



# 植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

# **Mengoperasikan Pertanian Vertikal: Panduan Pemula**

# Daftar Isi

## Preface

### Chapter 2: Dasar-Dasar Manajemen Budidaya

- Apa Saja Poin Penting dalam Memilih Tanaman yang Paling Cocok untuk Pertanian Vertikal?
- Pemanfaatan Lampu LED
- Cahaya
- Sistem Hidroponik
- Manajemen Suhu

### Chapter 3: Praktik Manajemen Operasional Lapangan

- Menyusun Rencana Produksi
- Penyemaian
- Pembibitan
- Pindah Tanam dan Penanaman Akhir
- Panen dan Pemangkasan
- Pekerjaan Setelah Panen
- Manajemen dan Pendidikan Karyawan
- Menerapkan Manajemen Higiene Sanitasi Secara Menyeluruh
- Analisis Data
- Langkah Setelah Memahami Dasar: Membuat Pertanian Vertikal yang Menguntungkan
- "Praktik" Setelah Pengetahuan Dasar
- Menuju Pertumbuhan Lebih Lanjut

# Preface

Pertanian vertikal bukan bisnis yang bisa dimenangkan hanya dengan melengkapi peralatan. Sejak masuk ke industri ini pada tahun 2011, saya telah melihat lebih dari 10 lokasi, dari yang kecil hingga besar. Ada perusahaan besar dengan kekuatan modal yang mundur hanya dalam beberapa tahun, sementara ada juga pabrik yang menjaga laba tetap stabil lewat perbaikan kecil yang dilakukan terus-menerus. Perbedaannya hampir selalu bermuara pada "cara menggerakkan lapangan".

Buku ini adalah panduan pemula untuk membantu Anda menangkap rasa lapangan itu dalam waktu singkat.

- Baru masuk ke pertanian vertikal, dan belum melihat gambaran besar pekerjaannya
- Ingin terlebih dahulu memahami dasar-dasar yang diperlukan bagi seorang pengelola
- Walau pengalaman masih sedikit, ingin memiliki landasan untuk mengambil keputusan di lapangan

Untuk Anda yang berada dalam situasi seperti ini, saya menyusun hanya pengetahuan yang diperlukan, dengan patokan "memahami dasar pertanian vertikal dalam 3 jam". Luas dan dangkal, tetapi dalam bentuk yang benar-benar bisa dipakai di lapangan.

Karena ditujukan untuk pemula, pembahasan mendalam bagi praktisi berpengalaman memang lebih sedikit. Pembahasan yang lebih mendalam tentang profitabilitas saya bahas terpisah di situs (<https://pfboost.com/id/>). Di sana tersedia template manajemen operasional lapangan, alat formulasi nutrisi, artikel yang berfokus pada profitabilitas, dan lainnya. Setelah selesai membaca buku ini, silakan lihat juga.

## Cara Menggunakan Buku Ini

Pembaca yang saya bayangkan adalah orang yang baru masuk ke pertanian vertikal. Saya akan senang jika buku ini dipakai sebagai materi pengantar yang bisa diberikan kepada orang baru di lapangan dengan pesan, "Baca ini dulu." Anda bebas menyalin dan mendistribusikannya kembali. Namun, karena hak cipta tidak saya lepaskan, mohon tidak mengubah isinya.



## **Penulis**

Shohei Imamura

Masuk ke industri pertanian vertikal pada tahun 2011. Sebagai staf lapangan dan manajer tim pendukung, terlibat dalam pendirian dan pengoperasian lebih dari 10 pertanian vertikal, dari yang kecil hingga besar. Terlibat dalam pelatihan lebih dari 600 staf secara kumulatif. Dari pengalaman itu, saya yakin bahwa yang menentukan keuntungan pertanian vertikal bukanlah peralatan atau sistem, melainkan keterampilan dan pengetahuan orang yang menggunakannya. Saat ini saya bekerja secara independen, menyediakan konsultasi peningkatan profitabilitas, dukungan, dan konten untuk pertanian vertikal.

# Chapter 1: Masa Depan dan Prospek Pertanian Vertikal

## Mengetahui "Kondisi Saat Ini" Pertanian Vertikal

Saya masuk ke industri pertanian vertikal pada tahun 2011, pada masa yang disebut "booming pertanian vertikal". Perusahaan-perusahaan besar masuk satu demi satu, pabrik baru dibangun di berbagai wilayah, dan media mengangkatnya sebagai "pertanian masa depan".

Namun, perkembangan setelah itu tidak berjalan sesuai harapan. Bahkan perusahaan besar yang memiliki kekuatan modal dan kekuatan merek pun banyak yang mundur hanya dalam beberapa tahun. Memasukkan peralatan paling mutakhir bukan berarti akan berhasil. Dalam beberapa tahun terakhir, pembangunan pabrik baru juga sudah jauh berkurang.

### Hal yang Berubah, Hal yang Tidak Berubah

Dalam lebih dari 10 tahun ini, ada hal-hal yang memang berubah dengan jelas. Kinerja lampu LED meningkat pesat. Saat saya mulai masuk ke lapangan, masih ada pabrik yang memakai lampu fluoresen. Manajemen data budidaya dan efisiensi sistem juga telah maju. Dari sisi teknologi, kemajuannya nyata.

Ada juga hal yang tidak berubah. Yang saya rasakan kuat setelah lebih dari 10 tahun berada di industri ini adalah bahwa **yang menentukan profitabilitas pertanian vertikal bukanlah peralatan atau sistem, melainkan "orang" yang menggerakkannya**. Di samping sensor IoT terbaru, staf masih memeriksa kondisi daun dengan tangan. Di samping kendali lingkungan berbasis AI, "intuisi" pekerja berpengalaman tetap hidup. Pertanian vertikal adalah tempat seperti itu.

### Meski Begitu, Pertanian Vertikal Tetap Memiliki Potensi

Sejujurnya, menurut saya situasinya bukan sesuatu yang bisa dipandang optimistis. Namun, di tengah kondisi yang sulit pun, memang ada pabrik yang menghasilkan keuntungan. Kesamaan mereka adalah mengetahui "cara menggerakkan lapangan". Bukan soal baik atau buruknya peralatan, melainkan sejauh mana staf lapangan memahami budidaya dan mampu menumpuk keputusan harian. Saya sudah berkali-kali melihat pabrik berubah besar hanya

karena satu perbaikan yang sangat kecil. Produksi stabil yang tidak dipengaruhi cuaca, produktivitas tinggi di lahan terbatas, dan pengurangan besar dalam penggunaan pestisida. Kekuatan-kekuatan ini bernilai di wilayah mana pun di dunia. Dalam buku ini, saya akan menyampaikan pengetahuan dasar yang menjadi landasannya sebagai gambaran besar.

## **Mengapa Pertanian Vertikal Menjadi Merugi?**

Walau memiliki potensi, kenyataannya banyak pabrik terpaksa menghadapi kondisi usaha yang berat.

- "Investasi peralatan terlalu besar"
- "Sayuran tidak tumbuh seperti yang diharapkan"
- "Sudah berhasil membuat produk, tetapi tidak terjual"

Ini adalah suara yang sering terdengar di lapangan. Mengapa begitu banyak pabrik menderita kerugian?

### **Kenyataan Keras yang Ditunjukkan Data**

Masalah profitabilitas pertanian vertikal bukan hanya terjadi di Jepang. Tantangan yang sama dilaporkan di berbagai wilayah dunia. Di sini, kita melihat data survei dari Jepang sebagai pasar yang lebih dulu berjalan. Sejak sekitar 2010, banyak perusahaan di Jepang masuk ke pertanian vertikal dan mengalami keberhasilan maupun kegagalan. Pelajarannya berlaku bagi wilayah mana pun yang akan mengerjakan pertanian vertikal. Dalam survei Japan Greenhouse Horticulture Association, ketika pelaku usaha diklasifikasikan berdasarkan hasil panen per satuan luas, muncul kecenderungan yang jelas: semakin besar hasil panen, semakin tinggi proporsi pelaku usaha yang mencetak laba.

- greenhouse / hasil panen tinggi: laba 46%, rugi 31%
- greenhouse / hasil panen rendah: laba 25%, rugi 58%
- pertanian vertikal / hasil panen tinggi: laba 27%, rugi 27%
- pertanian vertikal / hasil panen rendah: laba 6%, rugi 83%

Khususnya, tingkat kerugian pelaku usaha pertanian vertikal dengan hasil panen rendah mencapai 83%. Seberapa banyak sayuran yang bisa diproduksi dari luas yang sama sangat memengaruhi profitabilitas.

## Struktur Biaya

Dari survei yang sama, mari kita lihat juga strukturnya.

- greenhouse: biaya tenaga kerja 34-37%, penyusutan 10-11%, utilitas air dan listrik 12-16%, bahan 15-16%
- pertanian vertikal: biaya tenaga kerja 29-34%, penyusutan 14-17%, utilitas air dan listrik 29-31%, bahan 7-9%

Dalam kedua bentuk budidaya, biaya tenaga kerja menempati porsi terbesar dari keseluruhan biaya. Ini bukan hanya masalah pertanian vertikal, melainkan tantangan bersama yang dihadapi pertanian di seluruh dunia. Dalam pertanian vertikal, biaya air dan listrik sekitar 30%, mencapai kira-kira dua kali lipat dibandingkan greenhouse. Biaya pendinginan dan pengondisian udara untuk menjaga suhu dan kelembapan tetap stabil di ruang tertutup juga tidak bisa diabaikan. Berdasarkan pengalaman saya, ada batas dalam mengurangi biaya air dan listrik. Bagi tanaman, itu seperti makanan. Jika dikurangi, hasil panen juga turun.

