini. Metode penanaman *microgreens* menjadi pilihan populer di kalangan masyarakat perkotaan untuk memanfaatkan lahan yang terbatas. *Microgreens* adalah tanaman muda yang dipanen dan bisa dikonsumsi pada tahap pertumbuhan awal dalam ukuran kecil. *Microgreens* memiliki perbedaan khusus dari kecambah dan sayuran hijau biasa. Waktu panen *microgreens* berkisar antara 7 hingga 14 hari setelah fase perkecambahan tergantung pada jenis tanaman dan perkembangan kotiledon (Xiao et al., 2016). *Microgreens* mengandung kandungan vitamin yang kompleks dan bermanfaat bagi kesehatan manusia, bahkan lebih tinggi dibandingkan dengan sayuran dewasa. Vitamin yang terdapat dalam *microgreens* termasuk vitamin A yang berperan dalam menjaga kesehatan sistem pencernaan, vitamin C yang membantu meningkatkan daya tahan tubuh, vitamin K yang berkontribusi pada kesehatan jantung, dan beberapa jenis vitamin B seperti vitamin B6.

Dalam sistem budidaya dalam ruangan, tanaman dapat memanfaatkan paparan sinar matahari secara efektif untuk melakukan fotosintesis. Penggunaan cahaya buatan untuk menggantikan sinar matahari harus mempertimbangkan kualitasnya agar proses fotosintesis tanaman dapat berlangsung secara optimal. Saat fotosintesis terjadi, klorofil mampu menyerap cahaya dengan panjang gelombang antara 400 hingga 500 nm (gelombang biru) hingga 600 hingga 700 nm (gelombang merah). Oleh karena itu, cahaya buatan yang digunakan untuk pertumbuhan tanaman harus memancarkan gelombang yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Ikrarwati et al., 2020). Pemanfaatan kombinasi lampu LED berwarna merah, putih, dan biru selama 16 jam

telah terbukti memberikan sejumlah dampak positif pada pertumbuhan selada.

Kombinasi ini memungkinkan penyediaan spektrum cahaya yang optimal untuk proses fotosintesis. Lampu LED merah memberikan rangsangan yang diperlukan untuk mempercepat proses pembungaan dan pembentukan buah, sementara lampu LED biru merangsang pertumbuhan vegetatif seperti pertumbuhan daun dan akar. Penggunaan cahaya putih dalam kombinasi ini diharapkan mampu memberikan spektrum cahaya yang seimbang, yang mendukung proses fotosintesis dengan lebih efisien. Selain cahaya, faktor-faktor lain yang memiliki dampak signifikan pada fotosintesis tanaman adalah ketersediaan karbon dioksida (CO₂), air, dan nutrisi. Tanaman membutuhkan CO₂ sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis, sementara air dan nutrisi memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan keseluruhan tanaman. Menjaga keseimbangan yang baik antara cahaya, CO₂, air, dan nutrisi merupakan variabel utama yang diperlukan untuk mencapai pertumbuhan yang optimal, sehingga menghasilkan hasil panen yang optimal dalam budidaya selada maupun jenis tanaman lainnya. Proses fotosintesis yang mencapai kondisi optimal akan berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang paling maksimal. Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman secara maksimal adalah melalui penggunaan gelombang suara yang disebut dengan istilah "*sonic bloom*". *Sonic bloom* merupakan metode yang memanfaatkan gelombang suara frekuensi tinggi untuk merangsang pembukaan stomata pada tanaman.

A. Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, Tujuan penelitian ini ialah :

1. Menilai dan mengoptimalkan rancangan media tanam *microgreens* dengan perlakuan presisi untuk mencapai standar kualitas sayuran yang lebih tinggi dan mengurangi kemungkinan risiko kegagalan panen.

2. Menganalisis dampak penggunaan kombinasi cahaya monokromatik terhadap pertumbuhan microgreens dengan tujuan memahami bagaimana spektrum cahaya yang berbeda memengaruhi perkembangan tanaman.
3. Menginvestigasi efek dari penggunaan paparan gelombang sonic bloom terhadap pertumbuhan microgreens, dengan fokus pada peningkatan efisiensi proses fotosintesis dan penyerapan nutrisi.
4. Mengembangkan metode untuk menguji efektivitas pertumbuhan microgreens ketika terpapar kombinasi cahaya monokromatik dan gelombang sonic bloom secara bersamaan, dengan tujuan mengidentifikasi dampaknya terhadap parameter pertumbuhan yang telah diukur.
5. Menganalisis pengaruh utilitas penataan ruangan, meliputi cahaya monokromatik, paparan suara gelombang sonic bloom terhadap pertumbuhan microgreens. Serta memahami bagaimana faktor-faktor lingkungan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman microgreens pakcoy.

