Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan
Vol. 13 No. 2 Tahun 2025
P-ISSN 2338-5391 | E-ISSN 2655-9862

PENGARUH SISTEM LAMPU LED DAN REFLEKTOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE DEEP FLOW TECHNIQUE PADA TANAMAN KALE (*Brassica Oleracea* Var. Sabellica)

Lena Afrilia[1], Dafni Mawar Tarigan*[1], Khairul Anuar[2], Munirah Mohamad[2]

[1]Prodi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan. Telp.6622400
[2]MARDI Headquarters, Persiaran MARDI – UPM,
Malaysia 43000, Serdang, Selangor, Malaysia
**Email: dafnimawar@umsu.ac.id.*

ABSTRAK

Tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*) merupakan sayuran bernilai ekonomi tinggi yang membutuhkan pencahayaan cukup untuk menunjang fotosintesis, terutama saat dibudidayakan secara hidroponik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan lampu LED dan reflektor terhadap pertumbuhan kale dengan metode *Deep Flow Technique* (DFT). Penelitian dilakukan pada September 2024 di Pusat Penyelidikan Hortikultura, MARDI Serdang, Malaysia, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan: 4 lampu (4L), 4 lampu dengan reflektor (4 LMR), dan 5 lampu (5L), masing-masing diulang lima kali dengan total 1.000 tanaman. Parameter yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, kadar klorofil, dan *Leaf Area Index* (LAI). Hasil menunjukkan bahwa perlakuan 4 LMR menghasilkan pertumbuhan terbaik, ditandai dengan jumlah daun terbanyak, kadar klorofil tertinggi, dan nilai LAI yang baik. Penggunaan reflektor terbukti meningkatkan efisiensi cahaya dan proses fotosintesis. Sebaliknya, perlakuan 4L menunjukkan hasil terendah akibat pencahayaan yang kurang optimal dan kekurangan nutrisi. Secara keseluruhan, reflektor MARDI efektif meningkatkan pertumbuhan kale dalam sistem hidroponik DFT.

Kata kunci: DFT, Fotosintesis, Hidroponik, Lampu LED, dan Reflektor.

ABSTRACT

Kale (Brassica oleracea var. sabellica) is a high-value vegetable that requires adequate lighting to support photosynthesis, especially when cultivated using a hydroponic system. This study aimed to examine the effect of LED lighting and reflector use on kale growth using the Deep Flow Technique (DFT). The research was conducted in September 2024 at the Horticultural Research Center, MARDI Serdang, Malaysia, using a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments: 4 lamps (4L), 4 lamps with reflector (4 LMR), and 5 lamps (5L), each repeated five times for a total of 1,000 plants. Observed parameters included plant height, number of leaves, chlorophyll content, and Leaf Area Index (LAI). The results showed that the 4 LMR treatment produced the best growth, with the highest number of leaves, the highest chlorophyll content, and good LAI values. The use of reflectors effectively increased light absorption efficiency and photosynthesis. In contrast, the 4L treatment showed the lowest growth due to poor lighting and nutrient deficiencies. Overall, the MARDI reflector proved effective in enhancing kale growth in a DFT hydroponic system.

Key words: DFT, Hydroponics, LED Lights, Photosynthesis, and Reflectors.

PENDAHULUAN

Pertanian modern terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan pangan global yang semakin meningkat di tengah keterbatasan lahan pertanian. Salah satu inovasi penting dalam pertanian modern adalah sistem hidroponik, khususnya dengan penerapan metode Deep Flow Technique (DFT), yang memungkinkan budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah (Dasumiati *et al.*, 2023). Metode ini sangat efisien dalam memanfaatkan air dan nutrisi, serta dapat memaksimalkan penggunaan ruang tanam. Kale (*Brassica oleracea* var. Sabellica), yang dikenal sebagai superfood karena kandungan nutrisinya yang melimpah seperti vitamin A, C, K, serat, dan antioksidan, termasuk salah satu tanaman dengan prospek tinggi untuk dibudidayakan melalui hidroponik (Laki *et al.*, 2021). Penurunan produksi sayuran, termasuk kailan, disebabkan oleh semakin berkurangnya ketersediaan lahan pertanian (Airlangga *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pengembangan teknologi budidaya seperti hidroponik menjadi solusi penting untuk meningkatkan produktivitas tanaman secara berkelanjutan, terutama dalam kondisi keterbatasan lahan.

Pencahayaan memegang peranan penting dalam sistem hidroponik karena memengaruhi proses fotosintesis, pertumbuhan, dan kualitas tanaman (Al Tahtawi & Kurniawan, 2020). Penggunaan lampu LED sebagai sumber cahaya buatan semakin banyak diterapkan karena efisiensinya dalam penggunaan energi, umur pemakaian yang panjang, serta kemampuannya menyediakan spektrum cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, seperti spektrum biru dan merah yang terbukti meningkatkan aktivitas fotosintesis dan produksi biomassa (Restiani *et al.*, 2020). Sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian (Supriani *et al.*, 2021), Lampu LED menawarkan spektrum cahaya yang menyerupai sinar matahari, menjadikannya alternatif yang baik. Meskipun komposisi spektrum warnanya sedikit berbeda, lampu ini tetap efektif, bahkan mampu meningkatkan perkecambahan karena tidak menghasilkan panas berlebih (Haryadi *et al.*, 2020). Metode ini menawarkan berbagai keunggulan, seperti efisiensi penggunaan air dan nutrisi, pengurangan risiko serangan hama dan penyakit, serta kemampuan menghasilkan panen berkualitas tinggi secara berkelanjutan (Supriani *et al.*, 2021). Salah satu metode hidroponik yang menjanjikan untuk budidaya kailan adalah Deep Flow Technique (DFT), yang merendam akar tanaman secara berkala dalam larutan nutrisi. Sistem DFT memiliki keunggulan dalam menyimpan larutan nutrisi sementara saat terjadi gangguan pasokan listrik dan lebih hemat energi dibandingkan metode lain (Latipah, 2023). Efisiensi dan keberlanjutan yang ditawarkan DFT memungkinkan tanaman kailan tumbuh optimal dan menghasilkan panen berkualitas tinggi.

