**Jurnal Teknologi Pangan dan Ilmu Pertanian**
**Volume. 4, Nomor. 2 Juni 2026**
e-ISSN: 2986-934X; p-ISSN: 2987-8519, Hal 27-46
DOI: https://doi.org/10.59581/jtpip-widyakarya.v4i2.6204
Tersedia: https://ifrelresearch.org/index.php/jtpip-widyakarya

# Manajemen Terpadu Budidaya Kale dalam Rumah Kaca untuk Meningkatkan Kualitas, Produktivitas, dan Nilai Ekonomi

**Hanaa Hafizhah[1], Muhamad Fadhilah Yahya[2], Lulu Dwi Ghania[3], Syifa Maharani[4], Neila Maulidya[5], Dwi Kartika Andini[6], Nisrina Nasila Anbarwati[7], Haidar Dhiya Razzan[8], Agief Julio Pratama[9], M. Iqbal Nurulhaq[10], Ririh Sekar Mardisiwi[11], Ratih Kemala Dewi[12], Restu Puji Mumpuni[13], Edi Wiraguna[14*]**

[1-14]Teknologi Produksi dan Pengembangan Masyarakat Pertanian, Sekolah Vokasi, Institut Pertanian Bogor, Indonesia
[14]Fakultas Pertanian, Universitas Bojonegoro, Indonesia

**Penulis korespondensi: ediwiraguna@apps.ipb.ac.id; hnahafizhah@apps.ipb.ac.id*

***Abstract.*** Postharvest handling of leafy vegetables, such as kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), is crucial for maintaining product quality, extending shelf life, and increasing market value. This study aims to review the application of sorting and grading processes in improving the quality of horticultural products. The method used is a literature review of scientific journals and relevant references related to postharvest handling of vegetables. The findings indicate that sorting functions to separate damaged, diseased, and unmarketable products based on their physical condition, while grading classifies products into quality categories according to size, shape, color, freshness, and overall visual appearance. These processes contribute to reducing postharvest losses, improving product uniformity, and increasing consumer acceptance and market value. In addition, proper sorting and grading support quality control, facilitate packaging and storage management, and enhance efficiency in distribution and marketing systems. The implementation of standardized sorting and grading practices can also improve competitiveness in both domestic and export markets. Therefore, sorting and grading are essential components of postharvest management to ensure product quality, consumer satisfaction, and sustainable market competitiveness.

***Keywords:*** *Grading; Kale; Postharvest; Quality; Sorting.*

**Abstrak**. Penanganan pascapanen sayuran daun, seperti kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*), merupakan aspek penting dalam menjaga kualitas produk, memperpanjang umur simpan, dan meningkatkan nilai jual. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan proses sortasi dan grading dalam meningkatkan kualitas produk hortikultura. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah berbagai jurnal ilmiah dan referensi yang relevan mengenai penanganan pascapanen sayuran. Hasil kajian menunjukkan bahwa sortasi berfungsi untuk memisahkan produk yang rusak, terserang penyakit, dan tidak layak dipasarkan berdasarkan kondisi fisiknya, sedangkan grading mengelompokkan produk ke dalam kategori mutu berdasarkan ukuran, bentuk, warna, tingkat kesegaran, dan penampilan visual secara keseluruhan. Proses tersebut berkontribusi dalam mengurangi kehilangan hasil pascapanen, meningkatkan keseragaman produk, serta meningkatkan penerimaan konsumen dan nilai pasar. Selain itu, penerapan sortasi dan grading yang tepat mendukung pengendalian mutu, mempermudah pengelolaan pengemasan dan penyimpanan, serta meningkatkan efisiensi sistem distribusi dan pemasaran. Penerapan standar sortasi dan grading yang baik juga dapat meningkatkan daya saing produk di pasar domestik maupun ekspor. Oleh karena itu, sortasi dan grading merupakan komponen penting dalam manajemen pascapanen untuk menjamin kualitas produk, kepuasan konsumen, dan keberlanjutan daya saing pasar.

**Kata kunci**: Grading; Kale; Kualitas; Pascapanen; Sortasi.

Naskah Masuk: 01 April 2026; Revisi: 02 Mei 2026; Diterima: 01 Juni 2026; Terbit: 08 Juni 2026

## 1. LATAR BELAKANG

Kale merupakan salah satu komoditas tanaman hortikultura yang saat ini tengah populer dan diminati masyarakat karena kandungan nutrisinya yang kaya akan senyawa bioaktif seperti glukosinolat, fenolik dan karotenoid yang berperan penting dalam pencegahan berbagai penyakit kronis (Ortega-Hernández *et al.* 2021). Peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pola konsumsi pangan sehat menjadikan kale memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan peluang pasar yang terus berkembang, baik di tingkat lokal maupun global. Namun dalam praktik budidayanya, kale termasuk tanaman yang sensitif terhadap kondisi lingkungan, sehingga memerlukan pengelolaan budidaya optimal supaya dapat menghasilkan produksi yang berkualitas dan berkelanjutan.

Peningkatan produktivitas dan kualitas produk dapat dilakukan melalui sistem budidaya dalam rumah kaca (*greenhouse*). Sistem budidaya dalam rumah kaca memungkinkan pembudidaya mengendalikan faktor lingkungan (mikroklimat) seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan secara lebih terkontrol dibandingkan budidaya di lahan terbuka. Kondisi lingkungan yang stabil cenderung membuat tanaman kale dapat tumbuh optimal serta terhindar dari stres akibat faktor abiotik. Pemahaman konsep mengenai budidaya kale dalam rumah kaca menjadi sangat penting, terutama terkait pengelolaan faktor lingkungan dan kebutuhan nutrisi tanaman.

Nutrisi menjadi salah satu kunci utama keberhasilan dalam budidaya kale, pemenuhan kebutuhan unsur hara dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu sistem hidroponik dan sistem konvensional (tanah). Masing-masing sistem memiliki karakteristik, kelebihan, dan tantangan tersendiri dalam menyediakan unsur hara makro dan mikro bagi tanaman. Kajian yang komprehensif mengenai kebutuhan nutrisi kale pada kedua sistem tersebut diperlukan, termasuk pengaruh pH media tanam dan larutan nutrisi terhadap ketersediaan hara dan penyerapan oleh tanaman.

Keberhasilan budidaya kale dalam rumah kaca tidak hanya ditentukan oleh faktor pertumbuhan, tetapi juga oleh praktik pemeliharaan tanaman yang tepat. Kegiatan seperti pengamatan harian, penyiraman pada sistem konvensional, serta penerapan standar operasional prosedur (SOP) kebersihan pada sistem hidroponik sangat berperan dalam menjaga kesehatan tanaman dan mencegah serangan hama serta penyakit. Dengan pemeliharaan yang baik, potensi hasil panen dapat dimaksimalkan baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