## Penyebab Mengalami Kerugian

Penyebab pertanian vertikal mengalami kerugian bukan hanya biaya. Penyebab yang sama terlihat di pertanian vertikal di seluruh dunia, seperti berikut.

### Kekurangan Keterampilan Teknis Budidaya

- Kegagalan kendali lingkungan: Tidak mampu mengendalikan suhu, kelembapan, cahaya, konsentrasi karbon dioksida, dan unsur lain secara tepat, sehingga menyebabkan pertumbuhan buruk dan penyakit.
- Kesalahan pengelolaan larutan nutrisi: Dalam hidroponik, pengelolaan konsentrasi larutan nutrisi (EC) dan komposisi tidak tepat, sehingga menyebabkan pertumbuhan buruk dan penurunan kualitas.
- Manajemen higiene sanitasi yang tidak tuntas: Tidak mampu mencegah munculnya hama dan penyakit, sehingga mengalami kerugian besar.

### Kesalahan Strategi Penjualan

- Kurangnya pengembangan jalur penjualan: Tidak mampu menemukan pembeli yang stabil, sehingga kesulitan menjual.

- Terseret persaingan harga: Terseret persaingan dengan sayuran budidaya di lahan terbuka yang berharga rendah, sehingga tidak dapat memastikan laba yang cukup.
- Ketidaksesuaian permintaan dan pasokan: Tidak mampu memahami permintaan pasar, sehingga terjadi sisa produk yang tidak terjual.

#### Tekanan Investasi Awal dan Biaya Berjalan

- Kegagalan investasi peralatan: Memasukkan peralatan melebihi kebutuhan, sehingga biaya awal membengkak.
- Kurangnya pendanaan: Di banyak negara dan wilayah, ada subsidi dan skema bantuan untuk pertanian vertikal, tetapi tidak sedikit kasus yang belum memanfaatkannya secara memadai.

#### Kekurangan Sumber Daya Manusia

- Sulit mendapatkan tenaga kerja: Dibutuhkan orang dengan pengetahuan khusus dan keterampilan teknis, tetapi mendapatkan orang berpengalaman tidak mudah.
- Kurangnya pengembangan SDM: Pendidikan karyawan tidak memadai, sehingga keterampilan teknis dan pengetahuan tidak dikuasai, dan produktivitas serta kualitas tidak meningkat.

Hal-hal ini saling terkait secara kompleks dan membuat manajemen mengalami kerugian.

## **Realitas Pertanian Vertikal yang Menghasilkan Keuntungan**

Kita sudah melihat kenyataan yang keras, tetapi di tengah itu memang ada pabrik yang menghasilkan keuntungan. Di mana letak perbedaan antara pabrik yang merugi dan pabrik yang menghasilkan keuntungan?

#### Skala Bukan Segalanya

"Skala" adalah salah satu faktor yang memengaruhi profitabilitas. Di fasilitas berskala besar, kita bisa mengharapkan penurunan biaya melalui skala ekonomi dan peningkatan kekuatan penjualan melalui pasokan yang stabil. Namun, ketika melihat hubungan antara luas area dan profitabilitas dalam survei Jepang, hasilnya cukup mengejutkan.

- greenhouse / area sempit: laba 50%, rugi 23%
- greenhouse / area luas: laba 41%, rugi 50%

- pertanian vertikal / area sempit: laba 6%, rugi 78%
- pertanian vertikal / area luas: laba 19%, rugi 50%

Pada greenhouse, justru area yang lebih sempit memiliki tingkat laba lebih tinggi. Tidak bisa dikatakan bahwa skala besar pasti memiliki profitabilitas tinggi. Ketika skala membesar, investasi awal dan beban manajemen SDM juga meningkat. Sejauh mana biaya tetap seperti biaya tenaga kerja serta air dan listrik dapat ditekan sangat memengaruhi profitabilitas. Memperbesar skala hanyalah salah satu cara untuk meningkatkan profitabilitas.

### Kesamaan pada Pertanian Vertikal yang Menghasilkan Keuntungan

Setelah terlibat di berbagai lapangan, dari yang kecil hingga besar, yang saya rasakan adalah bahwa kesamaan pabrik yang menghasilkan keuntungan bukanlah peralatan yang baru ataupun skala.

- Memahami dasar budidaya dan menumpuk manajemen lingkungan harian secara tekun
- Ada orang yang bisa menelusuri penyebab masalah dari data sekaligus pengamatan
- Menemukan pemborosan dalam pekerjaan dan terus memperbaikinya sedikit demi sedikit

Jika diringkas dalam satu kalimat, ada atau tidaknya orang yang mampu menggerakkan lapangan. Inilah perbedaan terbesar. Walau peralatan paling mutakhir dimasukkan, jika tidak ada SDM yang bisa menggunakannya dengan baik, itu tidak akan terhubung ke keuntungan. Banyak kasus mundurnya perusahaan besar berakar di sini.



## **Pertanian Vertikal: Apa Perbedaan Utamanya dengan Budidaya di Lahan Terbuka dan Rumah Kaca?**

Di mana pertanian vertikal berbeda dari pertanian lain? Mari kita susun bersama rasa lapangannya.

### **Kendali Lingkungan: Dari Bergantung pada Alam ke Kendali Penuh**

Lingkungan untuk menumbuhkan tanaman sangat berbeda.

- budidaya di lahan terbuka: Mengandalkan kekuatan alam seperti hujan, angin, dan sinar matahari. Membutuhkan lahan luas serta pekerjaan berat seperti pengelolaan tanah dan penyiraman. Mudah dipengaruhi cuaca, serta berhadapan langsung dengan risiko topan dan kekeringan.
- rumah kaca: Menggunakan rumah plastik atau greenhouse kaca, dan melindungi tanaman dari cuaca sampai tingkat tertentu. Suhu dan kelembapan dapat diatur, sehingga produksi lebih stabil daripada budidaya di lahan terbuka. Namun, pembangunan dan pemeliharaan fasilitas serta biaya bahan bakar diperlukan.
- pertanian vertikal: Budidaya dilakukan di ruang tertutup dalam ruangan. Suhu, kelembapan, cahaya, konsentrasi karbon dioksida, dan unsur lain dikendalikan secara buatan untuk membuat lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan. Tidak dipengaruhi cuaca, dan produksi stabil sepanjang tahun dimungkinkan. Namun, investasi peralatan dan biaya listrik diperlukan, serta dibutuhkan keterampilan teknis dan pengetahuan tingkat tinggi.

Dalam pertanian vertikal, kita tidak meminjam kekuatan alam, melainkan membuat lingkungan dengan tangan manusia. Pengelola menyesuaikan suhu, kelembapan, cahaya, CO<sub>2</sub>, dan lainnya, lalu mengendalikan pertumbuhan tanaman.

### **Isi Pekerjaan: Dari Intuisi dan Pengalaman ke Keputusan Berbasis Data**

Metode budidaya dan isi pekerjaan juga berbeda.

- budidaya di lahan terbuka: Dari pembuatan tanah sampai panen, pengalaman bertahun-tahun dan intuisi sangat menentukan. Banyak pekerjaan berat, dan gelombang musim sibuk juga besar.

- rumah kaca: Selain pengalaman budidaya di lahan terbuka, diperlukan teknologi kendali lingkungan di dalam fasilitas. Pengelolaan suhu, ventilasi, irigasi, dan lainnya membutuhkan pengamatan serta penyesuaian yang cermat.
- pertanian vertikal: Otomatisasi dengan kendali komputer telah maju, dan pekerjaan berat lebih sedikit dibanding pertanian konvensional. Fokus utamanya adalah kendali lingkungan dan manajemen pertumbuhan berbasis data, sehingga dibutuhkan kemampuan analisis dan keterampilan IT. Dari rencana produksi sampai manajemen pengiriman, diperlukan juga sudut pandang manajemen untuk melihat seluruh pabrik.

Dalam pertanian vertikal, kondisi pertumbuhan dipahami melalui data, dan bila ada masalah, respons dilakukan dengan cepat. Pengetahuan tentang pertumbuhan tanaman, teknologi kendali lingkungan, kemampuan analisis data, serta kemampuan manajemen untuk menyatukan tim dibutuhkan. Lalu, peran apa yang dimiliki pengelola yang memimpin lapangan seperti itu?

## **Tiga Peran Pengelola Pertanian Vertikal**

Peran yang dituntut dari pengelola pertanian vertikal secara garis besar terbagi menjadi tiga.

### **1. Menjaga Produksi Stabil dan Kualitas**

Dalam pertanian vertikal, semua unsur lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan konsentrasi CO<sub>2</sub> dikelola dengan tangan manusia. Karena unsur-unsur ini saling memengaruhi, mengubah satu unsur akan merambat ke unsur lain. Di dalam lingkungan yang kompleks itu, terus mengirimkan sayuran berkualitas stabil setiap hari. Inilah peran paling dasar seorang pengelola.