Untuk meningkatkan efisiensi pencahayaan, penggunaan reflektor sebagai pelengkap sistem lampu LED mulai mendapat perhatian. Reflektor berfungsi memantulkan cahaya yang tidak langsung mengenai tanaman, sehingga intensitas pencahayaan yang diterima menjadi lebih merata (Arzita *et al.*, 2023). Hal ini sangat penting dalam sistem hidroponik seperti DFT, karena distribusi cahaya yang optimal dapat meningkatkan keseragaman pertumbuhan tanaman (Asnawi *et al.*, 2021). DFT sendiri dirancang untuk efisiensi dan ketahanan, dengan keunggulan tidak hanya menghemat penggunaan listrik tetapi juga mempercepat siklus pertumbuhan kailan (Anika & Putra, 2020). Pertumbuhan tanaman yang seragam dan perawatan yang lebih mudah menjadi nilai tambah lainnya. Selain itu, kemampuan DFT untuk menjaga kelangsungan hidup tanaman selama pemadaman listrik menjadikan sistem ini sangat cocok untuk diterapkan di berbagai kondisi, terutama di daerah dengan gangguan listrik yang sering terjadi. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan DFT sebagai pilihan menarik bagi petani modern yang menginginkan hasil panen berkualitas tinggi dan berkelanjutan. Fleksibilitas DFT juga memungkinkan budidaya berbagai jenis sayuran daun. Menurut (Anika & Putra, 2020), baik sayuran berpertumbuhan tegak seperti kangkung maupun sayuran berpertumbuhan mendatar seperti selada dapat tumbuh dengan baik menggunakan sistem hidroponik DFT.

Pada metode hidroponik DFT, akar tanaman direndam dalam larutan nutrisi yang mengalir secara konstan. Kedalaman larutan ini diatur hingga mencapai setengah diameter pipa

yang digunakan untuk memastikan efisiensi distribusi nutrisi. Namun, pertumbuhan tanaman hidroponik DFT sering kali terganggu akibat kurangnya perhatian terhadap faktor lingkungan, seperti sirkulasi air, kelembapan, dan suhu. Selain itu, cahaya, yang termasuk faktor krusial untuk proses fotosintesis, juga sering menjadi kendala utama. Intensitas cahaya yang rendah dapat menghambat kemampuan tanaman menghasilkan energi yang diperlukan untuk pertumbuhan. Cahaya matahari atau cahaya buatan, seperti lampu LED, berperan penting dalam proses fotosintesis, di mana energi cahaya diubah menjadi energi kimia untuk mendukung perkembangan tanaman (Supriani *et al.*, 2021). Penelitian (Restiani *et al.*, 2020) memperlihatkan jika intensitas cahaya secara signifikan memengaruhi pertumbuhan tanaman. Untuk mengatasi keterbatasan cahaya alami, terutama di lingkungan terkendali, penggunaan lampu LED yang dilengkapi dengan reflektor menjadi solusi efektif dalam meningkatkan intensitas cahaya yang diterima tanaman, sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung secara optimal.

Reflektor adalah alat yang berfungsi memantulkan cahaya ke arah tertentu sesuai kebutuhan. Dalam konteks pencahayaan tanaman, reflektor digunakan untuk mengarahkan cahaya dari lampu LED agar lebih terfokus pada tanaman, sekaligus mengurangi kehilangan cahaya yang tidak termanfaatkan. Optimalisasi pencahayaan dalam hal ini berarti memastikan tanaman menerima cahaya yang cukup dan merata untuk mendukung proses fotosintesis secara maksimal. Penggunaan kombinasi lampu LED dan reflektor memungkinkan terciptanya lingkungan pencahayaan yang ideal bagi pertumbuhan tanaman, sehingga efisiensi penggunaan cahaya meningkat dan area tanaman yang terkena cahaya menjadi lebih luas. Menurut (Haryadi *et al.*, 2020), durasi pencahayaan optimal untuk tanaman hidroponik adalah sekitar 14-16 jam per hari guna mendukung hasil pertumbuhan yang baik. Namun, seperti yang diingatkan oleh (Hanum & Jazilah, 2021), kebutuhan cahaya pada tanaman dapat bervariasi tergantung pada fase pertumbuhannya. Dalam hal ini, reflektor berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pencahayaan dengan memantulkan cahaya ke seluruh bagian tanaman, memastikan proses fotosintesis berlangsung optimal di seluruh area tumbuh.