Tahapan pascapanen juga menjadi faktor penting dalam menentukan nilai jual kale. Proses panen yang tepat, diikuti dengan sortasi, grading, dan pengemasan yang sesuai standar, akan mempengaruhi daya simpan dan daya tarik produk hingga mencapai pasar. Penanganan

pascapanen yang kurang baik dapat menyebabkan penurunan kualitas produk secara signifikan, sehingga dapat mengurangi nilai ekonominya. Dalam agribisnis, keberhasilan budidaya kale perlu didukung dengan konsep pemasaran dan strategi penjualan yang efektif. Mengingat kale merupakan produk hortikultura bernilai tinggi, diperlukan pendekatan pemasaran yang mampu menjangkau konsumen secara luas, baik melalui pasar konvensional maupun platform digital. Integrasi antara produksi yang optimal dan strategi pemasaran yang tepat akan memberikan peluang keuntungan yang lebih besar bagi pelaku usaha. Diperlukan suatu kajian dalam bentuk review artikel atau jurnal ilmiah yang membahas secara komprehensif mengenai budidaya kale dalam rumah kaca, mulai dari konsep dasar budidaya, pemeliharaan tanaman, hingga penanganan pascapanen dan strategi pemasaran. Kajian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah yang mendukung pengembangan budidaya kale yang efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengkaji budidaya kale dalam rumah kaca melalui pengelolaan faktor lingkungan (cahaya, suhu, dan kelembapan), analisis kebutuhan nutrisi pada sistem hidroponik dan konvensional, termasuk pengaruh pH terhadap penyerapan hara, serta identifikasi teknik pemeliharaan yang efektif. Selain itu, penulisan ini juga membahas tahapan panen dan penanganan pascapanen, serta strategi pemasaran kale sebagai komoditas hortikultura bernilai ekonomi. Kajian ini disusun melalui sintesis berbagai sumber ilmiah yang berasal dari minimal 20 jurnal sebagai dasar dalam merumuskan pemahaman dan rekomendasi budidaya kale yang efisien dan berkelanjutan.

## 2. KAJIAN TEORITIS

Penulisan artikel ini menggunakan metode studi literatur (*literature review*) yang bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif manajemen terpadu budidaya kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) dalam rumah kaca, mulai dari aspek budidaya, pemeliharaan tanaman, pengelolaan nutrisi, penanganan pascapanen, hingga strategi pemasaran. Metode studi literatur dipilih karena mampu memberikan sintesis ilmiah dari berbagai hasil penelitian dan referensi yang relevan sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam merumuskan rekomendasi budidaya kale yang efisien, produktif, dan berkelanjutan.

Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah, yaitu identifikasi literatur, seleksi sumber pustaka, pengumpulan data, analisis isi, dan sintesis informasi. Pada tahap identifikasi, berbagai artikel dan referensi yang relevan dikumpulkan berdasarkan kesesuaian topik penelitian. Selanjutnya dilakukan seleksi pustaka dengan mempertimbangkan relevansi isi, tahun publikasi, serta kredibilitas sumber. Literatur yang tidak sesuai dengan fokus

pembahasan dieliminasi sehingga hanya referensi yang berkaitan langsung dengan budidaya kale dalam rumah kaca yang digunakan dalam penyusunan kajian.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan membandingkan hasil penelitian dari berbagai sumber. Analisis dilakukan terhadap beberapa aspek utama, yaitu pengelolaan faktor lingkungan rumah kaca (intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan), kebutuhan nutrisi pada sistem hidroponik dan konvensional, pengaruh pH media tanam dan larutan nutrisi, teknik pemeliharaan tanaman, pengamatan harian, sistem penyiraman, serta standar operasional prosedur (SOP) kebersihan pada sistem hidroponik. Selain itu, analisis juga mencakup tahapan pascapanen seperti panen, sortasi, grading, pengemasan, dan strategi pemasaran produk kale.

Hasil analisis dari berbagai sumber literatur kemudian disintesis untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh mengenai praktik budidaya kale dalam rumah kaca yang efektif dan berkelanjutan. Sintesis dilakukan dengan menghubungkan hasil-hasil penelitian terdahulu sehingga diperoleh informasi yang dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi pengelolaan budidaya kale guna meningkatkan kualitas produk, produktivitas tanaman, serta nilai ekonomi hasil panen.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsep Budidaya Kale

### Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman kale (*Brassica oleracea var. acephala*) pada sistem hidroponik karena berperan dalam proses fotosintesis. Dalam *greenhouse* dengan atap paranet, cahaya matahari yang masuk telah disaring sehingga intensitasnya menjadi lebih rendah dan stabil. Secara teoritis, kondisi ini termasuk intensitas cahaya sedang yang sesuai untuk tanaman sayuran daun seperti kale, karena dapat mendukung pembentukan daun tanpa menyebabkan kerusakan akibat cahaya berlebih (Asyar *et al.* 2025). Cahaya yang telah difilter akan tersebar lebih merata ke seluruh bagian tanaman, sehingga daun dapat menyerap cahaya secara optimal untuk menghasilkan energi. Hal ini mendukung pembentukan klorofil, meningkatkan luas daun, serta membuat warna daun menjadi lebih hijau sehingga mendapatkan distribusi cahaya yang merata untuk membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih seragam.

Intensitas cahaya yang sesuai dalam sistem hidroponik umumnya berada pada kisaran tertentu dan perlu dikontrol agar tetap stabil (Resti *et al*. 2022). Secara teoritis intensitas cahaya harus berada dalam kondisi seimbang. Jika cahaya terlalu rendah, proses fotosintesis akan

menurun dan tanaman dapat mengalami etiolasi atau pertumbuhan memanjang. Sebaliknya, jika terlalu tinggi, tanaman dapat mengalami stres. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot tanaman (Susanti *et al*. 2025).

**Suhu dan Kelembapan dalam Rumah Kaca**

Suhu dan kelembaban udara merupakan faktor penting dalam pembentukan mikroklimat rumah kaca yang sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kale (*Brassica oleracea var. acephala*). Kale termasuk tanaman sayuran daun yang tumbuh optimal pada kondisi suhu sejuk, sehingga pengendalian suhu dalam rumah kaca menjadi sangat krusial. Pada kondisi rumah kaca, radiasi matahari yang terperangkap dapat meningkatkan suhu udara secara signifikan dibandingkan lingkungan luar, yang jika tidak dikontrol dapat menyebabkan stres panas pada tanaman kale (Dewi *et al.* 2020). Secara fisiologis, suhu dan kelembaban berperan dalam mengatur keseimbangan proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi tanaman. Suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan laju respirasi sehingga mengurangi akumulasi fotosintat, sedangkan kelembaban yang terlalu rendah dapat mempercepat kehilangan air melalui transpirasi dan menyebabkan tanaman mengalami stres kekeringan. Sebaliknya, kelembaban yang terlalu tinggi dapat menurunkan laju transpirasi serta meningkatkan risiko serangan penyakit, khususnya yang disebabkan oleh patogen jamur (Friadi & Junadhi, 2019).

Hubungan antara suhu dan kelembaban dalam rumah kaca juga dapat dilihat dari perubahan kelembaban relatif (*relative humidity*/RH) yang dipengaruhi oleh suhu udara. Ketika suhu meningkat, kapasitas udara dalam menampung uap air juga meningkat sehingga kelembapan relatif cenderung menurun. Sebaliknya, ketika suhu menurun, kelembaban relatif meningkat. Interaksi ini sangat penting karena mempengaruhi laju evapotranspirasi dan penyerapan air serta unsur hara oleh tanaman (Dewi *et al*. 2020).

Dalam praktik budidaya, terutama pada tanaman hortikultura dan pembibitan tanaman seperti kopi, kondisi suhu dan kelembaban yang optimal umumnya berada pada kisaran suhu 25–30°C dengan kelembaban relatif 60–80%. Kondisi ini dinilai mampu menjaga keseimbangan antara laju transpirasi dan penyerapan air sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Jamaluddin *et al.* 2025). Untuk mencapai kondisi tersebut, diperlukan sistem pengendalian lingkungan seperti ventilasi, penggunaan naungan (shading), serta sistem kontrol otomatis berbasis sensor suhu dan kelembaban yang mampu memantau kondisi secara real-time (Al Indis *et al.* 2025). Dengan demikian, pengelolaan suhu dan kelembaban secara terpadu dalam rumah kaca menjadi faktor kunci dalam menciptakan lingkungan tumbuh yang

optimal, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta meminimalkan risiko stres lingkungan dan serangan penyakit pada tanaman.