B. Manfaat Penelitian

Dari tujuan yang terdapat diatas, manfaat penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat dijadikan sebagai sumber pembelajaran berharga bagi mahasiswa untuk membantu memahami konsep dan penerapan microgreens berbasis sensor dan aktuator dengan lebih mendalam. Juga memiliki manfaat umum dalam mengembangkan sumber daya manusia yang lebih terampil dalam bidang pertanian berbasis teknologi.
2. Penelitian ini memberikan pengalaman praktis tentang penggunaan kombinasi cahaya monokromatik dan sonic bloom dalam sistem microgreens, yang dapat memberikan wawasan praktis kepada para peminat pertanian dan teknologi terkait. Hal ini juga dapat mempromosikan pendekatan inovatif dalam menghasilkan pertanian yang lebih produktif dan efisien.
3. Memberikan wawasan yang lebih dalam tentang bagaimana penataan ruangan dalam menciptakan lingkungan pertumbuhan yang

baik, yang dapat berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman microgreens. Hal ini akan membantu dalam mengembangkan pemahaman lebih baik tentang bagaimana faktor-faktor perencanaan penataan ruang guna menciptakan lingkungan yang memainkan peran penting dalam perkembangan tanaman dalam konteks pertanian cerdas.

4. Menghasilkan rekomendasi yang dapat digunakan dalam merancang sistem pertanian dalam ruangan yang optimal, terutama dalam hal pengaturan paparan cahaya dan gelombang sonic bloom. Ini dapat membantu dalam memaksimalkan hasil panen dan kualitas produk tanaman, serta mengurangi risiko gagal panen.

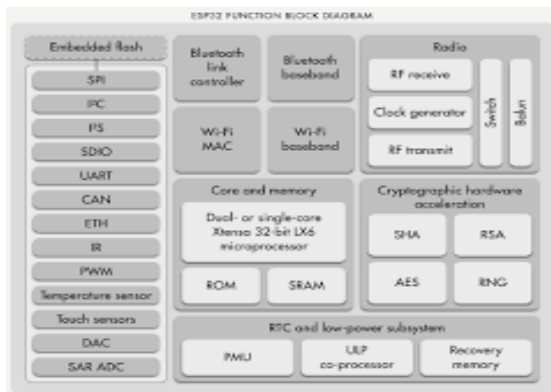
2. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Microgreens*

Microgreens adalah kelas produk yang semakin populer dalam industri pertanian (Corrado et al., 2021). *Microgreens* merupakan bibit tanaman yang dapat dikonsumsi dan dipanen dalam jangka waktu antara 7 hingga 14 hari setelah proses penanaman, ditandai dengan munculnya daun sejati. Tanaman ini sering digunakan di industri restoran untuk memberikan sentuhan estetika pada hidangan, yang sering kali dihidangkan dalam keadaan segar, seperti dalam bentuk salad, sup, atau *sandwich*. Keunikan *microgreens* terletak pada berbagai variasi warna, tekstur renyah, tampilan visual yang menarik, aroma khas, dan rasa yang unik yang membuat sayuran muda ini menjadi menarik.

B. ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif System sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan modul WiFi yang terintegrasi dalam chip, sehingga sangat cocok untuk membuat aplikasi *Internet of Things* (IoT). ESP32 dirancang untuk perangkat seluler, wearable electronics, dan aplikasi IoT.