### **2. Menyatukan Tim**

Pertanian vertikal tidak berjalan oleh satu orang saja. Sebagian besar pekerjaan harian bergerak melalui tangan staf lapangan. Mengeluarkan potensi setiap staf dan menjalankan pekerjaan harian adalah tugas pengelola. Ini juga mencakup menyampaikan pengetahuan tentang kendali lingkungan dan budidaya kepada staf, serta memperbanyak orang yang bisa mengambil keputusan sendiri.

### **3. Memastikan Keuntungan**

Menyusun rencana produksi, mengelola biaya, dan merancang strategi penjualan. Membaca kebutuhan pasar dan terus mencoba tantangan baru. Pertanian vertikal tidak akan bertahan hanya dengan mimpi dan idealisme. Jika keuntungan tidak bisa dipastikan, lapangan juga tidak akan berlanjut.

## Ringkasan Chapter 1

- Pertanian vertikal berada dalam lingkungan yang keras, tetapi pabrik yang memiliki orang yang mampu menggerakkan lapangan menghasilkan keuntungan
- Penyebab utama kerugian adalah kekurangan keterampilan teknis budidaya, kesalahan strategi penjualan, dan kekurangan SDM
- Pertanian vertikal berbeda dari pertanian konvensional, dan membutuhkan kemampuan analisis data serta kemampuan manajemen
- Peran pengelola ada tiga: "produksi stabil", "membangun tim", dan "memastikan keuntungan"
- Dibanding peralatan, "kekuatan manusia" lebih menentukan profitabilitas

Pada chapter berikutnya, kita akan melihat dasar teknologi budidaya yang diperlukan di lapangan.

## Chapter 2: Dasar-Dasar Manajemen Budidaya

### Apa Saja Poin Penting dalam Memilih Tanaman yang Paling Cocok untuk Pertanian Vertikal?

Mulai bagian ini, kita akan membahas pengetahuan praktis untuk benar-benar menumbuhkan sayuran. Karena pertanian vertikal dapat mengendalikan lingkungan secara buatan, secara teori tanaman apa pun bisa dibudidayakan. Namun, ketika benar-benar ingin menghasilkan keuntungan di lapangan, pilihan tanaman akan menyempit.

#### Poin 1. Kebutuhan Pasar dan Profitabilitas

Hal pertama yang perlu dipahami adalah bahwa "pertanian vertikal adalah bisnis". Dalam pengoperasiannya, bagian yang paling sulit mungkin justru di sini. Tanaman yang dibudidayakan harus ditentukan berdasarkan kebutuhan pasar.

- Sayuran seperti apa yang dibutuhkan
- Bagaimana preferensi dan tren konsumen
- Pada harga berapa bisa dijual

Lakukan riset pasar terlebih dahulu, lalu pilih tanaman dengan melihat profitabilitasnya.

#### Tanaman yang Sering Dibudidayakan

- sayuran daun: selada, selada Korea, komatsuna, bayam, dan lainnya
- herba: basil, peterseli, mint, ketumbar, dan lainnya
- baby leaf: campuran daun muda dari berbagai sayuran. Populer karena warna dan nilai gizinya
- sayuran bernilai tinggi: varietas langka, produk dengan komponen fungsional yang ditingkatkan, produk yang praktis digunakan, dan lainnya

Tanaman-tanaman ini cocok untuk pertanian vertikal karena masa budidayanya pendek dan tingkat perputarannya tinggi.

#### Poin 2. Kemudahan Budidaya

Walau lingkungan dapat dikendalikan secara buatan, bukan berarti tanaman apa pun mudah ditumbuhkan.

- Masa budidaya: semakin pendek, perputaran semakin tinggi dan profitabilitas meningkat
- Lingkungan tumbuh: suhu, kelembapan, cahaya, dan lainnya yang optimal berbeda menurut tanaman
- Keterampilan teknis budidaya: bahkan untuk varietas yang mudah dibudidayakan, tetap diperlukan pengetahuan dan keterampilan teknis minimum

Saat pengalaman masih sedikit, saya sarankan mulai dari tanaman yang masa budidayanya pendek dan pengaturan lingkungannya relatif mudah. Jika bicara pertanian vertikal, banyak fasilitas menanam sayuran daun, terutama selada.

### Poin 3. Kesesuaian dengan Peralatan

"Yang ingin ditanam" dan "yang bisa ditanam" tidak selalu sama. Periksa terlebih dahulu keterbatasan peralatan.

- Tinggi peralatan: tanaman yang tinggi membutuhkan ruang tinggi yang cukup pada peralatan
- Pencahayaan: kekuatan cahaya dan panjang gelombang yang bisa dipancarkan berbeda menurut jenis LED, sehingga tanaman yang cocok juga berubah
- Manajemen suhu: jika manajemen suhu yang tepat sulit dilakukan, pilih tanaman yang kuat terhadap perubahan suhu

Banyak fasilitas yang memproduksi sayuran daun menggunakan peralatan yang dikhususkan untuk sayuran daun. Untuk meningkatkan efisiensi produksi, fasilitas perlu dikhususkan pada komoditas tertentu.

### Tiga Tipe

Pertanian vertikal secara garis besar dapat dibagi menjadi tiga tipe.

- Tipe pemanfaatan sinar matahari: memanfaatkan sinar matahari secara maksimal. Biaya awal dapat ditekan, tetapi mudah dipengaruhi cuaca. Banyak tanaman dapat dibudidayakan, seperti sayuran daun dan sayuran buah.
- Tipe kombinasi sinar matahari dan cahaya buatan: menggunakan keduanya bersama-sama. Dapat mengejar produksi stabil sekaligus pengurangan biaya berjalan. Banyak tanaman dapat dibudidayakan, seperti sayuran daun dan sayuran buah.

- Tipe cahaya buatan: budidaya dilakukan hanya dengan cahaya buatan. Produksi stabil yang tidak dipengaruhi cuaca dimungkinkan, tetapi biaya berjalan menjadi tinggi. Berpusat pada sayuran daun, dan sebagian sayuran buah juga dapat dibudidayakan.

Tanaman yang dapat dibudidayakan berbeda tergantung tipenya dan peralatan apa yang digunakan. Pemilihan tanaman pada akhirnya ditentukan oleh keseimbangan tiga hal: "profitabilitas", "kemudahan budidaya", dan "kesesuaian dengan peralatan".

Mulai dari sini, kita akan melihat satu per satu teknologi dan peralatan yang digunakan dalam budidaya pertanian vertikal.

## Pemanfaatan Lampu LED



Peralatan yang paling simbolis dalam pertanian vertikal adalah lampu LED yang berjejer rapat. Dalam pertanian konvensional, kita hanya bisa mengandalkan sinar matahari. Namun, dalam pertanian vertikal, lingkungan cahaya yang optimal bagi pertumbuhan dapat dibuat secara buatan dengan LED.

### Tiga Manfaat Lampu LED bagi Pertanian Vertikal

#### 1. Mengurangi Biaya lewat Efek Hemat Energi

Biaya listrik adalah biaya yang tidak bisa diabaikan dalam pertanian vertikal. Karena lampu LED unggul dalam penghematan energi, biaya listrik dapat ditekan secara signifikan.

#### 2. Umur Pakai Panjang dan Mengurangi Pekerjaan Perawatan

Lampu fluoresen perlu diganti secara berkala, dan setiap kali itu terjadi biaya serta tenaga kerja dibutuhkan. LED memiliki umur pakai jauh lebih panjang, sehingga frekuensi penggantian dapat dikurangi. Dalam pertanian vertikal yang memakai banyak sekali lampu, perbedaan biaya ini besar.

### 3. Warna Cahaya Dapat Dipilih Sesuai Tanaman

Tanaman membutuhkan panjang gelombang cahaya atau warna yang berbeda tergantung jenis dan fase pertumbuhannya. LED tersedia dalam berbagai panjang gelombang seperti merah, biru, dan putih, sehingga dapat dipilih sesuai tanaman yang dibudidayakan. Dalam pertanian vertikal sebelumnya, lampu LED yang mengombinasikan cahaya merah dan biru menjadi arus utama. Namun, dalam beberapa tahun terakhir LED putih yang mendekati sinar matahari juga mulai menyebar.

### Penyesuaian dalam Pemasangan dan Operasi

Agar LED bekerja secara optimal, penyesuaian kecil seperti metode pemasangan dan lama penyinaran juga penting.

- Budidaya bertingkat: untuk memanfaatkan ruang terbatas secara efektif, "budidaya bertingkat" dengan menumpuk rak tanam dalam beberapa tingkat umum digunakan.
- Sudut dan jarak penyinaran: efisiensi fotosintesis dapat ditingkatkan dengan menyesuaikan sudut penyinaran LED dan jaraknya dari tanaman.
- Lama penyinaran: tanaman tumbuh dengan mengulang "periode terang" saat fotosintesis berlangsung dan "periode gelap" saat respirasi serta translokasi nutrisi berlangsung.

## Cahaya

LED hanyalah alat untuk membuat lingkungan cahaya. Yang penting adalah bagaimana tanaman menerima cahaya itu. Di sini, kita pegang dulu dasar tentang cahaya itu sendiri.