**Kebutuhan Nutrisi Kale pada Sistem Hidroponik**

Kale (Brassica oleracea var. acephala) merupakan komoditas hortikultura dengan nilai ekonomi yang tinggi karena mengandung nutrisi yang penting bagi kesehatan tubuh. (Mawaddah *et al*. 2022) Kale menjadi salah satu sayuran yang populer dikarenakan kandungan nutrisinya yang penuh dengan vitamin A, vitamin C, asam folat, dan kalsium menurut Terlaje dan Tuquero (2019). Dengan itu, Kale seringkali digunakan sebagai tumisan, salad, dan lainnya. Salah satu pembudidayaan Kale yang sudah umum di Indonesia adalah sistem budidaya kale dengan hidroponik. Hal tersebut dikarenakan ketersediaan lahan layak untuk pertanian yang sedang mengurang. Menurut Mulyani dan Agus (2017), tidak semua lahan telantar dapat dimanfaatkan untuk pertanian karena adanya pembatasan seperti kawasan hutan, moratorium, dan izin usaha, sehingga luas lahan potensial menjadi jauh lebih terbatas.

Hidroponik adalah metode budidaya pertanian tanpa tanah, menggunakan air. Keuntungan hidroponik adalah tidak perlu lahan luas. (Nugraha *et al.* 2024) Salah satu cara penggunaan hidroponik adalah dalam rumah kaca atau *greenhouse*. Rumah kaca atau *greenhouse* adalah bangunan bertruktur khusus dengan atap dan dinding transparan (kaca atau plastik) yang dirancang untuk memerangkap panas matahari, menciptakan lingkungan mikro hangat yang ideal untuk budidaya tanaman sepanjang tahun, melindungi tanaman dari cuaca ekstrem, serta mengatur suhu dan kelembaban di dalamnya. Dengan menggunakan rumah kaca sebagai perlindungan tanaman dan mengimplementasikan sistem hidroponik dan NFT atau *Nutrient* Film *Technique* untuk mengontrol dan mengoptimalisasikan pemberian nutrien, kale dapat bertumbuh secara optimal dan terkontrol.

**Tabel 1**. Rata-Rata Tinggi (cm) Tanaman Kale Pada Perlakuan Tingkat EC Dan Populasi Tanaman Pada Umur Pengamatan 37 hst Sampai 58 hst

| Perlakuan | 37 | 44 | 51 | 58 |
|---|---|---|---|---|
| **Tingkat EC** | | | | |
| 2,0 mS/cm | 13,64 a | 14,02 a | 14,97 a | 16,18 a |
| 2,5 mS/cm | 14,94 ab | 15,19 ab | 16,05 ab | 17,90 b |
| 3,0 mS/cm | 16,06 b | 16,41 b | 17,71 b | 19,34 b |
| 3,5 mS/cm | 15,17 b | 15,84 b | 16,67 b | 18,51 b |
| BNT 5% | 1,41 | 1,43 | 1,55 | 1,67 |
| **Populasi Tanaman** | | | | |
| 4 | 15,93 b | 16,38 b | 17,32 b | 18,80 |
| 6 | 14,75 ab | 15,19 ab | 16,17 ab | 17,70 |
| 8 | 14,17 a | 14,53 a | 15,56 a | 17,46 |
| BNT 5% | 1,22 | 1,24 | 1,34 | tn |

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%, hst = hari setelah tanam, tn = tidak nyata.

**Tabel 2**. Rata-Rata Jumlah Daun Tanaman Kale Pada Perlakuan Tingkat EC Dan Populasi Tanaman Pada Umur Pengamatan 37 hst Sampai 58 hst

| Perlakuan | 37 | 44 | 51 | 58 |
|---|---|---|---|---|
| **Tingkat EC** | | | | |
| 2,0 mS/cm | 14,58 a | 15,58 a | 17,61 | 19,31 |
| 2,5 mS/cm | 16,61 b | 17,33 b | 18,58 | 19,56 |
| 3,0 mS/cm | 17,89 b | 18,44 b | 19,33 | 21,25 |
| 3,5 mS/cm | 16,97 b | 17,61 b | 18,86 | 21,08 |
| BNT 5% | 1,71 | 1,58 | tn | tn |
| **Populasi Tanaman** | | | | |
| 4 | 18,15 b | 19,13 c | 20,69 b | 22,00 b |
| 6 | 16,96 b | 17,44 b | 19,02 b | 20,52 b |
| 8 | 14,44 a | 15,17 a | 16,08 a | 18,38 a |
| BNT 5% | 1,48 | 1,37 | 1,87 | 1,79 |

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%, hst = hari setelah tanam, tn = tidak nyata.

**Gambar 1**.

Rata-rata Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman (Wulansari *et al*. 2019)

Pertumbuhan kale pada sistem hidroponik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara makro dan mikro dalam larutan nutrisi. Unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif, terutama nitrogen yang dibutuhkan dalam jumlah tinggi untuk pembentukan daun dikarenakan kale adalah sayuran daun. Cara untuk tanaman dalam hidroponik mendapatkan nutriennya adalah dengan A&B Mix. Nutrisi A&B Mix atau pupuk racikan adalah larutan yang dibuat dari bahan-bahan kimia yang diberikan melalui media tanam, yang berfungsi sebagai nutrisi tanaman agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. (Pohan & Oktoyurnal. 2019) Dalam penggunaan nutrisi A&B mix, masing-masing larutan mengandung komponen yang saling melengkapi sehingga dapat memenuhi kebutuhan hara tanaman secara seimbang. Konsentrasi larutan nutrisi yang diukur melalui nilai EC serta pH atau tingkat keasaman juga harus dikontrol, karena keduanya mempengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara secara optimal.

**Tabel 3**. Rata-Rata Luas Daun Tanaman Kale Pada Perlakuan Tingkat EC Dan Populasi Tanaman Pada Umur Pengamatan 37 hst Sampai 58 hst.

| Waktu Pengamatan | Perlakuan Populasi Tanaman | Tingkat EC 2,0 mS/cm | 2,5 mS/cm | 3,0 mS/cm | 3,5 mS/cm |
|---|---|---|---|---|---|
| 60 hst | 4 | 2759,50 a | 3652,08 b | 4294,36 bc | 2741,13 a |
| | 6 | 2541,40 a | 3112,02 ab | 4486,36 c | 3075,37 ab |
| | 8 | 2896,95 ab | 2954,70 ab | 3537,30 b | 3580,11 b |
| BNT 5% | | | 765,31 | | |

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%, hst = hari setelah tanam, tn = tidak nyata.

**Tabel 4**. Rata-Rata Bobot Segar Total Tanaman (g/tanaman) Dan Bobot Kering Total Tanaman (g/tanaman) pada Perlakuan Tingkat EC dan Populasi Tanaman Saat Panen 60 hst.

| Perlakuan | Bobot Segar Total (g/tanaman) | Bobot Kering Total (g/tanaman) |
|---|---|---|
| **Tingkat EC** | | |
| 2,0 mS/cm | 254,96 a | 28,01 a |
| 2,5 mS/cm | 304,48 a | 31,48 a |
| 3,0 mS/cm | 414,88 b | 39,98 b |
| 3,5 mS/cm | 289,03 a | 32,72 ab |
| BNT 5% | 57,70 | 7,43 |
| **Populasi Tanaman** | | |
| 4 | 345,18 | 36,72 b |
| 6 | 310,48 | 33,83 ab |
| 8 | 291,85 | 28,60 a |
| BNT 5% | tn | 6,44 |

Keterangan : Angka yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut BNT 5%, hst = hari setelah tanam, tn = tidak nyata.