Pertumbuhan optimal tanaman kale sangat dipengaruhi oleh intensitas dan spektrum cahaya yang sesuai (Emilga & Sugiono, 2022). Penggunaan lampu LED sebagai sumber cahaya buatan menawarkan efisiensi energi yang tinggi, menjadikannya pilihan yang tepat untuk budidaya tanaman. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kombinasi daya lampu LED dan reflektor yang paling efektif dalam merangsang pertumbuhan vegetatif serta meningkatkan hasil panen tanaman kale. Meskipun manfaat penggunaan lampu LED dan reflektor telah banyak diketahui, penelitian mengenai kombinasi keduanya dalam budidaya kale dengan metode Deep Flow Technique (DFT) masih terbatas. Oleh karena itu, studi ini akan mengkaji pengaruh sistem pencahayaan menggunakan lampu LED dan reflektor terhadap pertumbuhan tanaman kale. Diharapkan, hasil studi ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi budidaya hidroponik yang lebih efisien dan berkelanjutan

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah menggunakan benih Varietas Curly Kale sebagai bahan utama, dipilih karena kemampuannya tumbuh optimal dalam sistem hidroponik. Pupuk yang digunakan adalah pupuk AB, yang terdiri dari campuran elemen makro dan mikro yang esensial untuk mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman, dengan larutan nutrisi disiapkan sesuai dengan rekomendasi pabrikan.

Alat yang digunakan seperti *Chlorophyll Meter* (SPAD), *Leave Area Index* (LAI) dan alat pengukur (Penggaris).

Waktu dan Tempat

Studi ini dilaksanakan di Pusat Penyelidikan Hortikultura, Malaysia Agriculture and Development Institute (MARDI) Serdang, Malaysia, dengan ketinggian tempat 1,400 m di atas permukaan laut dengan suhu nyaman. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2024.

Metode Penelitian

Studi ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk menganalisis pengaruh sistem lampu LED dan reflektor pada budidaya tanaman kale dengan metode Deep Flow Technique (DFT). Sebanyak 1.000 tanaman kale varietas Curly Kale ditanam dan dibagi menjadi 5 ulangan. Dalam setiap ulangan, perlakuan yang diterapkan meliputi tiga sistem pencahayaan: 4 lampu (4L), 4 lampu dengan reflektor (4MRL), dan 5 lampu (5L) untuk menganalisis parameter pertumbuhan tanaman. Pemberian nutrisi menggunakan larutan pupuk AB dengan dosis 1,6 EC untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman sepanjang periode penelitian.

Pelaksanaan Penelitian

Penyediaan Media

Penyediaan media tanam dalam studi ini menggunakan span yang dipotong menjadi kubus kecil. Span tersebut direndam dalam larutan nutrisi hingga jenuh, kemudian bibit kale ditempatkan di tengah-tengah kubus span. Setelah itu, kubus span yang telah berisi bibit kailan diletakkan dalam sistem DFT, memastikan jika aliran air berjalan secara konstan dan larutan nutrisi tersedia dengan cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman kale selama proses pertumbuhannya.

Persemaian

Persemaian kale dalam sistem hidroponik DFT dilakukan dengan menggunakan papan semaian. Dua biji benih diletakkan dalam setiap blok span, sesuai dengan perkiraan tingkat percambahan benih. Persemaian dilakukan ketika tanaman kale mencapai umur dua minggu dan telah memiliki 2 hingga 3 helai daun, memastikan bibit sudah cukup kuat untuk dipindahkan ke sistem hidroponik DFT.

Penanaman

Penanaman kale dilakukan menggunakan media tanam span yang telah dipersiapkan. Pertama, potong span menjadi kubus kecil dan rendam dalam larutan nutrisi hingga jenuh. Setelah itu, tanam semaian kailan pada kubus span yang telah disiapkan dan tempatkan dalam sistem hidroponik DFT dengan aliran air yang konstan. Pastikan larutan nutrisi selalu mencukupi kebutuhan tanaman untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Selama periode pertumbuhan, lakukan pemantauan secara berkala untuk memastikan kondisi air dan nutrisi tetap terjaga, guna memperoleh hasil yang maksimal.

Pemberian Nutrisi

Pemberian nutrisi pada tanaman kale dalam sistem hidroponik DFT dilakukan setiap hari dengan menggunakan larutan pupuk AB yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu pupuk A (unsur makro) dan pupuk B (unsur mikro). Larutan nutrisi ini mengalir secara kontinu melalui akar tanaman, memastikan pasokan nutrisi yang konsisten untuk mendukung pertumbuhan optimal. Sistem DFT memungkinkan tanaman untuk menyerap nutrisi secara langsung dari larutan, mendukung proses fotosintesis, dan mempercepat perkembangan tanaman. Dengan pengelolaan nutrisi yang tepat, tanaman kale dapat tumbuh sehat dan menghasilkan panen yang berkualitas tinggi.

Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kale dengan sistem hidroponik DFT yang dilengkapi dengan lampu LED dan reflektor meliputi pemantauan rutin terhadap kondisi larutan nutrisi, memastikan pH dan konsentrasi nutrisi tetap berada dalam kisaran optimal, serta pengaturan suhu air yang sesuai. Penggunaan reflektor bertujuan untuk memaksimalkan pencahayaan pada tanaman, terutama pada kondisi kurang cahaya matahari. Posisi lampu reflektor harus diatur dengan tepat agar pencahayaan dapat tersebar merata di seluruh tanaman. Selain itu, pemantauan pertumbuhan dan kesehatan tanaman perlu dilakukan setiap hari, serta memastikan sistem DFT berfungsi dengan baik untuk menjaga aliran air yang konstan dan mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal.

Pemanenan

Pemanenan kale dilakukan setelah tanaman mencapai umur 4 minggu atau sekitar ±35 hari setelah penanaman. Pada saat pemanenan, pilih daun-daun yang telah tumbuh dengan baik dan cukup besar, memastikan tanaman tetap sehat dan dapat terus tumbuh.