### Kekuatan Cahaya: Bukan Berarti Semakin Kuat Semakin Baik

Cahaya sangat diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, tetapi jika terlalu kuat justru dapat merusak tanaman. Dasarnya adalah memasang LED dengan kekuatan yang sesuai untuk tanaman yang dibudidayakan. Sayuran buah dan sejenisnya membutuhkan cahaya kuat, tetapi sayuran daun dapat dibudidayakan dengan cahaya yang relatif lemah. Ini salah satu

alasan sayuran daun disukai dalam pertanian vertikal.

### Panjang Gelombang Cahaya: Tanaman Memiliki Warna yang Disukai

Cahaya memiliki warna yang berbeda menurut panjang gelombangnya, dan tanaman memanfaatkan tiap panjang gelombang untuk tujuan yang berbeda.

- Cahaya merah (600-700 nm): salah satu panjang gelombang yang paling efektif untuk fotosintesis. Mendorong pertumbuhan, dan juga memiliki efek mendorong pembungaan serta pembentukan buah
- Cahaya biru (400-500 nm): efektif untuk fotosintesis, mendorong perkembangan kloroplas, dan juga memiliki efek membuat batang lebih tebal
- Cahaya hijau (500-600 nm): kontribusinya pada fotosintesis kecil, tetapi dianggap terlibat dalam pembentukan morfologi tanaman dan respons stres

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai panjang gelombang lampu LED seperti cahaya hijau dan cahaya putih telah muncul. Saya juga telah memakai berbagai jenis LED, dan menurut saya pertumbuhan lebih baik pada tipe yang menambahkan cahaya hijau atau tipe yang mendekati sinar matahari dibandingkan tipe yang hanya merah dan biru.

### Ketidakrataan Cahaya: Berikan Cahaya yang Cukup ke Semua Tanaman

Dalam budidaya bertingkat, mau tidak mau akan ada tempat yang sulit terkena cahaya, lalu muncul ketidakrataan pertumbuhan. Ada penyesuaian yang bisa dilakukan di lapangan untuk mencegah ketidakrataan.

- Pemasangan reflektor cahaya: jika reflektor cahaya dipasang pada rak tanam, cahaya tidak bocor sia-sia ke sisi lorong dan dapat dikirim ke tempat yang sulit terkena cahaya
- Penyesuaian tata letak lampu: pasang beberapa lampu LED atau sesuaikan sudut penyinaran agar cahaya mengenai tanaman secara merata
- Jangan menambah jumlah tanaman secara berlebihan: jika kepadatan terlalu tinggi, cahaya sulit mencapai tiap tanaman. Saat mengejar produktivitas, berhati-hatilah agar tidak memasukkan terlalu banyak tanaman

## **Sistem Hidroponik**



Selain pencahayaan, ciri khas pertanian vertikal adalah hidroponik.

### Mengapa Hidroponik Dipilih dalam Pertanian Vertikal

Manfaat terbesar hidroponik adalah tidak menggunakan tanah.

- Penghematan ruang dan kebebasan lokasi: karena tanah tidak diperlukan, budidaya bisa dilakukan di wilayah perkotaan atau wilayah dengan kondisi lahan yang berat
- Peningkatan kecepatan pertumbuhan: karena akar selalu dapat menyerap air dan nutrisi, pertumbuhan menjadi cepat dan berkontribusi pada peningkatan hasil panen
- Pengurangan risiko hama dan penyakit: risiko hama dan penyakit yang berasal dari tanah dapat dikurangi secara signifikan
- Penyiraman lebih mudah: tidak perlu menyiram setiap hari. Jika konsentrasi dan jumlah larutan nutrisi dikelola, pasokan dapat dilakukan otomatis
- Risiko busuk akar rendah: jika oksigen terlarut (DO) dalam larutan nutrisi terjaga cukup, akar selalu dapat mengambil oksigen segar. Namun, bila DO kurang, ceritanya berbeda. Dalam hidroponik pun busuk akar terjadi, terutama saat suhu air tinggi dan DO mudah turun

### Jenis Utama Sistem Hidroponik

Dua jenis berikut sering digunakan dalam pertanian vertikal.

#### 1. NFT (Hidroponik Lapisan Tipis)

Metode yang memasang tanaman pada bak tanam miring dan mensirkulasikan larutan nutrisi dengan pompa.

- Manfaat: jumlah larutan nutrisi yang dibutuhkan sedikit, sehingga terhubung ke pengurangan biaya
- Kekurangan: mudah dipengaruhi perubahan suhu larutan nutrisi

## 2. DFT (Hidroponik Larutan Dalam)

Metode yang mengisi bak budidaya seperti kolam dengan larutan nutrisi, lalu menumbuhkan tanaman dengan mengapungkannya di larutan tersebut.

- Manfaat: karena jumlah larutan nutrisi besar, kuat terhadap perubahan suhu dan budidaya yang stabil dapat dilakukan
- Kekurangan: dibandingkan NFT, jumlah larutan nutrisi lebih banyak dan peralatan menjadi besar

NFT dan DFT adalah sistem "hidroponik sirkulasi" yang sering digunakan dalam pertanian vertikal.

## Hidroponik dan Kendali Lingkungan Lainnya

Hidroponik adalah salah satu ciri pertanian vertikal, tetapi tidak cukup hanya dengan itu. Unsur lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan konsentrasi CO<sub>2</sub> juga dikendalikan secara buatan bersama-sama.

- Manajemen suhu: suhu optimal berbeda menurut jenis tanaman
- Manajemen kelembapan: kelembapan juga sangat memengaruhi pertumbuhan dan berhubungan dengan munculnya penyakit
- Aplikasi CO<sub>2</sub>: tanaman menyerap CO<sub>2</sub> melalui fotosintesis. Jika konsentrasi dinaikkan, fotosintesis terdorong dan pertumbuhan menjadi lebih cepat

Dalam pertanian vertikal, beberapa unsur lingkungan dikelola dalam kombinasi. Tiap unsur akan kita lihat lebih rinci mulai bagian berikutnya.

## **Manajemen Suhu**

Manajemen suhu adalah salah satu unsur paling penting yang sangat menentukan keberhasilan pertanian vertikal.

## Mengapa Manajemen Suhu Penting

Tanaman memiliki rentang suhu yang cocok untuk pertumbuhan. Jika suhu berada di luar rentang tersebut, pertumbuhan akan terdampak.

- Pertumbuhan buruk: pertumbuhan melambat, warna daun memburuk, dan dalam kasus berat tanaman mati
- Munculnya buah cacat: pada sayuran buah seperti tomat dan stroberi, buah dengan bentuk buruk dapat terbentuk
- Peningkatan risiko hama dan penyakit: karena daya tanaman turun, ketahanan terhadap penyakit dan hama melemah

### Suhu yang Cocok Menurut Tanaman

Pertanian vertikal tidak mudah dipengaruhi udara luar, dan suhu serta kelembapan dapat dijaga tetap stabil. Patokan menurut tanaman adalah sebagai berikut.

- sayuran daun seperti selada: menyukai lingkungan yang relatif sejuk, dan sekitar 15-25 derajat C adalah yang optimal
- sayuran buah seperti tomat: menyukai lingkungan hangat, dan sekitar 20-30 derajat C adalah yang optimal
- herba seperti basil: sekitar 20-25 derajat C adalah yang optimal. Namun, ada juga yang menyukai suhu tinggi atau kuat terhadap suhu rendah

Manajemen suhu yang disesuaikan dengan jenis sayuran yang dibudidayakan dan fase pertumbuhannya adalah dasar produksi stabil.

### Memanfaatkan Perbedaan Suhu Siang dan Malam (DIF)

Dalam pertanian vertikal, waktu siang dan malam dapat dibuat secara buatan dengan lampu LED, sehingga ada metode untuk mengendalikan pertumbuhan dengan menyesuaikan selisih suhu. "Siang" di sini berarti saat lampu menyala (periode terang), dan "malam" berarti saat lampu mati (periode gelap). Selisih suhu antara periode terang dan periode gelap disebut "DIF".

- suhu periode terang > suhu periode gelap (DIF positif): batang memanjang
- suhu periode terang < suhu periode gelap (DIF negatif): pemanjangan batang ditekan

Pada sayuran daun seperti selada, jika batang terlalu memanjang, daun menjadi kecil atau kualitas menurun. Jika DIF negatif digunakan dengan baik, etiolasi bibit dapat dicegah dan

efisiensi produksi dapat ditingkatkan. Namun, untuk mendapatkan hasil dengan DIF, diperlukan latihan dan pengalaman, dan hal yang bisa dilakukan juga berubah menurut peralatan.

## Contoh Kegagalan Manajemen Suhu

### Manajemen Suhu pada Musim Panas

Pada puncak musim panas, suhu cenderung menjadi tinggi.

- Tetapkan suhu pendingin udara dengan tepat. Tergantung peralatan, walau suhu setelan sama, nilai aktual dapat berubah menurut musim
- Manfaatkan tirai peneduh dan bahan insulasi untuk menekan pengaruh suhu udara luar

### Ketidakrataan Suhu

Selada di satu sisi besar padahal disemai pada hari yang sama, sementara sisi berlawanan kecil. Ini sering terjadi.