Gambar 1. Struktur Komponen ESP32

Sumber: embeddednesia.com

Mikrokontroler ini mampu mengoptimalkan konsumsi daya melalui fitur-fitur hemat daya seperti *fine resolution clock gating*, *multiple power modes*, dan *dynamic power scaling*. ESP32 merupakan pengembangan dari ESP8266 yang sangat populer dalam aplikasi IoT. Selain dukungan konektivitas WiFi, ESP32 juga memiliki kemampuan *Bluetooth Low Energy* (BLE), yang membuatnya lebih serbaguna. Meskipun memiliki kesamaan dengan ESP8266 dalam hal CPU Xtensa® LX6 32-bit, ESP32 memiliki keunggulan karena memiliki *dual-core*. Mikrokontroler ini memiliki ROM sebesar 128KB, SRAM sebesar 416KB, dan Flash Memory sebesar 64MB yang digunakan untuk menyimpan program dan data. Berikut ini adalah arsitektur dan diagram blok yang menggambarkan komponen dan struktur ESP32:

C. LED (Light Emitting Diode)

Light Emitting Diode (LED) adalah komponen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik saat diberikan tegangan maju. LED termasuk dalam keluarga dioda, dan komponennya terbuat dari bahan semikonduktor. Warna cahaya yang dipancarkan oleh LED bergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan. Selain itu, LED juga memiliki kemampuan untuk memancarkan sinar inframerah yang tidak terlihat oleh mata manusia, seperti yang sering digunakan pada remote control TV atau perangkat elektronik lainnya. Bentuk fisik LED mirip dengan bola lampu kecil yang mudah dipasang pada berbagai perangkat elektronik.

LED berbeda dari lampu pijar, karena LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga menghasilkan panas yang lebih sedikit saat menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, LED sering digunakan sebagai sumber pencahayaan dalam LCD TV, menggantikan lampu tabung yang lebih konvensional dan konsumsi daya yang lebih tinggi. Penyusun karakteristik warna yang dihasilkan oleh LED disusun oleh berbagai jenis komponen penyusun seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komponen Penyusun LED

Bahan Semikonduktor	Wavelength	Warna
Gallium Arsenide (GaAs)	850-940nm	Infra Merah
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	630-660nm	Merah
Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP)	605-620nm	Jingga
Gallium Arsenide Phosphide Nitride (GaAsP:N)	585-595nm	Kuning
Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP)	550-570nm	Hijau
Silicon Carbide (SiC)	430-505nm	Biru
Gallium Indium Nitride (GaInN)	450nm	Putih

Sumber : www.researchgate.net

D. Pemancar Gelombang Suara

Speaker *mid-range* memiliki karakteristik yang cocok digunakan sebagai pemancar gelombang sonic bloom, speaker ini dirancang khusus untuk menghasilkan suara dalam rentang frekuensi yang mencakup kisaran 500 Hz hingga 5000 Hz. Fokus utama dari speaker jenis ini adalah menghasilkan suara yang jelas dan terfokus pada rentang frekuensi tersebut. speaker *mid-range* sangat penting dalam menyajikan detail vokal, instrumen, dan efek audio dalam musik dan audio rekaman. Ukuran diameter speaker *mid-range* umumnya berkisar antara 4 hingga 6 inci. Ukuran ini dipilih untuk mendukung respons yang baik dalam rentang frekuensi yang menjadi fokusnya. Diameter yang lebih kecil membantu dalam menghasilkan suara yang lebih terfokus dan presisi dalam rentang frekuensi *mid-range*. Ketika digunakan dalam sistem audio, kombinasi speaker *mid-range* dengan speaker *woofers* (rendah) dan *tweeters* (tinggi) dapat menghasilkan reproduksi audio yang seimbang dan berkualitas tinggi di seluruh spektrum frekuensi.

E. Pertanian Dalam Ruangan

Penanaman tanaman dalam lingkungan kota melalui pendekatan yang menghadirkan ruang pertanian dalam suasana terkontrol yang menyerupai pertanian luar ruangan, utilitas

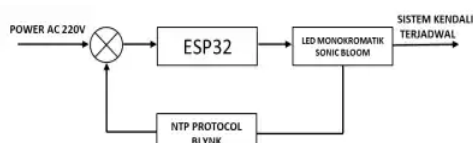
dengan pengaturan cahaya UV, sirkulasi udara, dan suhu yang terkendali dengan baik. Pendekatan *indoor farming*, juga dikenal sebagai pertanian vertikal atau pertanian dalam ruangan, menciptakan sebuah revolusi dalam budidaya tanaman dengan mencanangkan konsep inovatif ini. Tanaman ditanam dalam struktur tertutup seperti rumah kaca, ruangan khusus, atau bahkan dalam kontainer yang diubah fungsi. Metode ini menggabungkan teknologi modern seperti pencahayaan buatan, sistem irigasi yang presisi, dan kontrol lingkungan yang ketat untuk menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan tanaman (Amini Zakiyah, 2021).