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan tanaman kale meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, kadar klorofil, dan leaf area index (LAI). Variabel pengamatan tanaman kale dalam studi ini meliputi tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), kadar klorofil (µg/g), dan indeks luas daun (*Leaf Area Index*/LAI). Pengukuran variabel-variabel ini bertujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan dan kualitas tanaman kale dalam sistem hidroponik dengan penggunaan lampu LED dan reflektor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan memperlihatkan jika penggunaan jenis reflektor yang berbeda dan konsentrasi larutan nutrisi yang diaplikasikan berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kale dalam sistem hidroponik DFT. Selain dapat meningkatkan hasil tanaman, penggunaan reflektor MARDI juga berkontribusi dalam mengurangi biaya operasional. Reflektor ini memungkinkan pencahayaan yang lebih efisien, sehingga kebutuhan energi untuk pencahayaan menjadi lebih rendah. Hal ini membantu petani menghemat biaya listrik tanpa mengorbankan kualitas dan kuantitas hasil panen.

Pemilihan jenis reflektor memberikan hasil tertinggi pada umur tanaman 28 MST, dengan pencapaian tinggi tanaman sebesar 18,78 cm, jumlah daun sebanyak 11,78 helai, kadar klorofil 44,31 µg/g, dan Leaf Area Index (LAI) 4,06 m². Secara keseluruhan, penggunaan tiga lampu LED yang dipadukan dengan reflektor MARDI terbukti sebagai solusi yang efektif dan efisien dalam sistem hidroponik. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan hasil tanaman, tetapi juga mengurangi biaya operasional, mendukung keberlanjutan lingkungan, dan mengurangi stres pada tanaman. Dengan berbagai manfaat yang ditawarkan, tidak mengherankan jika reflektor MARDI menjadi pilihan populer di kalangan petani hidroponik.

Tinggi Tanaman

Berdasarkan Tabel 1, memperlihatkan rata-rata tinggi tanaman pada berbagai perlakuan reflektor yang berbeda, terlihat adanya peningkatan tinggi tanaman seiring dengan bertambahnya umur tanaman pada setiap perlakuan. Pada umur 7 MST, perlakuan dengan 5 lampu (5 L) memperlihatkan tinggi tanaman tertinggi yaitu 2,91 cm, diikuti oleh perlakuan 4 lampu (4 L) dengan tinggi 2,58 cm, dan perlakuan 4 lampu dengan reflektor MARDI (4 LMR) yang memiliki tinggi tanaman 2,84 cm.

Tabel 1. Rata-Rata Tinggi Tanaman

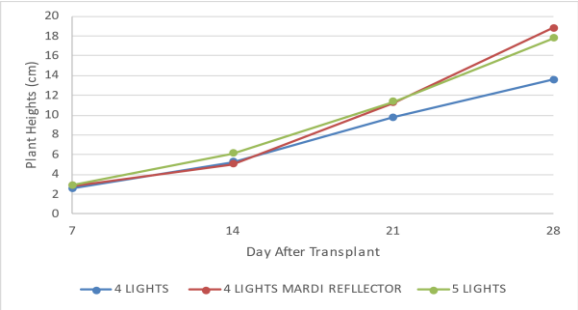
Perlakuan	Pencahayaan	Tinggi Tanaman (cm)			
		7 Mst	14 Mst	21 Mst	28 Mst
L_1	4 Lampu	2,58	5,22	9,78	13,56
L_2	4 Lampu dengan Reflektor	2,84	5,00	11,22	18,78
L_3	5 Lampu	2,91	6,11	11,33	17,78

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memperlihatkan tidak berbeda nyata pada uji analisis ragam taraf 5%.

Pada umur 14 MST, tanaman dengan perlakuan 5 L juga memperlihatkan hasil yang lebih baik dengan tinggi 6,11 cm, sedangkan perlakuan 4 L dan 4 LMR masing-masing memiliki tinggi tanaman 5,22 cm dan 5,00 cm. Perbedaan ini memperlihatkan jika tambahan lampu dapat berkontribusi pada peningkatan pertumbuhan tanaman, meskipun reflektor MARDI juga memberikan pengaruh positif. Pada umur 21 MST, ketiga perlakuan memperlihatkan tinggi tanaman yang semakin mendekati hasil optimal. Perlakuan 5 L dan 4 LMR memiliki hasil yang cukup baik, masing-masing dengan tinggi 11,33 cm dan 11,22 cm, sedangkan perlakuan 4 L masih sedikit lebih rendah dengan tinggi 9,78 cm.

Pada umur 28 MST, perlakuan 4 LMR menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yaitu 18,78 cm, diikuti oleh perlakuan 5 L dengan tinggi 17,78 cm, dan perlakuan 4 L dengan tinggi 13,56 cm. Hal ini memperlihatkan jika perlakuan dengan reflektor MARDI memberikan peningkatan yang signifikan dalam pertumbuhan tanaman kale, terutama pada fase pertumbuhan lanjut, dibandingkan dengan perlakuan tanpa reflektor. Penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, yang tercermin pada peningkatan yang signifikan pada umur 28 MST. Hal ini memperlihatkan jika penggunaan reflektor dapat meningkatkan efisiensi pencahayaan, yang berkontribusi pada pertumbuhan tanaman yang lebih optimal dapat di lihat pada bentuk Grafik pada Gambar 1

P-ISSN 2338-5391 | E-ISSN 2655-9862



Gambar 1. Grafik Tinggi Tanaman terhadap Perlakuan Reflektor yang berbeda.