- Manfaatkan kipas sirkulasi untuk mensirkulasikan udara di dalam pabrik
- Pasang beberapa sensor suhu untuk memahami distribusi suhu
- Atur posisi perlengkapan dan rak agar udara mengalir lancar

## Patokan Penentuan Setelan Suhu Adalah Kondisi Tanaman

Saat memikirkan suhu di ruang budidaya, patokan akhir dalam menentukan nilai setelan adalah "kondisi tanaman". Kita yang menetapkan suhu dituntut memiliki kemampuan observasi untuk memahami kondisi tanaman dengan benar.

## **Manajemen Kelembapan**

Selain suhu, kelembapan juga wajib dikelola. Tanaman melepaskan air dari daun melalui "transpirasi" dan mengatur suhu dirinya sendiri. Kelembapan langsung memengaruhi transpirasi ini.

### Mengapa Manajemen Kelembapan Penting

Pertanian vertikal sulit dipengaruhi lingkungan luar, tetapi di sisi lain kelembapannya cenderung mudah naik karena merupakan ruang tertutup.

## Risiko Kondensasi

Dalam pertanian vertikal tertutup, kondensasi perlu diperhatikan secara khusus.

- Sarang jamur: jamur menyukai tempat dengan kelembapan tinggi, dan tempat yang mengalami kondensasi menjadi tempat yang sangat cocok untuk pertumbuhan jamur
- Penyebaran penyakit: jika tetesan air hasil kondensasi menempel pada daun, patogen mudah berkembang biak dan risiko penyakit naik
- Kerusakan peralatan: kondensasi memicu korsleting pada sistem listrik dan korosi pada bagian logam

## Pengendalian Kelembapan dalam Pertanian Vertikal Tertutup

Dalam pertanian vertikal tertutup, penyesuaian kelembapan melalui ventilasi sulit dilakukan, sehingga pegang poin berikut.

### 1. Memanfaatkan Dehumidifier secara Efektif

- Cara memilih dehumidifier: pilih kapasitas yang sesuai dengan luas pabrik dan jenis tanaman yang dibudidayakan
- Lokasi pemasangan: efektif bila dipasang di tempat yang mudah terjadi kondensasi

### 2. Meninjau Ulang Lingkungan Budidaya

Jangan hanya mengandalkan dehumidifier. Meninjau ulang lingkungan budidaya itu sendiri juga penting.

- kepadatan tanam: jika terlalu padat, aliran udara memburuk dan kelembapan di sekitar tanaman mudah naik. Sesuaikan ke kepadatan yang tepat sambil melihat kondisi pertumbuhan
- Manajemen suhu: suhu dan kelembapan berhubungan erat. Karena perubahan suhu ruang yang mendadak membuat kondensasi mudah terjadi, lakukan manajemen suhu dengan cermat

### 3. Mengamati Kondisi Tanaman

Lihat bukan hanya angka pada higrometer, tetapi juga kondisi tanaman. Jika terlihat gejala seperti daun layu, muncul bercak pada daun, atau pertumbuhan lambat, kelembapan mungkin menjadi penyebabnya.

## Kelembapan Berhubungan Erat dengan Tip Burn

Kelembapan berhubungan erat dengan tip burn. Ini karena dalam lingkungan kelembapan tinggi, transpirasi daun ditekan dan aktivitas akar juga menurun. Tip burn akan dibahas di bagian akhir chapter ini. Manajemen kelembapan tidak mudah dalam ruang tertutup, tetapi jika diremehkan, dampaknya langsung mengenai pertumbuhan.

## Pemanfaatan CO2



### Mengapa Peningkatan Konsentrasi CO2 Membantu Pertumbuhan Tanaman

Tanaman menyerap CO<sub>2</sub> di udara melalui fotosintesis, lalu membuat nutrisi seperti gula dan tumbuh. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara biasa sekitar 400 ppm. Dalam pertanian vertikal, dengan menaikkan konsentrasi target di dalam ruangan sampai sekitar 1.000 ppm, fotosintesis terdorong dan pertumbuhan menjadi lebih cepat. "Sampai 1.000 ppm" adalah konsentrasi target yang dituju, bukan jumlah kenaikannya.

### Manfaat Menaikkan Konsentrasi CO2

- Kecepatan pertumbuhan naik, sehingga masa sampai panen dapat dipersingkat
- Dari luas yang sama, lebih banyak sayuran dapat dipanen
- Sayuran dengan rasa dan aroma yang lebih baik serta nilai gizi tinggi dapat ditumbuhkan

### Metode Aplikasi CO2

Dalam pertanian vertikal, metode yang umum dilakukan untuk menaikkan konsentrasi CO<sub>2</sub> disebut "aplikasi CO<sub>2</sub>". Ada tiga metode utama.

1. Tabung gas karbon dioksida: cocok untuk pertanian vertikal yang relatif kecil
  - Manfaat: dapat diperkenalkan dengan biaya relatif rendah
  - Kekurangan: pekerjaan penggantian tabung terjadi, dan ruang penyimpanan juga diperlukan
2. CO<sub>2</sub> cair: untuk fasilitas menengah sampai besar
  - Manfaat: dapat memasok CO<sub>2</sub> dalam jumlah besar
  - Kekurangan: membutuhkan biaya penerapan
3. Generator CO<sub>2</sub> tipe pembakaran: menghasilkan CO<sub>2</sub> dengan membakar minyak tanah atau gas kota
  - Manfaat: biaya berjalan relatif murah
  - Kekurangan: karena panas, uap air, dan produk samping pembakaran juga muncul bersamaan dengan CO<sub>2</sub>, fasilitas cahaya buatan tipe tertutup membutuhkan pembuangan panas, penanganan kenaikan kelembapan, dan pemrosesan gas pembakaran. Syarat penerapannya berbeda dari greenhouse

Metode mana yang paling tepat berbeda tergantung skala, anggaran, tanaman yang dibudidayakan, dan lainnya.

### Manajemen Konsentrasi CO<sub>2</sub>

Dalam aplikasi CO<sub>2</sub>, manajemen konsentrasi penting. Sistem yang mengombinasikan sensor CO<sub>2</sub> dan perangkat kendali umum digunakan.

- Sensor CO<sub>2</sub>: mengukur konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam ruang budidaya secara real time
- Perangkat kendali: menyesuaikan jumlah pasokan CO<sub>2</sub> secara otomatis berdasarkan nilai pengukuran

### Biaya dan Efek Aplikasi CO<sub>2</sub>

Aplikasi CO<sub>2</sub> memerlukan investasi awal dan biaya berjalan. Meski begitu, sebaik apa pun cahaya dan suhu disiapkan, tanpa CO<sub>2</sub> tanaman tidak tumbuh. CO<sub>2</sub> adalah salah satu unsur dasar pertanian vertikal, sejajar dengan cahaya, air, dan suhu.

## Manajemen Pengondisian Udara dan Angin

Bersama suhu, kelembapan, dan CO<sub>2</sub>, hal yang juga perlu dipegang adalah aliran udara.

### Dalam Ruang Tertutup, Udara Mudah Mandek

Pertanian vertikal sulit dipengaruhi lingkungan luar, tetapi di sisi lain aliran udara mudah mandek. Jika tidak dikelola dengan tepat, berbagai masalah akan terjadi.

### Peran Angin dalam Pertanian Vertikal Tertutup

Angin memiliki peran berikut. 1. **Meningkatkan efisiensi pasokan CO<sub>2</sub>**: walau konsentrasi CO<sub>2</sub> dinaikkan, tanpa aliran udara CO<sub>2</sub> tidak tersebar merata dan efisiensi fotosintesis turun. 2. **Menghilangkan ketidakrataan suhu dan kelembapan**: karena pengaruh pencahayaan dan pengondisian udara, suhu dan kelembapan menjadi tidak merata menurut tempat. Khususnya antara tingkat atas dan bawah rak tanam, selisih suhu mudah muncul. 3.

**Memecah lapisan batas daun**: pada permukaan daun terdapat lapisan udara halus yang disebut "lapisan batas daun"; jika ini tebal, keluar masuknya CO<sub>2</sub> dan air terhambat. 4.

**Menekan risiko munculnya penyakit**: dalam ruang tertutup yang kelembapannya mudah tinggi, aliran udara penting juga untuk menekan perkembangbiakan jamur dan bakteri.

### Cara Membuat Angin

Dalam pertanian vertikal tertutup, cara utama untuk membuat angin adalah memakai "blower" dan "peralatan pengondisian udara".

1. **Blower: mengirim angin ke titik tertentu**. Blower efektif ketika ingin mengirim angin secara spot.

- Mensirkulasikan CO<sub>2</sub> yang mudah terkumpul di bagian bawah rak tanam
- Mengirim angin ke tempat yang mudah muncul ketidakrataan suhu, lalu menyeragamkannya
- Menurunkan kelembapan di area tertentu

2. **Fungsi hembusan udara pada peralatan pengondisian udara: mensirkulasikan angin ke seluruh pabrik**. Selain fungsi pengaturan suhu dan kelembapan, pengondisian udara juga memiliki fungsi untuk mengirim angin.

Jika blower dan fungsi hembusan udara pada peralatan pengondisian udara dikombinasikan, lingkungan udara dapat dikendalikan secara efektif. Agar aliran angin tidak saling

meniadakan, perhatikan agar arah aliran udara di seluruh fasilitas tetap selaras.