**Gambar 2.**

Luas Daun dan Bobot Segar Total Tanaman (Wulansari *et al*. 2019)

Manajemen nutrien dan monitoring pertumbuhan tanaman termasuk kepentingan untuk pertumbuhan tanaman dalam hidroponik. Salah satu cara untuk melakukan manajemen terhadap tanaman dalam hidroponik, *greenhouse*, adalah dengan mengontrol pemberian A&B Mix dan melakukan pengecekan EC dan nilai pH yang layak. Penelitian yang telah dilakukan oleh Wulansari, Baskara, dan Suryanti pada tahun 2019 menunjukkan 4 level EC yaitu 2.0, 2.5, 3.0, dan 3.5 mS/cm kepada kale dalam hidroponik. Dari 4 level EC tersebut, 3.0 mS/cm menunjukkan hasil konsisten dan terbaik dalam pertumbuhan, jumlah daun, berat bersih dan jumlah panen. Secara umum, sayuran daun membutuhkan level EC 2.4 sampai dengan 3.2 mS/cm, tetapi untuk kale, penelitian menunjukkan bahwa nilai optimal mS/cm adalah 3.0. Dengan menggunakan alat pengukur EC, pH, dan suhu, mengatur pemberian A&B Mix dapat dilakukan secara optimal.

**Kebutuhan Nutrisi Kale pada Sistem Konvensional**

Sistem konvensional memungkinkan tanaman dibudidayakan pada tanah sebagai media tanamnya, oleh karena itu penting untuk mengetahui kandungan nutrisi pada media tanam yang akan digunakan secara terukur. Budidaya dalam rumah kaca memungkinkan kita untuk mengontrol penuh kebutuhan nutrisi pada tanaman, media tanam dengan metode konvensional biasanya sudah memiliki unsur mikro didalamnya sehingga kita dapat fokus untuk mengontrol kebutuhan hara makronya seperti N, P, K dan S. Media tanam tanah secara alami memang memiliki unsur mikro namun kadarnya hanya sedikit dan biasanya tidak optimal (Abiya *et al.* 2022). Pada review atau penelitian kali ini tidak dianalisis secara spesifik mengenai kandungan unsur mikro pada tanah. Beberapa literatur atau studi yang digunakan akan lebih spesifik

membahas kandungan hara makro seperti N,P dan K tanpa mencantumkan unsur mikro (Fachrurrozi et al. 2025; Teuber et al. 2020). Pada penelitian lain media tanam tanah awal biasanya memiliki kandungan mikronutrien yang cukup rendah sehingga diperlukan penambahan nutrisi pada tanah untuk mengoptimalkan tumbuh kembang tanaman kale (Abiya, et al. 2022).

Kebutuhan nutrisi kale dalam rumah kaca dengan sistem konvensional dengan basis tanah membutuhkan suplai hara makro dari eksternal seperti nitrogen (N), Phospor (P) dan Kalium (K) secara optimal dan efisien. Pada penelitian Fachrurrozi *et al.* (2025) tanah yang diambil pada lahan Agroteknopark, Universitas Jember, dan telah dilakukan uji di laboratorium kimia dan fisika tanah, Fakultas Pertanian, mendapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1**. Hasil analisis kandunagn tanah (fachrurrozi et al. 2025)

| No | Jenis Analisis | Nilai | Satuan | Permen Kementan |
|---|---|---|---|---|
| 1. | pH | 6,40 | - | Sedang |
| 2. | N-total | 0,09 | % | Rendah |
| 3. | $P_2O_5$ | 0,49 | % | Rendah |
| 4. | $K_2O$ | 0,002 | % | Rendah |
| 5. | C-organik | 2,37 | % | Rendah |

Jumlah nitrogen total (0.09%), phosphor (0,49%) dan kalium (0.002%) yang dapat diserap oleh tanaman pada tanah awal memang tergolong rendah, sehingga pada tahapan budidaya tanaman kale sangat bergantung pada penambahan input nutrisi eksternal untuk mencapai pertumbuhan optimal. Secara tidak langsung hal ini memperlihatkan pada kita bahwa budidaya dengan sistem konvensional, tanah terkadang tidak mampu menyediakan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan kale tanpa adanya pemupukan tambahan. Pemupukan unsur hara makro berupa pupuk kimia Tunggal maupun majemuk dan pupuk organik sangat dibutuhkan untuk menambah nutrisi awal tanah.

**Tabel 2**. Uji Kelarutan pupuk NPK (fachrurrozi et al. 2025).

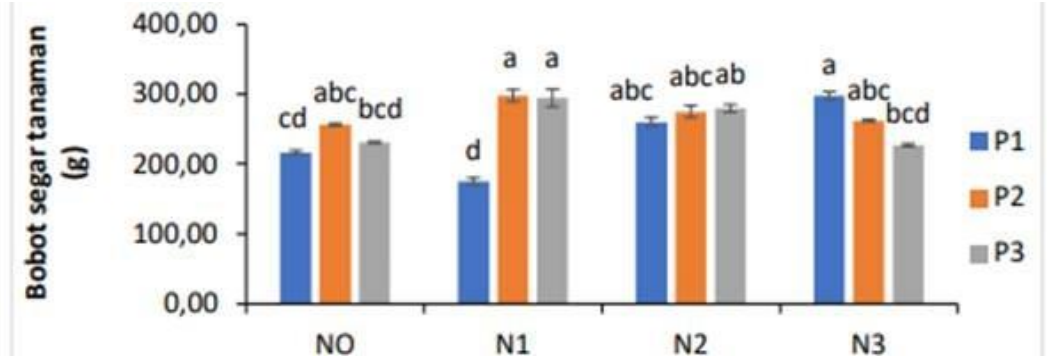
| Ulangan/Perlakuan | Enkapsulasi (detik) | Tanpa enkapsulasi (detik) |
|---|---|---|
| 1 | 15,29 | 1,20 |
| 2 | 33,10 | 1,21 |
| 3 | 40,16 | 2,22 |

Enkapsulasi pupuk NPK dengan tiga perlakuan yang dibedakan melalui frekuensi pemupukan, P1: Frekuensi pemupukan 1 kali, P2: Frekuensi pemupukan 2 kali, P3: Frekuensi pemupukan 3 kali, pada tabel diatas memperlihatkan bahwa karakteristik dari pupuk NPK yang terenkapsulasi memiliki waktu yang cukup lama untuk larut dalam air dibanding dengan pupuk tanpa enkapsulasi (±15–40 detik:±1–2 detik). Penelitian ini mengindikasikan bahwa efisiensi dalam pemanfaatan nutrisi oleh tanaman dapat ditingkatkan melalui teknologi modern yang

memungkinkan pelepasan nutrisi terkendali, karena unsur hara tersedia dapat di lepaskan secara bertahap sesuai kebutuhan tanaman. Kondisi ini sangat relevan dan kompatibel untuk diaplikasikan dalam sistem konvensional pada rumah kaca, di mana kehilangan nutrisi akibat pencucian (*leaching*) dan transpirasi dapat diminimalkan dan penyerapan nutrisi oleh akar menjadi lebih optimal.