Jumlah Daun

Berdasarkan Tabel 2, yang memperlihatkan rata-rata jumlah daun pada tanaman kale terhadap perlakuan reflektor yang berbeda, terlihat jika jumlah daun pada setiap perlakuan mengalami peningkatan yang konsisten seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Pada umur 7 MST, perlakuan dengan reflektor MARDI (4 LMR) menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu 6,44 helai, diikuti oleh perlakuan dengan 5 lampu (5 L) yang memiliki jumlah daun 6,11 helai, dan perlakuan dengan 4 lampu (4 L) yang memiliki jumlah daun 5,78 helai. Peningkatan jumlah daun ini memperlihatkan jika penggunaan reflektor dapat memberikan pengaruh positif pada perkembangan daun tanaman.

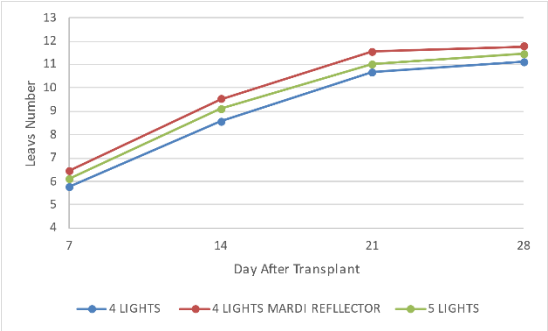
Tabel 2. Rata-Rata Jumlah Daun

Perlakuan	Pencahayaan	Jumlah Daun (helai)			
		7 Mst	14 Mst	21 Mst	28 Mst
L_1	4 Lampu	5,78	8,56	10,67	11,11
L_2	4 Lampu dengan Reflektor	6,44	9,51	11,56	11,78
L_3	5 Lampu	6,11	9,11	11,00	11,44

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memperlihatkan tidak berbeda nyata pada uji analisis ragam taraf 5%.

Pada umur 14 MST, jumlah daun terus meningkat pada semua perlakuan. Perlakuan 4 LMR mencatatkan jumlah daun tertinggi, yaitu 9,51 helai, diikuti oleh perlakuan 5 L dengan 9,11 helai, dan perlakuan 4 L dengan 8,56 helai. Hal ini memperlihatkan jika pada fase vegetatif, tanaman dengan perlakuan reflektor MARDI (4 LMR) cenderung memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada umur 21 MST, tanaman yang mendapatkan perlakuan 4 LMR kembali memperlihatkan jumlah daun terbanyak, yakni 11,56 helai, diikuti oleh perlakuan 5 L dengan 11,00 helai, dan perlakuan 4 L dengan 10,67 helai. Peningkatan jumlah daun ini mencerminkan adanya pertumbuhan yang baik, dengan perlakuan reflektor MARDI memberikan hasil yang lebih optimal.

Pada umur 28 MST, jumlah daun pada perlakuan 4 LMR mencapai 11,78 helai, sedangkan perlakuan 5 L dan 4 L masing-masing mencatatkan jumlah daun 11,44 helai dan 11,11 helai. Meskipun perlakuan 4 LMR menghasilkan jumlah daun tertinggi, perbedaan antar perlakuan tidak terlalu signifikan pada fase akhir ini, memperlihatkan jika reflektor MARDI memberikan hasil yang lebih unggul dalam meningkatkan jumlah daun tanaman kale. Penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) memberikan kontribusi signifikan terhadap jumlah daun pada tanaman kale, terutama pada fase vegetatif dan pertumbuhan lanjut. Hal ini memperlihatkan jika penggunaan reflektor dapat membantu meningkatkan efisiensi pencahayaan dan mendukung perkembangan daun tanaman secara optimal dapat di lihat pada bentuk Grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Jumlah Daun terhadap Perlakuan Reflektor yang berbeda

Kadar Klorofil

Berdasarkan Tabel 3, yang memperlihatkan rata-rata kadar klorofil pada tanaman kale terhadap perlakuan reflektor yang berbeda, terlihat jika kadar klorofil cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur tanaman, meskipun terdapat variasi antara perlakuan yang satu dengan yang lainnya. Pada umur 7 MST, perlakuan dengan reflektor MARDI (4 LMR) mencatatkan kadar klorofil tertinggi, yaitu 40,36 µg/g, diikuti oleh perlakuan 5 lampu (5 L) dengan kadar klorofil

37,47 µg/g, dan perlakuan 4 lampu (4 L) dengan kadar klorofil 30,06 µg/g. Hal ini memperlihatkan jika penggunaan reflektor MARDI memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap peningkatan kadar klorofil pada tanaman kale pada tahap awal pertumbuhan.

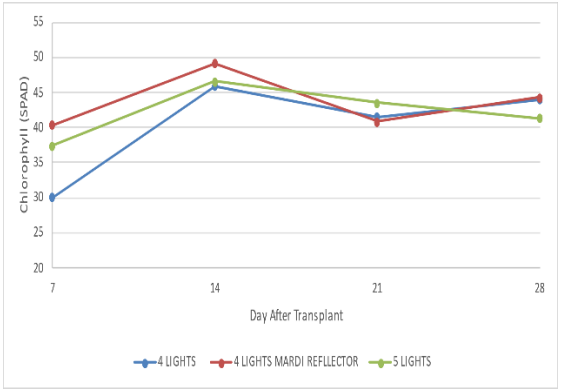
Tabel 3. Rata-Rata Kadar Klorofil

Perlakuan	Pencahayaan	Kadar Klorofil (µg/g)			
		7 Mst	14 Mst	21 Mst	28 Mst
L_1	4 Lampu	30,06	45,93	41,56	44,00
L_2	4 Lampu dengan Reflektor	40,36	49,13	40,86	44,31
L_3	5 Lampu	37,47	46,61	43,51	41,41

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memperlihatkan tidak berbeda nyata pada uji analisis ragam taraf 5%.