### Kecepatan dan Arah Angin

Saat membuat angin, perhatikan juga kecepatan dan arah angin. 1. **Kecepatan angin**: jika terlalu kuat, tanaman mengalami stres dan pertumbuhan terhambat 2. **Arah angin**: dengan mengubahnya, efisiensi sirkulasi udara dapat ditingkatkan

- Arahkan ke sisi dinding agar udara lebih mudah bersirkulasi
- Kirim sepanjang rak tanam agar CO<sub>2</sub> menyebar secara efisien

### Aliran Udara Dipahami Melalui Suhu dan Kelembapan

Manajemen pengondisian udara dan angin sederhana jika dasarnya dipegang. Area yang udaranya mudah mandek dapat dipahami dengan mengukur suhu dan kelembapan. Jika menemukan area dengan suhu atau kelembapan yang tidak merata, sesuaikan cara hembusan angin diarahkan, lalu perbaiki.

### Penanganan Pupuk

Dalam hidroponik, selain larutan nutrisi, pupuk juga penting.



### Syarat Pupuk yang Dibutuhkan dalam Pertanian Vertikal

Poin yang menjadi prasyarat saat memilih pupuk yang digunakan dalam pertanian vertikal adalah sebagai berikut.

- Kelarutan dalam air: dalam hidroponik, pupuk diberikan kepada tanaman dalam keadaan larut dalam air. Pupuk harus mudah larut dalam air, sehingga unsur haranya mudah tersedia dan diserap tanaman
- Kemurnian: jika menggunakan pupuk kemurnian tinggi dengan sedikit pengotor, keseimbangan komponen larutan nutrisi menjadi stabil dan risiko hambatan pertumbuhan berkurang
- Efek cepat: karena targetnya adalah panen dalam waktu singkat, pupuk berefek cepat yang segera dapat diserap tanaman cocok digunakan

### Pupuk Tunggal dan Pupuk Majemuk

Pupuk yang digunakan dalam pertanian vertikal ada dua jenis, yaitu "pupuk tunggal" dan "pupuk majemuk". "Pupuk tunggal" adalah pupuk yang hanya mengandung nutrisi tertentu seperti nitrogen, fosfat, atau kalium. "Pupuk majemuk" adalah pupuk yang sejak awal sudah mencampurkan nutrisi yang diperlukan. Mana yang digunakan berbeda tergantung situasi dan kebijakan budidaya.

### Manfaat Menggunakan Pupuk Tunggal

- Suplai nutrisi secara tepat sasaran: berdasarkan hasil analisis larutan nutrisi, nutrisi yang kurang dapat ditambahkan dengan pupuk tunggal
- Pengurangan biaya: dibandingkan pupuk majemuk, pupuk tunggal umumnya lebih murah
- Formulasi sendiri: beberapa pupuk tunggal dapat dikombinasikan untuk membuat formulasi sendiri

### Manfaat Menggunakan Pupuk Majemuk

- Praktis: nutrisi yang diperlukan sudah diformulasikan sejak awal, sehingga pekerjaan persiapan dan manajemen berkurang
- Produk sesuai tujuan: ada produk yang disesuaikan dengan tanaman atau fase pertumbuhan, seperti untuk sayuran daun atau untuk sayuran buah

### Patokan Penggunaan

Pada tahap baru mulai budidaya dan belum tahu pupuk mana yang sebaiknya digunakan, saya sarankan menggunakan pupuk majemuk terlebih dahulu.

## Formulasi Pupuk

Formulasi pupuk adalah salah satu pekerjaan penting dalam pertanian vertikal. Diperlukan pengalaman dan data, dan pada akhirnya Anda perlu menguasai keterampilan formulasi. Sebagai referensi, saya perkenalkan "SimpleFert", lembar formulasi nutrisi gratis yang saya buat berdasarkan pengalaman lapangan. Hanya dengan memasukkan informasi yang diperlukan, jumlah pupuk yang perlu dicampurkan dapat dihitung.

<https://pfboost.com/id/how-to-simplefert/>

## Pengelolaan Larutan Nutrisi



Larutan nutrisi dibuat dengan melarutkan pupuk ke dalam air. Dalam pertanian vertikal, larutan nutrisi adalah faktor vital yang menentukan pertumbuhan tanaman.

### Nutrisi yang Terkandung dalam Larutan Nutrisi

Dalam hidroponik, larutan nutrisi yang merupakan campuran air dan pupuk digunakan sebagai pengganti tanah. Nutrisi utama yang terkandung dalam larutan nutrisi adalah sebagai berikut.

- Nitrogen (N): mendorong pertumbuhan daun dan batang, serta penting untuk sintesis protein dan klorofil. Jika kurang, daun menguning
- Fosfat (P): mendorong perkembangan akar serta pembentukan bunga dan buah, serta terlibat dalam metabolisme energi. Jika kurang, perkembangan akar memburuk
- Kalium (K): mendorong fotosintesis dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit. Juga terlibat dalam pengaturan air di dalam sel. Jika kurang, tepi daun mengering

- Kalsium (Ca): memperkuat dinding sel dan menstabilkan pertumbuhan. Jika kurang, daun baru berubah bentuk atau ujung buah membusuk
- Magnesium (Mg): komponen pembentuk klorofil dan penting untuk fotosintesis. Jika kurang, area antar tulang daun menguning
- Sulfur (S): komponen pembentuk protein dan juga terlibat dalam aktivasi enzim. Jika kurang, daun menguning secara keseluruhan

Ini disebut unsur hara makro, dan tanaman tidak tumbuh jika salah satunya kurang. Selain itu, unsur hara mikro juga penting.

### Dasar Pengelolaan Larutan Nutrisi: EC dan pH

Dua indikator yang sangat penting dalam pengelolaan larutan nutrisi adalah "EC" dan "pH".

#### EC (Konduktivitas Listrik)

EC adalah singkatan dari "Electrical Conductivity" atau konduktivitas listrik, dan menunjukkan mudah tidaknya listrik mengalir. Ketika pupuk larut dalam air, listrik menjadi lebih mudah mengalir. Karena itu, dengan melihat EC, kita dapat mengetahui secara tidak langsung konsentrasi pupuk yang larut dalam larutan nutrisi.

- EC tinggi: larutan nutrisi pekat
- EC rendah: larutan nutrisi encer

Jika EC terlalu tinggi, tanaman tidak bisa menyerap air dan berisiko layu lalu mati.

Menyesuaikan konsentrasi EC yang tepat sesuai jenis tanaman dan fase pertumbuhan adalah poin paling penting dalam pengelolaan larutan nutrisi.

#### pH (Konsentrasi Ion Hidrogen)

pH adalah singkatan dari "power of Hydrogen" atau konsentrasi ion hidrogen, dan menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan larutan nutrisi. Pada dasarnya, tanaman tumbuh paling baik di sekitar pH agak asam, yaitu pH 5,5-6,5. Jika pH keluar dari rentang yang tepat, masalah berikut terjadi.

- Hambatan penyerapan nutrisi: nutrisi dalam larutan nutrisi menjadi sulit diserap
- Gangguan pertumbuhan: perkembangan akar memburuk atau warna daun memburuk
- Kerusakan akar: akar rusak, sehingga penyerapan air dan nutrisi terhambat

- Penyerapan unsur mikro terganggu: unsur seperti besi dan mangan menjadi sulit diserap, sehingga terhubung ke pertumbuhan buruk

Karena pH juga memengaruhi kelarutan nutrisi dalam larutan nutrisi, menjaga pH dalam rentang yang tepat itu penting.

## Membuat Larutan Nutrisi

Untuk membuat larutan nutrisi, campurkan air dan pupuk dengan rasio yang tepat. 1.

**Persiapan air:** air keran, air sumur, air filtrasi, dan lainnya dapat digunakan, tetapi banyak kasus memakai air keran. Jika menggunakan pupuk yang mengandung nitrogen amonium, hilangkan klorin residu dengan mendinginkan air atau memakai natrium tiosulfat dan sejenisnya

2. **Persiapan pupuk:** jika memakai pupuk majemuk, larutkan jumlah yang tepat ke dalam air sesuai instruksi produk. Jika memanfaatkan sistem sirkulasi, cara yang efisien adalah menyiapkan larutan induk atau larutan stok dengan konsentrasi sekitar 100 kali larutan nutrisi akhir, lalu menjadikannya larutan nutrisi akhir sambil diencerkan melalui injektor atau alat pasok otomatis. Ini bukan "larutan pengenceran 100 kali", melainkan larutan pekat 100 kali sebelum diencerkan 3. **Pencampuran:** larutkan pupuk sedikit demi sedikit ke dalam air sambil diaduk rata. Karena kalsium menyebabkan endapan dengan fosfat dan sulfat dalam larutan induk berkonsentrasi tinggi, ada tipe yang membuat tangki larutan induk terpisah menjadi dua, A dan B. Dalam larutan nutrisi akhir setelah pengenceran, kalsium, fosfat, dan sulfat tetap berada dalam larutan yang sama 4. **Penyesuaian EC dan pH:** ukur dengan EC meter dan pH meter, lalu sesuaikan bila perlu

- Nilai EC: jika lebih rendah dari target, tambahkan pupuk; jika lebih tinggi, tambahkan air untuk mengencerkan
- Nilai pH: jika lebih rendah dari target atau condong asam, tambahkan bahan pH up untuk menaikkan pH; jika lebih tinggi dari target atau condong basa, tambahkan bahan pH down untuk menurunkan pH

## Mengelola Larutan Nutrisi

Selama budidaya, larutan nutrisi tidak selalu berada dalam kondisi yang sama. 1.