Nitrogen merupakan unsur dominan yang sangat penting dan salah satu kebutuhan spesifik unsur hara untuk mendukung pertumbuhan kale, terutama dalam pembentukan klorofil, protein dan jaringan vegetatif. Peningkatan dosis nitrogen hingga 200 kg/ha secara signifikan dapat meningkatkan hasil biomassa tanaman dan akumulasi nitrogen dalam jaringan tanaman (Teuber et al. 2020). Nitrogen dan sulfur pada tanah dapat berinteraksi satu sama lain, interaksi ini berperan penting dalam sintesis asam amino dan efisiensi penggunaan nitrogen pada tanaman, sehingga keseimbangan kedua unsur ini perlu diperhatikan dalam proses pemupukan tanaman.

Penelitian Abiya *et al.* 2022 menunjukan bahwa pemupukan berbasis organik seperti pupuk kotoran black soldier fly (BSF) yang disetarakan dengan kebutuhan Nitrogen (371 kg/ha) mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun serta kandungan klorofil kale secara signifikan dibandingkan kontrol. Kebutuhan nutrisi kale tidak hanya bergantung pada jumlah unsur hara yang diberikan pada tanaman, melainkan juga pada bentuk dan sumber nutrisi yang diberikan pada tanaman akan mempengaruhi ketersediaan dan penyerapan oleh tanaman. Pupuk organik mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga penyerapan hara oleh akar berjalan secara optimal.




**Gambar 3**. Diagram bobot segar tanaman pada masing-masing perlakuan (fachrurrozi et al., 2025).

Bobot segar tanaman pada tabel diatas dengan pemberian dosis pada setiap perlakuan diatas dengan kode N0: 15 gram kontrol, N1: 10 gram enkapsulasi, N2: 15 gram enkapsulasi, N3: 20 gram enkapsulasi, menunjukan bahwa bobot segar tanaman kale dipengaruhi oleh interaksi antara dosis dan frekuensi pemupukan. Pada dosis rendah (N1) peningkatan frekuensi

pemupukan secara signifikan meningkatkan bobot segar tanaman sedangkan pada dosis sedang (N2), perbedaan frekuensi pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata. Pada dosis tinggi (N3), peningkatan frekuensi pemupukan justru menurunkan bobot segar tanaman, yang diduga terjadi karena akibat adanya ketidakseimbangan nutrisi atau efek toksisitas dengan tingkat kepekatan yang tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa efisiensi pemupukan tidak hanya ditentukan oleh jumlah pupuk, tetapi juga oleh strategi pengaplikasian.

Secara keseluruhan, dalam sistem konvensional didalam rumah kaca, kebutuhan nutrisi kale dapat meliputi pemberian suplai nitrogen tinggi sebagai faktor pembatas utama, keseimbangan unsur hara dengan unsur lain seperti phosphor (P), Kalium (K), dan Sulfur (S) untuk mendukung metabolisme tanaman, serta strategi pemupukan yang efisien seperti penggunaan pupuk pelepasan lambat atau kombinasi pupuk organik dan pupuk anorganik untuk meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan produktivitas tanaman.

**Kebutuhan pH Tanah dan Air**

Kebutuhan pH tanah pada tanaman kale (Brassica oleracea) di dalam rumah kaca sangat penting karena kondisi lingkungan yang terkontrol dapat mempercepat perubahan sifat kimia tanah, terutama akibat pemupukan intensif. Secara umum, kale tumbuh optimal pada pH tanah berkisar antara 6,0–7,0, karena pada kondisi tersebut unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) tersedia dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman. Pada pH tanah yang terlalu rendah (asam), unsur seperti aluminium dapat bersifat toksik dan menghambat pertumbuhan akar, sedangkan pada pH tinggi (basa), unsur mikro seperti Fe dan Zn menjadi tidak tersedia sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa kondisi media tanam sangat memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman kale melalui ketersediaan unsur hara (Amelisa *et al.* 2022).

Pada sistem budidaya kale di rumah kaca berbasis hidroponik, pH air atau larutan nutrisi menjadi faktor yang sangat krusial karena secara langsung memengaruhi kelarutan dan keseimbangan unsur hara. Kisaran pH optimal untuk tanaman kale pada sistem hidroponik adalah sekitar 5,5–6,5 agar nutrisi tetap tersedia dalam bentuk yang dapat diserap oleh akar. Jika pH larutan terlalu rendah atau terlalu tinggi, maka akan terjadi gangguan penyerapan unsur hara yang berdampak pada pertumbuhan tanaman. Penelitian menunjukkan bahwa pengaturan konsentrasi nutrisi dan kondisi larutan, termasuk pH, sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan kale pada sistem hidroponik (Rahmat, 2023).

Selain itu, dalam sistem rumah kaca, stabilitas pH baik pada tanah maupun air harus dijaga melalui pemantauan rutin menggunakan alat ukur seperti pH meter. Perubahan pH dapat terjadi akibat aktivitas akar tanaman, penyerapan nutrisi, serta interaksi mikroorganisme di

dalam media tanam. Oleh karena itu, pengendalian pH dilakukan dengan penambahan bahan penetral seperti kapur untuk menaikkan pH atau larutan asam untuk menurunkannya. Hal ini didukung oleh penelitian yang menyatakan bahwa parameter pH merupakan faktor penting dalam sistem hidroponik karena berpengaruh langsung terhadap efisiensi penyerapan nutrisi dan pertumbuhan tanaman (Muriyatmoko, 2023).

**Pemeliharaan Tanaman Kale dalam Rumah Kaca**

**Pengamatan Harian**

Kondisi budidaya tanaman kale dipengaruhi oleh faktor-faktor yang dapat mempengaruhi budidaya kale mulai dari faktor internal berupa kondisi mikroklimat dalam rumah kaca dan juga faktor eksternal seperti input nutrisi dari manusia. Pengamatan pada tanaman kale dalam rumah kaca biasa dilakukan pada pagi dan sore hari, saat matahari mulai terbit dan saat menjelang fajar. Proses pengamatan tanaman kale dalam rumah kaca bisa dimulai dari kondisi dalam rumah kaca berupa instalasi budidaya tanaman kale mau itu pipa, selang, pengairan, dan parameter tanaman berupa tinggi, jumlah daun dan juga lingkungan dalam rumah kaca berupa suhu dan tingkat kelembapan.

Instalasi budidaya kale dalam sistem hidroponik dapat berupa pipa, selang, sistem irigasi serta netpot menjadi aspek penting dalam pengamatan harian khusunya untuk masuk kedalam kegiatan pemeliharaan kale dalam rumah kaca. Komponen instalasi hidroponik perlu diperiksa secara rutin setiap harinya untuk memastikan tidak ada kebocoran, penyumbatan maupun kerusakan yang dapat mengganggu aliran air dan nutrisi pada tanaman. Pengamatan instalasi pada sistem konvensional berbasis tanah, kondisi pengairan atau sistem drainase juga perlu diamati untuk menghindari genangan yang dapat berpotensi menyebabkan penyakit akar. Sedangkan, pada sistem hidroponik, kelancaran aliran larutan nutrisi dan kebersihan instalasi menjadi faktor penting dalam menjaga tumbuh kembang tanaman. Efisiensi dan kestabilan sistem distribusi air serta nutrisi diketahui dapat mempengaruhi performa tanaman dalam lingkungan yang terkontrol (Shamshiri *et al.* 2018)

Pengamatan juga difokuskan pada kondisi tanaman kale itu sendiri dalam rumah kaca sebagai indikator utama keberhasilan budidaya. Paramater yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, warna daun serta ada atau tidaknya gejala serangan hama dan penyakit. Tanaman yang tumbuh optimal biasanya menunjukan warna daun hijau pekat, pertumbuhan yang seragam dan tidak mengalami gejala defisiensi hara, seperti klorosis, nekrosis, atau mungkin efek burn di pinggir-pinggir daun. Pengamatan terhadap perkembangan daun sangat penting karena kale merupakan tanaman sayuran daun yang akan dijual atau nilai ekonominya terletak pada bagian vegetatif ya. Menurut Kyriacou *et al.* (2019), parameter pertumbuhan

vegetatif seperti jumlah dan luas daun memiliki hubungan erat dengan produktivitas serta kualitas hasil pada tanaman hortikultura daun.