3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Perancangan ini merujuk pada penciptaan sistem yang terfokus dan terstruktur. Modul relay digunakan untuk mengatur penyalakan dan pemadaman LED monokromatik yang menghasilkan kombinasi cahaya dengan warna tertentu. Kombinasi cahaya monokromatik ini dapat diatur sesuai dengan fase pertumbuhan *microgreens* pakcoy, menggabungkan warna biru, merah, dan kuning sesuai kebutuhan. Paparan cahaya monokromatik ini memberikan kontribusi penting pada proses fotosintesis yang terjadi pada *microgreens* pakcoy. Di samping itu, untuk mendukung pertumbuhan, paparan gelombang *sonic bloom* juga dimanfaatkan dengan varian frekuensi mulai dari 3000 MHz hingga 5000 MHz.

B. Diagram Blok Sistem

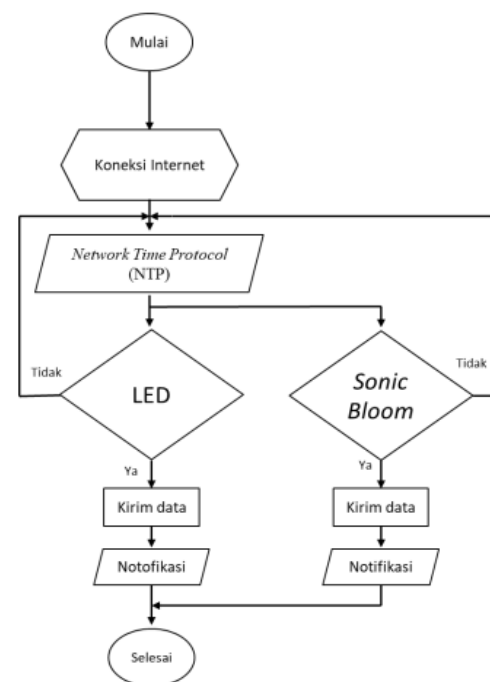


Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Blok diagram ini menjelaskan bagaimana komponen-komponen tersebut bekerja bersama untuk menciptakan sistem yang dapat mengatur pertumbuhan *microgreens* menggunakan cahaya monokromatik dan paparan gelombang *sonic bloom*, dengan pengaturan waktu yang ditentukan oleh NTP dan bisa diakses dan dikontrol melalui aplikasi Blynk. Sistem kendali *smartplant microgreen*

menggunakan pendekatan close loop, di mana ESP32 berfungsi sebagai kontroler utama. Sistem ini bergantung pada *Network Time Protocol* (NTP) untuk mengambil keputusan berdasarkan jadwal yang telah ditentukan oleh pengguna. Jadwal ini diatur melalui aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna untuk mengatur waktu secara tepat. Output dari sistem ini adalah kemampuan untuk mengendalikan LED dengan kombinasi cahaya monokromatik dan *sonic bloom* sesuai jadwal yang ditetapkan. Selain itu, sistem ini juga dapat dikendalikan secara virtual melalui aplikasi Blynk. Dengan demikian, sistem ini menciptakan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan *microgreens* dengan mengatur cahaya dan paparan gelombang suara secara terjadwal, serta memberikan kontrol kepada pengguna melalui antarmuka virtual.

C. Alir Diagram Penelitian



Gambar 3. Diagram Penelitian

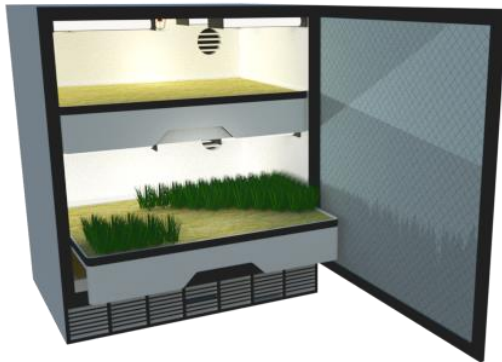
Keterangan:

1. Koneksi internet digunakan untuk menghubungkan alat dengan server.
2. Network Time Protocol (NTP) berperan sebagai protokol pengendali yang mengikuti jadwal dan waktu yang telah diatur oleh pengguna sebelumnya.