**Pengukuran:** ukur nilai EC dan nilai pH setidaknya sekali sehari. Jika frekuensi diturunkan, pemahaman terhadap perubahan akan terlambat. Jika waktu pengukuran disamakan setiap hari, perubahan harian lebih mudah dibandingkan. Dalam lingkungan skala besar, pengukuran

manual memiliki batas 2. **Pencatatan**: nilai pengukuran wajib dicatat. Ini membantu memahami perubahan dan juga berguna untuk mencari penyebab saat masalah muncul. Boleh memakai buku catatan atau perangkat lunak spreadsheet 3. **Penyesuaian**: jika keluar dari nilai target, lakukan penyesuaian

- Nilai EC: jika rendah, tambahkan pupuk; jika tinggi, tambahkan air untuk mengencerkan. Di pabrik berskala besar, sistem pasok otomatis wajib ada, dan jika nilai turun di bawah setelan, penambahan nutrisi dilakukan otomatis
- Nilai pH: tambahkan pengatur pH sedikit demi sedikit, lalu dekatkan ke nilai target sambil diaduk rata. Hati-hati, jika memasukkan banyak sekaligus, komponen pupuk dapat mengendap

4. **Pembaruan larutan nutrisi**: jika budidaya dilanjutkan beberapa waktu, keseimbangan komponen pupuk dapat rusak atau komponen yang tidak diperlukan dapat menumpuk. Lakukan "pembaruan larutan nutrisi" dengan mengganti larutan nutrisi secara berkala. Frekuensinya tergantung tanaman dan musim, tetapi secara umum patokannya sekali setiap 2 sampai 3 bulan.

Situasi seperti "penyebabnya tidak diketahui, tetapi entah kenapa pertumbuhannya kurang baik" sering terjadi. Jika pengalaman sudah terkumpul, penyebab bisa diperkirakan. Namun, pada tahap pemula, belum tentu begitu. Dalam situasi seperti itu, mencoba pembaruan larutan nutrisi sebagai langkah untung-untungan juga salah satu cara. Kemampuan memilih langkah ini saat bingung juga merupakan salah satu kekuatan hidroponik 5. **Observasi**: amati juga kondisi tanaman dengan baik, bukan hanya nilai EC dan pH. Jika ada perubahan pada warna dan bentuk daun atau kondisi pertumbuhan, mungkin ada masalah pada larutan nutrisi

### Hal yang Perlu Diperhatikan dalam Pengelolaan Larutan Nutrisi

1. **Kelebihan dan kekurangan pupuk**: jika EC dibuat terlalu tinggi, kelebihan pupuk menghambat pertumbuhan. Khususnya kelebihan nitrogen membuat daun mudah mengalami etiolasi. Sebaliknya, jika EC terlalu rendah, kekurangan pupuk menyebabkan pertumbuhan buruk 2. **Perubahan pH yang mendadak**: jika pengatur pH ditambahkan banyak sekaligus, pH berubah mendadak dan tanaman mengalami stres. Sesuaikan perlahan sedikit demi sedikit 3. **Suhu air (suhu larutan nutrisi)**: suhu larutan nutrisi memengaruhi kelarutan pupuk, aktivitas akar, dan pertumbuhan. Secara umum, suhu air sekitar 20 derajat C adalah suhu

yang cocok. Jika suhu air terlalu rendah, penyerapan nutrisi memburuk dan pertumbuhan terlambat. Jika terlalu tinggi, oksigen terlarut (DO) turun, akar rusak, dan penyakit lebih mudah muncul. Pada dasarnya, selama suhunya kurang lebih sama dengan suhu udara di ruang budidaya, tidak masalah. Ini pembicaraan tentang suhu ruang, bukan suhu udara luar 4.

**Manajemen higiene dan sanitasi:** tangki nutrisi dan pipa dibersihkan secara berkala. Jika alga dan sisa tanaman atau endapan kotoran organik menumpuk berlebihan, patogen mudah berkembang biak.

Banyak orang mengkhawatirkan alga yang muncul di larutan nutrisi. Memang tampilannya buruk dan kotor, tetapi itu sesuatu yang mau tidak mau terjadi. Sikap "mengelola agar tidak bertambah terlalu banyak" sudah cukup

### Meningkatkan Presisi dengan Memanfaatkan Data

Jika data digunakan, presisi pengelolaan larutan nutrisi dapat meningkat lebih jauh.

- Catatan budidaya: catat nilai EC, nilai pH, suhu air, jenis dan jumlah pupuk, serta kondisi pertumbuhan, lalu pahami hubungan antara kondisi larutan nutrisi dan pertumbuhan
- Analisis larutan nutrisi: jika meminta lembaga khusus, konsentrasi masing-masing komponen dalam larutan nutrisi dapat dipahami secara akurat. Jika formulasi disesuaikan berdasarkan hasil analisis, manajemen yang lebih tepat dapat dilakukan
- Pemanfaatan data lingkungan: jika data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi CO<sub>2</sub> dianalisis dengan mengaitkannya pada nilai EC, nilai pH, dan kondisi pertumbuhan, presisi kendali lingkungan dan pengelolaan larutan nutrisi meningkat

### Tip Burn



"Padahal selada tumbuh lancar, tetapi tepat menjelang panen ujung daunnya mulai cokelat dan mengering." Saat bekerja di pertanian vertikal, tip burn adalah gangguan pertumbuhan yang tidak bisa dihindari.

### Apa Itu Tip Burn

Tip burn adalah gangguan fisiologis ketika ujung atau tepi daun menjadi cokelat dan mengering. Pada tahap awal, hanya ujung daun yang sedikit berubah warna. Namun, jika berkembang, bagian yang kering meluas dan seluruh daun bisa mengering. Jika Anda merasa "ujung daunnya sedikit menghitam", itu mungkin tanda munculnya tip burn.

### Penyebab Munculnya Tip Burn

Tip burn bukan masalah sederhana yang selesai dengan satu solusi tunggal. Faktor utamanya adalah sebagai berikut.

#### Poin 1. Kekurangan Kalsium

Salah satu penyebab terbesar adalah kekurangan kalsium di dalam tubuh tanaman.

- Konsentrasi kalsium dalam larutan nutrisi rendah
- Penyerapan kalsium terhambat karena fungsi akar menurun
- Di dalam tubuh tanaman, kalsium tidak diangkut sampai ujung daun

Berdasarkan pengalaman saya, kasus ketika konsentrasi kalsium dalam larutan nutrisi itu sendiri kurang termasuk jarang. Dalam banyak kasus, Ca dalam larutan nutrisi sudah cukup, dan penyebab sebenarnya adalah Ca di dalam tubuh tanaman tidak berpindah sampai ujung daun karena suatu alasan, yaitu terhambatnya perpindahan Ca. Kadang ada orang yang

berpikir pendek, "Kalau kalsium kurang, mari tambah pupuk Ca." Namun, selama penyebabnya bukan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi, penambahan pupuk Ca cenderung menjadi kontraproduktif, seperti kenaikan EC, pengendapan, dan antagonisme dengan ion lain.

#### Poin 2. Kelembapan Tinggi

Jika kelembapan tinggi, tanaman terlihat seolah akan tumbuh sehat, tetapi tidak selalu begitu.

- Penurunan aktivitas akar: jika kelembapan tinggi, tanaman tidak perlu memaksa menyerap air, sehingga aktivitas akar turun
- Penekanan transpirasi: jika transpirasi ditekan, perpindahan kalsium ke daun terhambat

#### Poin 3. Pertumbuhan Terlalu Cepat

Pertumbuhan yang cepat memang menggembirakan, tetapi pertumbuhan cepat membutuhkan banyak nutrisi. Jika penyerapan nutrisi tidak mampu mengejar kecepatan pertumbuhan, khususnya kalsium mudah kurang dan tip burn mudah muncul.

#### Poin 4. Faktor Lain

Selain hal di atas, faktor berikut juga berhubungan.

- Varietas: ada varietas yang mudah mengalami tip burn
- Suhu: stres suhu seperti suhu tinggi atau suhu rendah
- Cahaya: cahaya yang terlalu kuat atau lingkungan cahaya dengan efisiensi fotosintesis buruk
- Angin: jika sirkulasi udara buruk, kelembapan mudah menjadi tinggi

Karena berbagai faktor terjalin secara kompleks, ada juga kasus ketika penyebab sulit ditentukan.