Kondisi lingkungan dalam rumah kaca seperti suhu dan kelembapan juga perlu diamati secara berkala karena sangat mempengaruhi proses fisiologis tanaman. Kale biasa tumbuh optimal pada suhu 15 hingga 25°C dengan kelembapan relatif sekitar 60-80%. Suhu yang terlalu tinggi dapat meningkatkan laju transpirasi pada tanaman sehingga tanaman dapat mengalami stres, sedangkan kelembapan yang terlalu tinggi dapat memicu perkembangan penyakit, terutama penyakit yang disebabkan oleh jamur patogen. Pengamatan suhu dan kelembapan biasa dilakukan dengan menggunakan alat seperti termohigrometer, serta untuk pengoptimalan suhu dan kelembapan nya didukung dengan pengelolaan ventilasi dan sirkulasi udara yang baik. Pengendalian mikroklimat yang optimal dalam rumah kaca mampu meningkatkan efisiensi proses fotosintesis dan produktivitas tanaman secara keseluruhan Shamshiri *et al.* 2018).

Larutan nutrisi juga menjadi salah satu aspek yang tak kalah penting untuk diamati dalam budidaya kale dalam rumah kaca, terutama pada sistem hidroponik. Parameter utama yang diamati berupa electrical conductivity (EC) dan pH air dalam larutan nutrisi karena keduanya berperan langsung dalam ketersediaan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Menurut penelitian oleh Rouphael *et al*. (2018), pengelolaan EC yang tepat dalam sistem budidaya terkontrol sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyerapan nutrisi dan kualitas hasil tanaman daun seperti kale. Kadar atau nilai EC yang tinggi menunjukan konsentrasi garam yang berlebih sehingga dapat menyebabkan stres osmotik, menghambat penyerapan air serta memicu gejala seperti daun terbakar (*top burn*) dan juga menyebabkan kondisi plasmolisis pada tanaman sehingga pertumbuhan dapat terhambat. Sebaliknya, jika nilai EC terlalu rendah dapat membuat tanaman kekurangan nutrisi sehingga pertumbuhan tanaman tidak optimal dan menyebabkan daun tampak pucat (klorosis), serta penurunan produktivitas. Oleh karena itu, pemantauan dan penyesuaian larutan nutrisi secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan hara.

**Penyiraman Tanaman Kale dalam Sistem Konvensional**

Penyiraman merupakan kegiatan pemeliharaan yang berhubungan dengan ketersediaan air dalam media tanam dan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kale di dalam rumah kaca. Air diperlukan untuk mendukung proses fotosintesis, menjaga tekanan turgor sel, serta membantu penyerapan dan distribusi unsur hara. Pada sistem konvensional, penyiraman dilakukan langsung ke media tanam dengan memperhatikan kondisi lingkungan dan fase pertumbuhan tanaman.

Menurut Zhang *et al*. (2023), pengelolaan irigasi pada tanaman hortikultura dilakukan dengan menyesuaikan kebutuhan air tanaman terhadap kondisi media dan lingkungan, sehingga kelembapan tanah tetap berada pada kisaran optimal. Dalam praktik budidaya di rumah kaca, penyiraman kale umumnya dilakukan 1–2 kali per hari, yaitu pada pagi dan sore hari. Pada kondisi suhu tinggi atau media tanam yang cepat kering, frekuensi dapat ditingkatkan menjadi 2–3 kali per hari dengan volume air yang disesuaikan agar tidak terjadi genangan.

Selain frekuensi, volume penyiraman juga perlu diperhatikan. Air diberikan hingga media berada dalam kondisi lembab merata, tetapi tidak jenuh. Menurut Pamungkas *et al*. (2025), kelebihan air dapat menyebabkan berkurangnya oksigen dalam pori-pori tanah sehingga menghambat respirasi akar dan penyerapan nutrisi. Sebaliknya, kekurangan air akan menurunkan laju fotosintesis dan menyebabkan tanaman mengalami stres air.

Kebutuhan air tanaman kale juga dipengaruhi oleh laju evapotranspirasi yang meningkat akibat suhu dan intensitas cahaya di dalam rumah kaca. Menurut Calleja-Cabrera *et al*. (2020), kondisi kelembapan tanah yang terlalu tinggi dalam waktu lama dapat memicu perkembangan patogen akar pada tanaman sayuran daun oleh karena itu, penyiraman dilakukan berdasarkan hasil pengamatan kelembapan media, baik secara manual maupun menggunakan alat ukur, sehingga keseimbangan air dalam tanah tetap terjaga dan pertumbuhan tanaman berlangsung optimal.

**SOP Kebersihan Tanaman Kale dalam Sistem Hidroponik**

Kebersihan dalam sistem hidroponik berhubungan dengan kestabilan pertumbuhan tanaman kale karena larutan nutrisi yang digunakan sangat rentan terhadap kontaminasi. Instalasi yang tidak terjaga dapat memicu pertumbuhan alga, bakteri, dan jamur yang berdampak pada terganggunya penyerapan unsur hara oleh akar. Penerapan prosedur kebersihan dilakukan secara teratur melalui tahapan sebagai berikut:

a) Pembersihan instalasi secara berkala dilakukan pada talang, pipa, dan bak nutrisi sekitar satu hingga dua kali dalam satu minggu. Kegiatan ini bertujuan untuk mencegah penumpukan sisa nutrisi dan lumut yang dapat menghambat aliran larutan. Menurut Nikolaou *et al.* (2019), sanitasi instalasi berpengaruh terhadap kesehatan akar dan mampu menekan perkembangan patogen pada sistem hidroponik.
b) Penggantian dan pengontrolan larutan nutrisi dilakukan dengan memperhatikan kejernihan, warna, serta adanya endapan. Larutan umumnya diganti setiap 7–14 hari atau lebih cepat apabila terjadi penurunan kualitas. Nikolaou *et al*. (2019) juga menyatakan

bahwa larutan nutrisi yang terjaga kualitasnya mendukung penyerapan unsur hara secara optimal sehingga pertumbuhan tanaman tetap stabil.

c) Pembersihan area *greenhouse* dilakukan setiap hari dengan menghilangkan daun gugur, sisa tanaman, dan genangan air yang berpotensi menjadi sumber penyakit. Lingkungan yang bersih membantu mengurangi risiko kontaminasi mikroorganisme pada sistem hidroponik (Zhao *et al.* 2019).

d) Sterilisasi alat dan wadah seperti netpot, tray semai, dan alat ukur dilakukan setiap selesai penggunaan. Langkah ini bertujuan untuk mencegah perpindahan patogen antar tanaman yang dapat menurunkan kualitas produksi.

e) Pengendalian pertumbuhan alga dilakukan dengan membatasi paparan cahaya pada bagian instalasi yang berisi larutan nutrisi, misalnya dengan menutup talang atau pipa tertentu. Upaya ini dilakukan karena cahaya yang berlebih dapat memicu pertumbuhan alga yang mengganggu kestabilan sistem.

f) Monitoring kondisi akar tanaman dilakukan setiap hari untuk mengamati perubahan warna, tekstur, maupun adanya lendir pada akar. Swibawa (2024) menjelaskan bahwa pengamatan rutin terhadap kondisi akar dapat membantu mendeteksi gangguan lebih awal sehingga kualitas tanaman tetap terjaga.