Pada umur 14 MST, kadar klorofil pada semua perlakuan mengalami peningkatan. Perlakuan 4 LMR tetap memperlihatkan kadar klorofil tertinggi, yaitu 49,13 µg/g, diikuti oleh perlakuan 5 L dengan kadar klorofil 46,61 µg/g, dan perlakuan 4 L dengan kadar klorofil 45,93 µg/g. Peningkatan kadar klorofil ini memperlihatkan jika tanaman mendapatkan cahaya yang cukup untuk mendukung fotosintesis dan sintesis klorofil, yang berperan penting dalam proses pertumbuhan tanaman. Pada umur 21 MST, kadar klorofil pada perlakuan 4 LMR sedikit menurun menjadi 40,86 µg/g, namun masih tetap lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 5 L (43,51 µg/g) dan perlakuan 4 L (41,56 µg/g). Penurunan ini mungkin dipengaruhi oleh faktor lain seperti perubahan kondisi lingkungan atau kebutuhan cahaya yang berbeda pada fase pertumbuhan ini.

Pada umur 28 MST, kadar klorofil pada perlakuan 4 LMR kembali meningkat menjadi 44,31 µg/g, yang termasuk kadar klorofil tertinggi di antara perlakuan lainnya. Perlakuan 4 L dan 5 L mencatatkan kadar klorofil masing-masing sebesar 44,00 µg/g dan 41,31 µg/g. Walaupun terjadi sedikit fluktuasi, secara keseluruhan penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) cenderung memberikan hasil yang lebih optimal dalam meningkatkan kadar klorofil pada tanaman kale. Penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kadar klorofil pada tanaman kale, terutama pada tahap awal hingga pertumbuhan lanjut. Peningkatan kadar klorofil ini memperlihatkan jika reflektor MARDI dapat meningkatkan efisiensi pencahayaan dan mendukung proses fotosintesis secara optimal dapat di lihat pada bentuk Grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Kadar Klorofil terhadap Perlakuan Reflektor yang berbeda

Leaf Area Index (LAI)

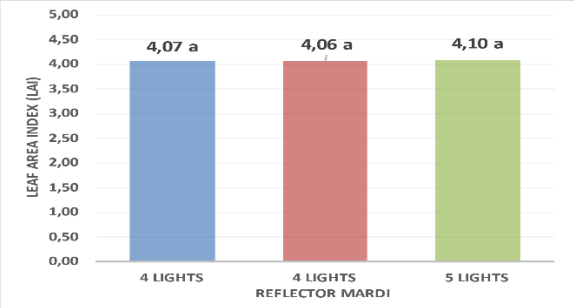
Berdasarkan Tabel 4, yang memperlihatkan rata-rata nilai *Leaf Area Index* (LAI) pada tanaman kale terhadap perlakuan reflektor yang berbeda, dapat dilihat jika nilai LAI pada semua perlakuan hampir serupa, dengan perbedaan yang sangat kecil. Pada umur 28 MST, perlakuan 5 lampu (5L) mencatatkan nilai LAI tertinggi, yaitu 4,10 m², diikuti oleh perlakuan 4 lampu (4L) dengan nilai LAI 4,07 m², dan perlakuan 4 lampu dengan reflektor MARDI (4LMR) yang memiliki nilai LAI 4,06 m². Meskipun terdapat perbedaan antara ketiga perlakuan, nilai LAI pada masing-masing perlakuan tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan, karena seluruh nilai LAI berada dalam kisaran yang hampir sama. Hal ini memperlihatkan jika penggunaan reflektor MARDI (4LMR), reflektor biasa (4L), dan perlakuan 5 lampu memberikan pengaruh yang hampir setara dalam hal area daun yang efektif untuk fotosintesis.

Meskipun terdapat sedikit perbedaan antara perlakuan, ketiga perlakuan memperlihatkan nilai LAI yang cukup tinggi, yang mengindikasikan jika masing-masing perlakuan berhasil mendukung perkembangan area daun tanaman kale secara optimal. Keseimbangan antara pencahayaan yang diterima oleh tanaman dan distribusi cahaya yang merata berkontribusi pada pengembangan daun yang sehat dan luas.

Tabel 4. Rata-Rata Kadar Klorofil

Perlakuan	Pencahayaan	Leaf Area Index (LAI) (m^2) 28 MST
L_1	4 Lampu	4,07 a
L_2	4 Lampu dengan Reflektor	4,06 a
L_3	5 Lampu	4,10 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memperlihatkan tidak berbeda nyata pada uji analisis ragam taraf 5%.