3. Fungsi kirim data bertugas mengirimkan keluaran sesuai dengan masukan yang diterima.
4. Sistem notifikasi berperan sebagai pemberi informasi kepada pengguna ketika LED atau sonic bloom telah diaktifkan.

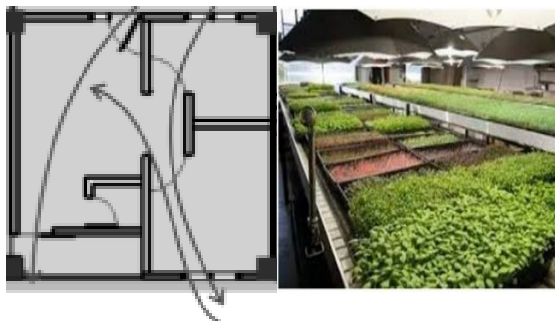
D. Perancangan *Desain Hardware Inkubator Simulasi Ruang*

Rancang desain model inkubator dalam penelitian ini merupakan model *scale mini* yang kemudian hasilnya diperuntukkan untuk diadopsi pada struktural bangunan *indoor farming*. dengan mengatur lingkungan ruangan berdasarkan hasil kajian dari lingkungan yang tercipta dalam inkubator, akan memastikan hasil yang sama ketika diterapkan dalam lingkungan yang besar.



Gambar 4. Rancang *Desain Hardware*

Penting untuk merencanakan pengaturan ruangan dengan sekat-sekat pembagi secara cermat, terutama dalam hal aliran sirkulasi udara agar suhu dapat tersebar merata di seluruh area yang ditanami tanaman, cahaya yang optimal kepada tanaman, perlu dilakukan penempatan titik sumber cahaya dengan strategi yang tepat, seperti pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Utilitas Udara dan Cahaya
Sumber : www.researchgate.net

4. HASIL DAN ANALISA

A. Perakitan Inkubator *Microgreens*

Dalam tahap perakitan inkubator *smartplant microgreens* ini, kami menggunakan bahan plastik dengan ketebalan 2 cm untuk membuat inkubator. Inkubator ini berfungsi sebagai wadah untuk menumbuhkan *microgreens*. Terdapat dua komponen utama dalam *smartplant microgreens*, yaitu *Grow Lamp* sebagai pengganti cahaya matahari yang menggunakan kombinasi cahaya monokromatik merah, biru, dan kuning. Selain itu, terdapat juga komponen Speaker yang menggunakan tiga jenis suara, yaitu angklung paglak, musik metafakta *oxytron*, dan murottal al-Qur'an.

C. Pengujian Kombinasi cahaya Monokromatik

Dalam penelitian ini, fokus peneliti tertuju pada pertumbuhan hipokotil (bagian bawah tunas) *microgreen* pakcoy saat diberi paparan cahaya monokromatik dengan berbagai durasi penyinaran, yakni 3 hingga 12 jam, selama periode penyinaran selama 7 hari. Perbedaan dalam panjang akar dan tinggi *microgreen* pakcoy tampak pada **Gambar 6**.

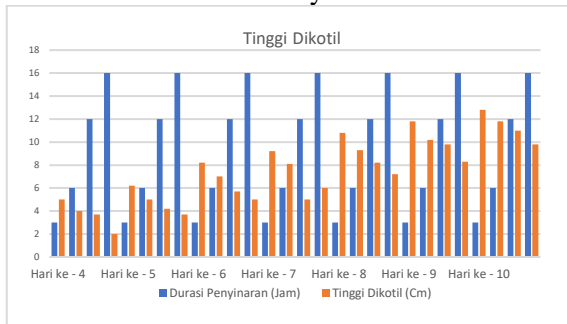


Gambar 6. Hipokotil Pakcoy

Perbedaan yang jelas dalam tinggi hipokotil terlihat dengan jelas, terutama pada kondisi P4 yang memiliki diameter yang paling tinggi. Hal ini terjadi karena durasi penyinaran hanya 3 jam, yang mengakibatkan *microgreen* pakcoy mengalami etiolasi. Etiolasi adalah kondisi pertumbuhan tanaman yang relatif lebih cepat namun tanaman menjadi lebih kurus dan tidak kokoh akibat kurangnya cahaya yang diserap. Kurangnya intensitas cahaya pada pertumbuhan dapat menyebabkan gejala etiolasi, yang ditandai dengan