**Pasca Panen Tanaman Kale**

**Panen**

Pemanenan kale dalam sistem hidroponik dilakukan pada umur 7 minggu setelah tanam (MST), yaitu pada saat tanaman telah mencapai fase vegetatif optimal yang ditandai dengan jumlah dan ukuran daun yang sudah berkembang dengan baik serta warna daun yang hijau segar. Pada fase ini, tanaman memiliki kemampuan fotosintesis yang maksimal sehingga akumulasi biomassa cukup tinggi dan layak untuk dipanen. Namun demikian, kale juga dapat dipanen pada umur yang lebih muda, yang dikenal sebagai baby kale. Pada kondisi ini, daun masih berukuran kecil dengan tekstur yang lebih lembut dan biasanya memiliki nilai konsumsi tersendiri, terutama untuk kebutuhan sayuran segar. Pemanenan Kale dilakukan dengan memanen sebanyak 119 tanaman yang ada dalam netpot hidroponik yang dilakukan juga secara bertahap sesuai dengan kebutuhan produksi atau permintaan pasar.

Penerapan waktu panen yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil, karena daun yang dipanen pada kondisi optimal akan memiliki kandungan nutrisi yang baik, tampilan yang menarik, serta daya simpan yang lebih baik. Sistem hidroponik mendukung proses panen yang lebih higienis karena tanaman tidak bersentuhan langsung dengan tanah, sehingga hasil panen relatif lebih bersih dan memiliki kualitas yang lebih tinggi. Penentuan waktu panen, baik

pada fase baby kale maupun pada umur optimal, menjadi aspek penting dalam budidaya kale hidroponik. Dengan memperhatikan ini merupakan suatu upaya untuk menjaga kualitas produk serta meningkatkan efisiensi produksi secara berkelanjutan (Putri *et al.* 2025).

**Sortasi**

Sortasi merupakan tahap awal dalam penanganan pascapanen yang bertujuan untuk memisahkan komoditas berdasarkan kondisi mutu, terutama terkait kerusakan fisik dan kelayakan konsumsi. Pada tahap ini dilakukan pemilahan antara produk yang baik dengan yang mengalami kerusakan seperti memar, busuk, lecet, atau cacat bentuk, serta pembersihan dari kontaminan seperti tanah dan benda asing. Kegiatan sortasi menjadi sangat penting karena komoditas hortikultura bersifat mudah rusak (perishable), sehingga kerusakan kecil dapat mempercepat penurunan mutu secara keseluruhan . Selain itu, sortasi juga mempertimbangkan parameter mutu lain seperti ukuran, tingkat kematangan, warna, dan bentuk untuk menghasilkan produk yang lebih seragam sesuai kebutuhan pasar (Saidi *et al.* 2021).

Secara ilmiah, sortasi juga didefinisikan sebagai proses pemisahan bahan yang tidak layak dipasarkan, termasuk produk yang rusak, cacat, atau terkontaminasi, guna mencegah penurunan mutu lebih lanjut pada produk lain (FAO, 2019). Proses ini dapat dilakukan secara manual melalui pengamatan visual maupun secara mekanis menggunakan alat bantu untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi hasil. Selain meningkatkan kualitas visual, sortasi berperan penting dalam mencegah kontaminasi silang akibat aktivitas mikroorganisme dari produk yang rusak. Dengan demikian, sortasi yang tepat tidak hanya mempertahankan mutu tetapi juga memperpanjang daya simpan serta meningkatkan nilai ekonomi komoditas hortikultura.

**Grading**

Grading merupakan tahap lanjutan setelah sortasi yang bertujuan untuk mengelompokkan produk ke dalam kelas mutu tertentu berdasarkan standar kualitas yang telah ditetapkan. Berbeda dengan sortasi yang berfokus pada pemisahan produk layak dan tidak layak, grading lebih menitikberatkan pada aspek keseragaman dan kualitas visual seperti ukuran, warna, bentuk, tingkat kematangan, serta bebas dari cacat. Dalam literatur internasional, sistem grading umumnya mengelompokkan produk ke dalam beberapa kelas mutu seperti Extra Class, Class I, dan Class II berdasarkan parameter kualitas tertentu, termasuk keseragaman, kebersihan, dan kondisi fisik produk (FAO, 2019).

Dalam praktik di tingkat lapangan dan pemasaran, sistem klasifikasi tersebut sering disederhanakan menjadi Grade A, B, dan C untuk memudahkan pengelompokan produk. Grade A menunjukkan kualitas tertinggi dengan ukuran seragam, warna cerah sesuai varietas, bentuk

sempurna, dan bebas dari kerusakan. Grade B memiliki kualitas sedang dengan sedikit variasi ukuran dan cacat ringan, sedangkan Grade C memiliki kualitas lebih rendah dengan ukuran tidak seragam serta cacat yang lebih jelas sehingga umumnya dimanfaatkan untuk produk olahan. Pengelompokan ini menunjukkan bahwa grading tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan penampilan produk, tetapi juga berperan dalam penentuan harga dan segmentasi pasar sesuai dengan preferensi konsumen (Saidi et al. 2021).

**Pengemasan**

Pengemasan merupakan salah satu tahapan penting dalam penanganan pascapanen sayuran yang dilakukan setelah proses panen, sortasi, dan grading. Pengemasan bertujuan untuk melindungi produk dari kerusakan fisik, kontaminasi, serta menjaga kualitas produk selama penyimpanan dan distribusi. Pada sayuran daun seperti kale, pengemasan sangat penting karena kandungan air yang tinggi menyebabkan produk mudah mengalami kerusakan akibat proses respirasi, aktivitas mikroorganisme, serta perubahan kimiawi setelah panen. Oleh karena itu, pemilihan bahan kemasan perlu mempertimbangkan karakteristik produk serta kemampuan kemasan dalam menjaga kesegaran sayuran (Prabowo *et al.* 2023).

Pada praktik pengemasan kale, daun kale yang telah melalui proses sortasi dan grading dikemas menggunakan plastik (polypropylene) PP dengan berat 200 gram per kemasan. Plastik PP dipilih karena memiliki sifat ringan, cukup kuat, tahan terhadap kelembaban, serta transparan sehingga kondisi produk di dalam kemasan dapat terlihat dengan jelas (Srimurni *et al.* 2024). Pengemasan ini bertujuan untuk menjaga kesegaran kale, mengurangi kerusakan selama penanganan, serta memudahkan proses distribusi dan pemasaran (Saidi *et al.* 2021). Produk kale yang telah dikemas kemudian dipasarkan dengan harga sekitar Rp17.000 per kemasan, sehingga pengemasan juga berperan dalam meningkatkan nilai jual produk. Selain pengemasan, kemasan kale juga dilengkapi dengan label produk yang berfungsi memberikan informasi kepada konsumen. Label tersebut memuat informasi mengenai nama produk, berat bersih, kandungan gizi, serta cara pengolahan atau cara memasak kale. Informasi ini membantu konsumen mengetahui manfaat gizi kale sekaligus memberikan panduan sederhana dalam mengolahnya menjadi makanan. Dengan adanya label, produk menjadi lebih informatif, mudah dikenali, serta dapat meningkatkan kepercayaan konsumen terhadap kualitas produk. Dengan demikian, pengemasan yang disertai label tidak hanya berfungsi melindungi kale, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam aspek informasi dan pemasaran (Dewanti *et al*. 2019).