Gambar 4. Grafik Leaf Area Index terhadap Perlakuan Reflektor yang berbeda

Pembahasan

Unsur hara fosfor (P) sangat penting bagi tanaman karena berperan dalam menghasilkan energi ATP. Energi ini kemudian digunakan untuk membantu penyerapan unsur hara lain, terutama nitrogen (N), yang penting untuk meningkatkan tinggi tanaman (Mahendra *et al.*, 2023). Pertumbuhan tinggi tanaman kale pada perlakuan L1 (4 lampu) terhambat dan memperlihatkan angka terendah. Hal ini disebabkan oleh lampu LED yang kurang efisien dan kekurangan magnesium (Mg), unsur hara yang penting untuk transportasi energi dalam tanaman. Kekurangan magnesium (Mg) menyebabkan tanaman kekurangan energi untuk mengangkut unsur hara. Konsekuensinya adalah terbentuk sel-sel berukuran besar dengan tekstur encer, jaringan yang lemah, dan pemanjangan antar ruas. Gejala-gejala ini serupa dengan etiolasi akibat kekurangan cahaya. Perlakuan L1 dengan konsentrasi nutrien rendah menyebabkan kekurangan unsur hara, khususnya makro N. Akibatnya, asupan N berkurang dan pertumbuhan memanjang tanaman menjadi lebih pendek dibandingkan perlakuan lainnya. Unsur hara nitrogen (N) sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Seperti yang dinyatakan oleh (Mufriah & Lisdayani, 2021), nitrogen termasuk komponen esensial dari klorofil, protein, dan enzim, sehingga kekurangan nitrogen akan menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. (Dibisono *et al.*, 2021) menjelaskan jika kekurangan nitrogen (N) akan mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang kerdil, lambat, dan lemah.

Pertumbuhan tanaman kale sangat bergantung pada jumlah daunnya. Mengingat daun kale adalah bagian yang dimanfaatkan, maka semakin banyak daun yang dihasilkan, semakin baik pula pertumbuhan tanaman tersebut. Pada umur 28 MST, jumlah daun pada perlakuan 4 LMR mencapai 11,78 helai, sedangkan perlakuan 5 L dan 4 L masing-masing mencatatkan jumlah daun 11,44 helai dan 11,11 helai. Meskipun perlakuan 4 LMR menghasilkan jumlah daun tertinggi, perbedaan antar perlakuan tidak terlalu signifikan pada fase akhir ini. Penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) terbukti memberikan pengaruh positif terhadap jumlah daun tanaman kale. Meskipun perlakuan dengan lima lampu (5 L) juga memperlihatkan hasil yang baik, penggunaan reflektor MARDI lebih efektif dalam meningkatkan jumlah daun, memperlihatkan jika efisiensi pencahayaan yang lebih baik dapat mendukung pembentukan daun yang optimal. Sejalan dengan penelitian *(Restiani et al.*, 2020) pencahayaan yang cukup sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang mendapat cukup cahaya akan tumbuh lebih cepat dan menghasilkan lebih banyak daun, sehingga pertumbuhannya maksimal dan terhindar dari etiolasi. Semakin banyak dan luas daun pada tanaman, semakin optimal pula proses fotosintesisnya. Hal ini disebabkan karena daun berfungsi sebagai tempat fotosintesis, dan jumlah serta luas daun yang besar memungkinkan penangkapan cahaya yang lebih banyak. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menjadi maksimal (Mahendra *et al.*, 2023) juga menemukan jika jumlah daun secara signifikan mempengaruhi perkembangan tanaman, di mana semakin banyak daun, semakin banyak cahaya yang diserap, dan pada akhirnya meningkatkan laju fotosintesis.

Kadar klorofil adalah indikator penting efisiensi fotosintesis pada tanaman. Berdasarkan data yang diperoleh, perlakuan dengan reflektor MARDI (4 LMR) memperlihatkan kadar klorofil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa reflektor (4 L) dan perlakuan dengan 5 lampu (5 L). Pada umur 7 MST dan 14 MST, perlakuan 4 LMR mencatatkan kadar klorofil yang lebih tinggi, yaitu 40,36 µg/g dan 49,13 µg/g, yang memperlihatkan jika reflektor MARDI meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya, mendukung proses fotosintesis yang lebih optimal. Meskipun ada penurunan kadar klorofil pada umur 21 mencatatkan kadar klorofil yaitu 40,86 µg/g dan 28 MST yaitu 44,31 µg/g, perlakuan 4 LMR tetap menghasilkan kadar klorofil tertinggi, menandakan jika pencahayaan yang efisien dapat meningkatkan kualitas pertumbuhan tanaman. Klorofil atau zat hijau daun termasuk faktor utama yang mempengaruhi proses fotosintesis, klorofil disintesis pada daun dan berperan dalam menangkap cahaya matahari yang akan digunakan untuk proses fotosintesis. Berdasarkan penelitian (Al Tahtawi & Kurniawan, 2020) kandungan klorofil dalam tanaman dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Intensitas cahaya memainkan peran penting dalam fotosintesis, karena klorofil menyerap energi cahaya yang dibutuhkan untuk proses tersebut.

Leaf Area Index (LAI) adalah ukuran yang digunakan untuk menggambarkan luas total daun tanaman yang ada per satuan luas tanah. Indeks ini penting untuk menilai efisiensi fotosintesis tanaman karena semakin tinggi nilai LAI, semakin banyak permukaan daun yang tersedia untuk menyerap cahaya matahari, yang pada gilirannya mendukung proses fotosintesis. Berdasarkan data yang diperoleh pada umur 28 MST, ketiga perlakuan memperlihatkan nilai LAI yang hampir setara, yaitu 4,07 m^2 (4 L), 4,06 m^2 (4 LMR), dan 4,10 m^2 (5 L). Hal ini mengindikasikan jika meskipun ada variasi pada jumlah lampu dan penggunaan reflektor, semua perlakuan mampu mendukung pengembangan daun dengan cara yang serupa. Meskipun nilai LAI sedikit bervariasi, hasil ini memperlihatkan jika peningkatan efisiensi pencahayaan baik dengan penggunaan reflektor maupun jumlah lampu dapat mendukung pembentukan luas daun yang optimal. Hal ini memperlihatkan jika ketiga perlakuan yang diterapkan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan area daun tanaman kale tanpa ada perbedaan besar di antara mereka, yang memperlihatkan keseragaman hasil yang baik dalam mendukung pertumbuhan tanaman kale. Jones, (2022) menyatakan jika penggunaan reflektor dapat mengarahkan cahaya ke area tertentu namun mungkin tidak selalu meningkatkan LAI jika intensitas dan distribusi cahaya tidak optimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan reflektor MARDI (4 LMR) memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman kale, terlihat dari peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan kadar klorofil pada umur 28 MST. Perlakuan dengan reflektor ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan tanpa reflektor, meskipun semua perlakuan memperlihatkan peningkatan yang signifikan. Nilai Leaf Area Index (LAI) hampir serupa pada ketiga perlakuan, memperlihatkan jika pencahayaan yang lebih efisien mendukung pengembangan daun secara optimal. Secara keseluruhan, reflektor MARDI efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kale dalam sistem hidroponik DFT.