pertumbuhan batang kecambah yang lebih tinggi namun lebih tipis. Etiolasi terjadi karena pasokan cahaya yang terbatas, sehingga fungsi auksin sebagai penunjang sel-sel pada tanaman menjadi lebih optimal. Sebaliknya, ketika *microgreen* pakcoy mendapat paparan cahaya yang cukup, hal ini menghasilkan pertumbuhan hipokotil yang lebih rendah, seperti yang terjadi pada kondisi P3 (6 jam), P2 (9 jam), dan P1 (16 jam) penyinaran. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa semakin rendah intensitas dan durasi cahaya yang diterima oleh tanaman, maka tinggi hipokotil cenderung lebih tinggi, sesuai dengan apa yang terlihat pada **Tabel 2**.

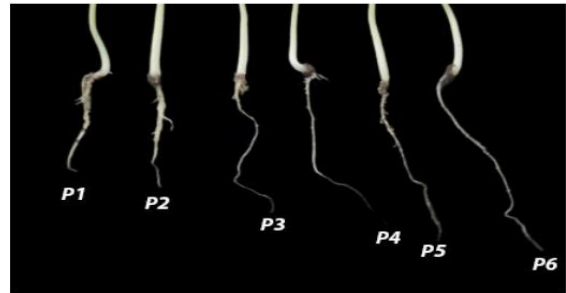
Tabel 2. Grafik Hasil Penyinaran



Hasil menunjukkan bahwa semakin lama durasi penyinaran kombinasi cahaya monokromatik, laju pertumbuhan *microgreen* pakcoy cenderung lebih pendek, tetapi ukuran dikotil menjadi lebih besar dan kokoh. Hasil ini menunjukkan bahwa durasi penyinaran yang lebih lama menghasilkan pertumbuhan yang lebih stabil dan kokoh. Namun, durasi penyinaran antara 12 hingga 16 jam cenderung menghasilkan tinggi dikotil yang relatif rendah dan kokoh.

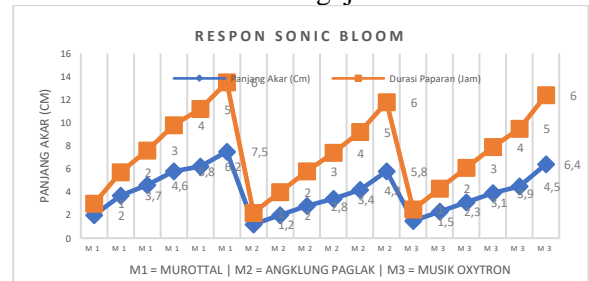
D. Pengujian Sonic Bloom

Frekuensi dibagi menjadi tiga jenis suara yaitu suara angklung paglak, murottal al-qur'an, dan musik metafakta *oxytron*. Ketiga jenis suara tersebut diputar dengan durasi selama 1 hingga 6 jam per hari. Parameter yang diobservasi dalam penelitian ini adalah panjang akar *microgreen* pakcoy saat diberi perlakuan tiga jenis frekuensi dengan durasi yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mengamati perbedaan signifikan dari setiap perlakuan, sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Panjang Akar Akibat Sonic Bloom perbedaan yang sangat mencolok antara enam akar *microgreen* pakcoy yang mewakili berbagai durasi paparan frekuensi *sonic bloom*. Setiap kode angka pada akar menjadi penanda durasi paparan frekuensi *sonic bloom* yang diterapkan. Khususnya, paparan *sonic bloom* dengan durasi 6 jam menunjukkan perbedaan yang lebih signifikan dalam panjang akar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Di sisi lain, paparan *sonic bloom* selama satu jam menghasilkan ukuran akar yang lebih pendek. Perubahan-perubahan yang teramati dalam uji paparan *sonic bloom* dengan durasi 1 hingga 6 jam, dimulai dari hari ke-4 hingga ke-10, seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Grafik Hasil Pengujian *Sonic Bloom*



Terdapat perbedaan yang signifikan dalam panjang akar *microgreen* pakcoy terkait dengan jenis musik yang diberikan serta durasi pemutaran musik. Paparan suara murottal al-Qur'an memiliki dampak yang sangat positif terhadap pertumbuhan panjang akar, terutama dengan durasi pemutaran maksimal 6 jam. Dalam hal ini, paparan suara murottal al-Qur'an berhasil mendorong pertumbuhan akar hingga mencapai panjang 7,5 cm. Di sisi lain, paparan musik metafakta *oxytron* dengan durasi yang sama menghasilkan panjang akar sekitar 6,4 cm, sementara paparan suara angklung paglak memberikan dampak yang sedikit lebih rendah dengan panjang akar sekitar 5,8 cm.