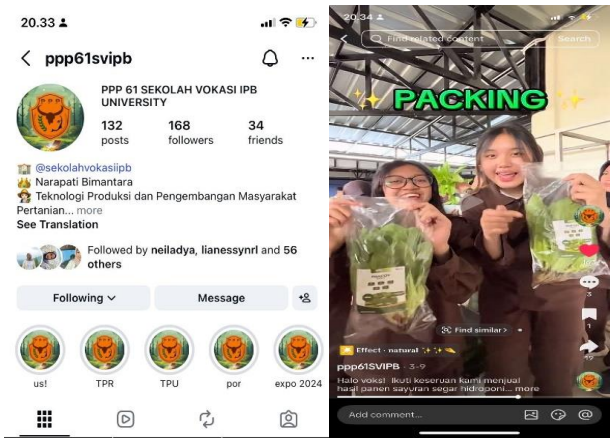
**Konsep Marketing dan Penjualan**

Konsep marketing pada produk kale hidroponik yang dibudidayakan dalam rumah kaca difokuskan pada penciptaan citra produk sehat, higienis, dan ramah lingkungan. Strategi pemasaran dilakukan dengan memanfaatkan media promosi visual berupa katalog yang menampilkan foto produk secara nyata (*real picture*) untuk meningkatkan kepercayaan konsumen. Katalog tersebut didesain menarik dan informatif, serta dilengkapi dengan informasi kandungan nutrisi kale, manfaat kesehatan, cara penyajian, dan cara penyimpanan produk agar kualitas tetap terjaga.




**Gambar 4**. Katalog Baby Kale.

Selain itu, produk kale dikemas dengan baik menggunakan kemasan yang bersih dan menarik, serta dilengkapi label yang mencantumkan identitas produk, informasi nutrisi, dan keunggulan seperti “tanpa pestisida” dan “hidroponik”. Kemasan ini tidak hanya berfungsi sebagai pelindung produk, tetapi juga sebagai media komunikasi nilai produk kepada konsumen. Strategi distribusi promosi dilakukan secara online melalui penyebaran katalog digital di media sosial seperti WhatsApp, Instagram, TikTok dan platform komunikasi lainnya. Branding dan konten yang diusung adalah sebagai sayuran sehat yang aman dikonsumsi, bebas pestisida, dan ramah lingkungan. Pendekatan ini bertujuan untuk menarik konsumen yang memiliki gaya hidup sehat dan kesadaran terhadap kualitas pangan (Butar-Butar, 2025).



## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Budidaya kale dalam rumah kaca mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi melalui pengendalian faktor lingkungan seperti suhu, intensitas cahaya, dan kelembapan sehingga pertumbuhan tanaman dapat berlangsung lebih optimal. Keberhasilan budidaya dipengaruhi oleh pengelolaan nutrisi yang tepat, pengaturan pH media tanam, serta pemeliharaan tanaman yang dilakukan secara rutin. Penanganan pascapanen melalui panen tepat waktu, sortasi, grading, dan pengemasan juga berperan dalam menjaga mutu produk dan meningkatkan nilai jual kale. Secara umum, budidaya kale dalam rumah kaca memiliki potensi ekonomi yang baik dan layak untuk dikembangkan sebagai komoditas hortikultura bernilai tinggi.

### Saran

Pengelolaan budidaya kale dalam rumah kaca perlu dilakukan secara teratur dengan memperhatikan pengaturan nutrisi, pH media tanam, serta kondisi lingkungan agar pertumbuhan tanaman tetap optimal. Selain itu, penanganan pascapanen seperti panen tepat waktu, sortasi, grading, dan pengemasan perlu dilakukan dengan baik untuk menjaga kualitas produk. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian langsung di lapangan terkait teknik budidaya dan pengelolaan nutrisi yang lebih efektif sehingga produktivitas dan kualitas kale dapat meningkat.

## DAFTAR REFERENSI

Food and Agriculture Organization. (2019). *The state of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction*. Food and Agriculture Organization.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., & Santamaria, P. (2019). Microgreens as a component of space life support systems: A cornucopia of functional food. *Frontiers in Plant Science, 10*, Article 1090. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01090

Mawaddah, H. A. (2022). *Penanganan pascapanen kale (Brassica oleracea var. acephala) di Rumah Sayur Cisarua* (Undergraduate thesis, Institut Pertanian Bogor).

Mulyani, A., & Agus, F. (2017). Kebutuhan dan ketersediaan lahan cadangan untuk mewujudkan cita-cita Indonesia sebagai lumbung pangan dunia tahun 2045. *Analisis Kebijakan Pertanian, 15*(1), 1–17. https://doi.org/10.21082/akp.v15n1.2017.1-17

Nikolaou, G., Neocleous, D., Katsoulas, N., & Kittas, C. (2019). Irrigation of greenhouse crops. *Horticulturae, 5*(1), Article 7.

Ortega-Hernández, E., Antunes-Ricardo, M., & Jacobo-Velázquez, D. A. (2021). Improving the health benefits of kales (Brassica oleracea L. var. acephala) through the application of controlled abiotic stresses: A review. *Plants, 10*(12), Article 2629.

Rouphael, Y., Kyriacou, M. C., Petropoulos, S. A., De Pascale, S., & Colla, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae, 234*, 275–289. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.033

Saidi, I. A., Azara, R., & Yanti, E. (2021). *Buku ajar pasca panen dan pengolahan sayuran daun*. Umsida Press.

Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture, 162*, 105–125. https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.020

Terlaje, T., & Tuquero, J. (2019). *Growing kale*. University of Guam, Cooperative Extension & Outreach.

Teuber, O., Samarappuli, D., & Berti, M. (2020). Nitrogen and sulfur fertilization in kale and swede for grazing. *Agronomy, 10*(5), Article 619.

Zhang, J., Xiang, L., Zhu, C., Li, W., Jing, D., Zhang, L., & Li, J. (2023). Evaluating the irrigation schedules of greenhouse tomato by simulating soil water balance under drip irrigation. *Agricultural Water Management, 283*, Article 108323.

Zhao, P., Guo, J., Gao, X., Liu, G., Li, Y., Burner, D. M., & Yang, L. (2019). Small-scale mechanical harvesting and tractor-caused soil compaction reduce early growth in sugarcane. *Agronomy, 9*(12), Article 830.

Abiya, A. A., Kupesa, D. M., Beesigamukama, D., Kassie, M., Mureithi, D., Thairu, D., Wesonga, J., Tanga, C. M., & Niassy, S. (2022). Agronomic performance of kale (Brassica oleracea) and Swiss chard (Beta vulgaris) grown on soil amended with black soldier fly frass fertilizer under wonder multistorey gardening system. *Agronomy, 12*, Article 2211.

Calleja-Cabrera, J., Boter, M., Oñate-Sánchez, L., & Pernas, M. (2020). Root growth adaptation to climate change in crops. *Frontiers in Plant Science, 11*, Article 544.