DAFTAR PUSTAKA

Airlangga, M., Qurthobi, A., & Suhendi, A. (2021). Sistem kontrol nutrisi pada sayuran sawi hijau dengan metode akuaponik deep flow technique berbasis logika fuzzy. *E-Proceeding of Engineering*, *8*(5), 5979–5987.

Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). PH control for deep flow technique hydroponic IoT systems based on fuzzy logic controller. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, *8*(4), 323–329. https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2020.13822

Anika, N., & Putra, E. P. D. (2020). Analisis Pendapatan Usahatani Sayuran Hidroponik Dengan Sistem Deep Flow Technique (Dft). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, *9*(4), 367.

https://doi.org/10.23960/jtep-l.v9i4.367-373

Arzita, A. . S. M. H. ., Mapegau, M. . &, & Nizori, A. (2023). Variasi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Pakcoy (Brassica rapa L.) Dengan Metode Hidroponik Sistem Deep Flow Technique (DFT). *Jurnal Media Pertanian*, *8*(1), 78–85. https://doi.org/10.33087/jagro.v8i1.188

Asnawi, A. C., Laili, S., & Rahayu, T. (2021). Metode hidroponik secara DFT (Deep Flow Technique) dan NFT (Nutrient Film Technique) pada beberapa media tanam terhadap pertumbuhan tanaman bayam merah (*Alternanthera amoena* Voss) hydroponic. *Jurnal Ilmiah Sains Alami (Known Nature)*, *3*, 40–45.

Dasumiati, D., Siregar, M. M., Khairiah, A., & Junaidi, J. (2023). Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kale (Brassica oleracea L. var. acephala) Pada Sistem Hidroponik Deep Flow Technique dengan Penambahan Pupuk Organik Cair. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, *17*(1), 212–219. https://doi.org/10.15408/kauniyah.v17i1.35563

Dibisono, M. Y., Mufriah, D., Mayly, S., & Sulistiani, R. (2021). Penggunaan Pupuk Organik Rumput Laut (Sargasum Sp) Dan Npk Mutiara Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Produksi Tanaman Mentimun (Cucumis sativus L). *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, *10*(1), 14–24. https://doi.org/10.47662/alulum.v10i1.186

Emilga, F., Sugiono, R. A. L. D. (2022). Pengaruh Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kale (Brassica oleracea var. Acephala) Pada Hidroponik Sistem Wick. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *8*(23), 116–127.

Hanum, N. N., & Jazilah, D. S. (2021). Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian POC Morinsa Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kale (Brassica oleracea var. Acephala) The Effect Of Concentration And Interval Of Giving Morinsa Liquid Organic Fertilizer On The Growth And Production Of K. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, *17*(1), 14–22.

Haryadi, R., Saputra, D., Wijayanti, F., Yusofa, D. A., Ferlis, N. N., Alizkan, U., & Priane, W. T. (2020). Pengaruh Cahaya Lampu 15 Watt Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pandan (Pandanus Amaryllifolius). *Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*, *3*(2), 100–109. https://doi.org/10.30870/gravity.v3i2.2594

Laki, A. S., Wahyuningrum, M. A., & Nurjasmi, R. (2021). Pengaruh Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kale (Brassica oleracea acephala) Sistem Vertikultur. *Jurnal Ilmiah Respati*, *12*(2), 133–146. https://doi.org/10.52643/jir.v12i2.1874

Latipah, U. (2023). Sistem otomatisasi pada tanaman hidroponik deep flow technique menggunakan IoT berbasis web. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, *4*(2), 322–331. https://doi.org/10.37859/coscitech.v4i2.5078

Mahendra, M., Mayly, S., & Mufriah, D. (2023). Respon Pertumbuhan Dan Produksi Terung Ungu (Solanum melongena L) Varietas Reza Pada Beberapa Jenis Pupuk Organik Padat. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, *11*(1), 49–53. https://doi.org/10.47662/alulum.v11i1.437

Mufriah, D., & Lisdayani, L. (2021). Respon Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Semi (Zea mays L) Pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk NPK. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, *9*(1), 26–30. https://doi.org/10.47662/alulum.v9i1.143

Restiani, A. R., Ttriyono, S., Tusi, A., & Zahab, R. (2020). Pengaruh Jenis Lampu Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Produksi Tanaman Selada (Lactuca sativa L.) Dalam Sistem Hidroponik Indoor. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, *4*(3), 219–226.

Supriani, E., Budiyanto, S., & Sutarno, S. (2021). Respon Tanaman Selada Keriting Hijau Terhadap Penyinaran Lampu LED dan Konsentrasi CaCl2 pada Sistem Hidroponik. *AGROVITAL : Jurnal Ilmu Pertanian*, *6*(2), 99. https://doi.org/10.35329/agrovital.v6i2.2713