E. Akumulasi Pada Ruangan

pada inkubator smartplant *microgreens* mengungkapkan bahwa parameter uji memiliki nilai yang stabil, menunjukkan konsistensi yang signifikan. Selama pengujian, sumber pencahayaan ditempatkan dalam jarak 30 hingga 50 cm dari media penanaman, menggunakan intensitas cahaya dengan spektrum warna 800 nm. Temuan ini memiliki implikasi yang penting untuk penerapan teknik yang sama pada ruangan yang lebih besar. Posisi sumber cahaya monokromatik yang serupa akan menghasilkan respons pertumbuhan yang sejajar dengan parameter uji.

Penerapan gelombang suara *sonic bloom* dalam ruangan yang lebih besar juga memerlukan ketepatan penempatan pada titik sumber suara. Pada skala inkubator pengujian yang dilakukan memiliki dimensi di bawah 100 cm², dan digunakan 2 speaker. Dalam konteks ruangan yang lebih besar, perlu memastikan tepat agar gelombang suara *sonic bloom* yang dihasilkan oleh speaker memiliki frekuensi yang sesuai dengan kisaran gelombang suara yang dapat didengar oleh telinga manusia, yaitu antara 20 hingga 20.000 Hz.

Selanjutnya, untuk menjaga suhu ruangan agar merata, diperlukan kesetaraan antar sudut ruangan. Pemasangan AC dalam ruangan tertutup dengan termostat yang presisi mampu menghasilkan suhu yang stabil. Namun, penting untuk diingat bahwa penggunaan AC cenderung menyebabkan udara menjadi kering, yang dapat berdampak pada kelembaban media tanam dan udara. Oleh karena itu, langkah penstabilan ruangan seperti penggunaan sprinkler atau semprotan air yang berkelanjutan dapat mempertahankan kelembaban udara dan media tanam pada tumbuhan *microgreens* dengan baik.

5. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian di atas, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut: penggunaan kombinasi cahaya monokromatik pada *microgreen* pakcoy memiliki dampak positif terhadap

pertumbuhan, dengan durasi penyinaran optimal antara 6 hingga 16 jam. Paparan cahaya monokromatik juga berdampak baik pada pertumbuhan dan warna klorofil yang lebih intens. Penggunaan frekuensi *sonic bloom* juga signifikan dalam memengaruhi pertumbuhan akar *microgreen*, dengan frekuensi terbaik adalah *murottal*, *oxytron*, dan *angklung paglak* dengan durasi 6 jam. Hal ini menggambarkan bagaimana pengaturan cahaya dan frekuensi gelombang dapat mempengaruhi karakteristik tumbuhan.

Selain itu, penelitian ini menyoroti pentingnya suhu dan penempatan ruangan dalam pertumbuhan *microgreen*. Temuan ini dapat diterapkan dalam skala besar, seperti bangunan dengan pertimbangan suhu, kelembaban, dan penempatan penyinaran yang tepat dalam ruang inkubator. Dalam konteks pertanian dalam ruangan atau urban *farming*, hasil penelitian ini dapat membantu merancang sistem pertanian yang lebih efisien dan berkualitas tinggi, independen dari kondisi cuaca dan musim.

B. Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diperhatikan untuk meningkatkan kinerja alat dan penerapan penelitian ini meliputi: memanfaatkan pemrosesan citra digital untuk pengukuran yang lebih akurat dan objektif, kolaborasi antardisiplin ilmu untuk pandangan yang lebih luas, penambahan pengatur intensitas cahaya yang fleksibel, penggunaan sensor lux meter untuk akurasi yang lebih baik, penerapan peredam suara untuk fokus frekuensi yang optimal, otomatisasi pergantian frekuensi dengan integrasi IoT, sistem dimmer virtual untuk pengaturan cahaya yang lebih mudah, penyusunan ruangan dengan perencanaan yang baik, perhatikan pengaruh suhu dan kelembaban ruangan terhadap pertumbuhan tanaman. Semua upaya ini diharapkan dapat memperbaiki hasil penelitian dan meningkatkan efisiensi pertanian dalam ruangan serta urban *farming* secara keseluruhan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amini, Z. (2021) 'Membangun Sinergi antar Perguruan Tinggi dan Industri Pertanian dalam Rangka Implementasi Merdeka Belajar Kampus Merdeka', E-ISSN: 2615-7721 Vol 5, No. 1 (2021)
- Amza El Haddaji1, M. A. A. S. A. M. kata B. S. E. M. U. M. K. J. I. P. P. M. B. (2023) 'Pengaruh Light-Emitting Diodes (LEDs) terhadap Pertumbuhan, Kandungan Nitrat dan Osmoprotektan pada Mikrogreen Tanaman Aromatik dan Obat'. doi: 10.3390/horticultura9040494.
- As'adiya, L. and Murwani, I. (2021) PENGARUH LAMA PENYINARAN LAMPU LED MERAH, BIRU, KUNING TERHADAP PERTUMBUHAN MICROGREEN KANGKUNG (*Ipomoea reptant*), Jurnal Folium.
- Corrado, G. et al. (2021) 'Productive and Morphometric Traits, Mineral Composition and Secondary Metabolome Components of Borage and Purslane as Underutilized Species for Microgreens Production', Horticulturae, null, p. null. doi: 10.3390/HORTICULTURAE7080211.
- Ebert, A. (2022) 'Sprouts and Microgreens— Novel Food Sources for Healthy Diets', Plants, 11, p. null. doi: 10.3390/plants11040571.
- Ikrarwati, F. et al. (2020) 'Pengaruh Jarak Lampu LED dan Jenis Media Tanam Terhadap Mikrogreen Basil (*Ocimum basilicum* L.)', null. doi: 10.25047/agropross.2020.7.
- Kadarisman, Agus Purwanto, D. R. (2011) 'Peningkatan Laju Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) melalui Spesifikasi Variabel Fisis Gelombang Akustik pada Pemupukan Daun (melalui perlakuan variasi peak frekuensi)', Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 14 Mei 2011, pp. 453–462.
- Kong, Y., Masabni, J. and Niu, G. (2023) 'Effect of Temperature Variation and Blue and Red LEDs on the Elongation of Arugula and Mustard Microgreens', Horticulturae. doi: 10.3390/horticulturae9050608.
- Nur'aini, D. A. (2017) 'Urban Farming dalam Kampung Vertikal sebagai Upaya Efisiensi Keterbatasan Lahan', JURNAL SAINS DAN SENI POMITS Vol. 6, No. 2 (2017) 2337-3520.
- Rahmani, A. F. et al. (2021) 'Evaluasi Kualitas Nutrisi Microgreen Bayam Merah dan Hijau Menggunakan Cahaya Buatan', Kultivasi, 20(3). doi: 10.24198/kultivasi.v20i3.33365.
- Ribeiro, E. A. et al. (2022) 'Use of Different Artificial Lighting Spectra with Leds in Indoor Production of Arugula Microgreens (*Eruca sativa*)', International Journal of Plant & Soil Science, pp. 168–173. doi: 10.9734/ijpss/2022/v34i2231369.
- Rukmana, S. T. E., Mayub, A. and Medriati, R. (2019) 'Prototype Alat Pendeteksi Dan Pengusir Tikus Pada Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Arduino Uno', Jurnal Kumbaran Fisika, 2(1), pp. 9–16. doi: 10.33369/jkf.2.1.9-16.
- Teguh Hari Santosa, Henik Prayuginingsih, Nanang Saiful Rizal, Muhammad Hazmi (2012) 'Peningkatan Daya Saing Kopi Rakyat di Kabupaten Jember', Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian Volume 6 University of Jember.
- Wijaya, I., Sigmarawan, G. T. and Budisanjaya, I. P. G. (2019) 'LED (Light Emitting Diode) Light Provides Positive Effects on Growth and Productivity of Pakcoy Mustard (*Brassica Rapa* L.)', in IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Institute of Physics Publishing. doi: 10.1088/1755-1315/355/1/012082.
- Xiao, Z. et al. (2016) 'Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties', Journal of Food Composition and Analysis, 49, pp. 87–93. doi: 10.1016/j.jfca.2016.04.006.