#### Langkah Menghadapi Tip Burn

Kata kunci saat memikirkan langkah penanganan adalah "transpirasi" dan "kecepatan pertumbuhan". Jaga transpirasi tetap tepat melalui manajemen kelembapan, dan jika pertumbuhan terlalu cepat, tinjau ulang kondisi lingkungan seperti jumlah cahaya, suhu, dan CO<sub>2</sub> dengan menurunkan intensitasnya agar pertumbuhan tidak terlalu cepat. Karena jika pertumbuhan dipercepat lagi, gejala akan memburuk, maka di sini bukan menambah,

melainkan mengurangi. Namun, cepatnya pertumbuhan tanaman itu sendiri adalah hal yang menguntungkan bagi produsen. Jika itu membuat tip burn muncul berlebihan, langkah untuk menekan pertumbuhan juga diperlukan. Keseimbangan inilah yang menjadi kesulitan dalam menangani tip burn.

### Saya Juga Dibuat Kesulitan oleh Tip Burn

Saya sudah menulis mekanisme dan langkah penanganannya, tetapi tip burn tidak bisa diselesaikan dengan mudah. Saya juga sudah sangat dibuat kesulitan olehnya. Untuk meningkatkan profitabilitas pertanian vertikal, kita perlu memahami tip burn dan menanganinya dengan tepat. Kiat penyesuaian lingkungan yang halus saya tulis lebih rinci dalam konten berikut.

172 Tips untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal - Pengetahuan Praktis yang Diasah Lebih dari 10 Tahun di Lapangan -

## Etiolasi

Gangguan pertumbuhan representatif lain selain tip burn adalah "etiolasi". Etiolasi adalah fenomena ketika tanaman memanjangkan batangnya lebih dari yang diperlukan untuk mencari cahaya. Bayangkan tanaman hias di dekat jendela yang tumbuh kurus memanjang ke arah cahaya; itu cukup dekat.



Jika etiolasi terjadi dalam pertanian vertikal, dampak berikut muncul.

- Hasil panen turun: hanya batang yang memanjang, sementara daun yang penting justru menjadi kecil.

- Kualitas turun: jaringan menjadi lemah, daya simpan dan rasa menurun.
- Efisiensi kerja turun: tanaman mudah rebah, sehingga pekerjaan panen dan manajemen bertambah.

Yang merepotkan adalah daun yang mengalami etiolasi pada tahap awal pertumbuhan tidak akan pulih sepenuhnya setelahnya, walau lingkungan sudah diperbaiki.

## Penyebab Etiolasi

Ada tiga penyebab utama etiolasi.

- Kekurangan jumlah cahaya: jika jumlah cahaya lampu LED tidak cukup, tanaman memanjangkan batang untuk mencari cahaya.
- Ketidakeimbangan spektrum cahaya: bukan hanya merah dan biru; jika keseimbangan panjang gelombang seperti cahaya hijau dan merah jauh terganggu, etiolasi mudah terjadi.
- Kepadatan tanam: jika kepadatan terlalu tinggi, tanaman saling berebut cahaya. Saya memahami keinginan memanfaatkan ruang terbatas, tetapi memasukkan terlalu banyak tanaman justru kontraproduktif.

## Langkah Menghadapi Etiolasi

Meninjau ulang lingkungan cahaya

- Menaikkan jumlah cahaya: pastikan jumlah cahaya yang tepat sesuai tanaman yang dibudidayakan dan fase pertumbuhan. Jika memungkinkan, pertimbangkan penambahan lampu.
- Menyesuaikan spektrum cahaya: pilih lampu LED dengan keseimbangan panjang gelombang yang baik.
- Tata letak lampu: jika cahaya diberikan bukan hanya dari atas tetapi juga dari sisi, ketidakrataan cahaya berkurang.
- Memanfaatkan reflektor cahaya: karena cahaya dapat digunakan secara efisien, ini membantu menutupi kekurangan jumlah cahaya.

Menyesuaikan kepadatan tanam

- Jaga kepadatan yang sesuai dengan tanaman dan fase pertumbuhan. Khususnya, tentukan waktu pindah tanam dengan tepat.

Faktor lingkungan lainnya

- Jika suhu terlalu tinggi, etiolasi mudah terjadi. Lakukan manajemen suhu yang tepat.
- Kelembapan yang terlalu tinggi juga mendorong etiolasi. Sesuaikan dengan ventilasi dan dehumidifikasi.

Karena etiolasi tidak dapat dikembalikan setelah terjadi, deteksi dini dan respons adalah hal yang paling penting.

## Untuk Meningkatkan Manajemen Budidaya ke Level Berikutnya

Sampai di sini, kita sudah menjelaskan dasar-dasar manajemen budidaya. Sebagai pengetahuan, bagian-bagian ini penting. Namun, ketika masuk ke lapangan, akan muncul momen bingung, "Pengetahuan ada, tetapi secara konkret harus mulai dari mana?"

Untuk membantu hal tersebut, saya memperkenalkan "template manajemen operasional lapangan" yang saya siapkan.

- **Template untuk merancang proses budidaya:** alat untuk menghitung jumlah bed yang diperlukan, jenis panel, umur panen, dan lainnya dengan menghitung mundur dari target hasil panen. Simulasi dengan mengubah jumlah pindah tanam dan hari operasi juga dapat dilakukan.
- **Alat formulasi nutrisi:** desain pupuk yang mengombinasikan pupuk majemuk dan pupuk tunggal dapat dihitung hanya dengan memasukkan informasi yang diperlukan. Ini adalah bagian yang biasanya bergantung pada pengalaman individu di lapangan, lalu diturunkan menjadi bentuk yang dapat direproduksi.
- **Template jadwal kerja:** berdasarkan proses budidaya, template ini menghitung isi pekerjaan harian dan jumlah orang yang diperlukan. Ini berguna untuk mencegah kelebihan atau kekurangan personel dan merapikan penempatan.

Alat-alat ini bukan sesuatu yang serba bisa. Untuk digunakan di lapangan, penyesuaian juga diperlukan. Namun, sebagai pemicu pertama untuk "menurunkan pengetahuan ke prosedur nyata", alat-alat ini berguna. Bagian mana dari manajemen operasional lapangan yang perlu dipegang, seharusnya juga bisa dibaca dari struktur template itu sendiri.

<https://pfboost.com/id/templateform/>

Ringkasan Chapter 2

- Pemilihan tanaman ditentukan berdasarkan tiga hal: "kebutuhan pasar", "kemudahan budidaya", dan "kesesuaian dengan peralatan"
- Lampu LED memiliki tiga manfaat: hemat energi, umur panjang, dan pilihan panjang gelombang
- Hidroponik terutama menggunakan NFT (hidroponik lapisan tipis) dan DFT (hidroponik larutan dalam)
- Manajemen suhu, kelembapan, CO<sub>2</sub>, dan angin saling memengaruhi, sehingga perlu dipikirkan secara menyeluruh
- Dalam pengelolaan larutan nutrisi, dua indikator paling penting adalah EC dan pH
- Tip burn dan etiolasi adalah gangguan pertumbuhan yang paling sering terjadi dalam pertanian vertikal

Metode perbaikan yang lebih konkret dan patokan angka untuk tiap tema dijelaskan lebih rinci dalam "172 Tips untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal".

# Chapter 3: Praktik Manajemen Operasional Lapangan

## Menyusun Rencana Produksi

Mulai bagian ini, kita akan melihat isi pekerjaan manajemen dalam pertanian vertikal. Tema pertama adalah rencana produksi.

1.施設の設備仕様														
エリア	ベッド数	1ベッド面積	使用ベッド数	稼働率										
育苗	20 ベッド	7.6 m <sup>2</sup>	10 ベッド	50.00%										
生育	160 ベッド	27.0 m <sup>2</sup>	131 ベッド	81.56%										
2.原価計算														
	月間(30日)	1日あたり	フリル	ロメイン	サンチュ	グリーン								
使用ベッド	育苗	10.00	4.00	0.67	0.67	3.14								
	生育	130.50	62.00	11.00	11.00	44.00								
育苗面積		3520 m <sup>2</sup>	1704 m <sup>2</sup>	302 m <sup>2</sup>	302 m <sup>2</sup>	1212 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>					
育苗面積比率		100.00%	48.41%	8.58%	8.58%	34.42%	0.00%	0.00%	0.00%					
人件費	¥6,900,000	¥230,000	¥111,353	¥19,737	¥19,737	¥79,174	¥0	¥0	¥0					
原材料費(選採)	¥2,375,400	¥79,180	¥21,900	¥20,440	¥20,440	¥16,800	¥0	¥0	¥0					
原材料費(栽培)	¥3,519,158	¥117,305	¥56,793	¥10,066	¥10,066	¥40,380	¥0	¥0	¥0					
水道光熱費	¥6,245,104	¥208,170	¥100,784	¥17,863	¥17,863	¥71,659	¥0	¥0	¥0					
その他	¥7,199,660	¥239,989	¥116,189	¥20,594	¥20,594	¥82,612	¥0	¥0	¥0					
製造原価	¥26,239,322	¥874,844	¥406,620	¥88,700	¥88,700	¥290,628	¥0	¥0	¥0					
製造原価/面積		¥245	¥239	¥284	¥294	¥240								
3.栽培工程設計														
*種・フィルム代など、品目固有のもの														
品目名	栽培工程	使用資材	ベッド原価	ベッド数	作業枚数/日	稼働日数/種	日数	株数	苗の準備率	原材料費(選採) (円)	原材料費(栽培) (円)	計画の日数	ベッド数の定算	作業枚数の定算
フリル	種所発芽	300 株	16 枚	1.9 ベッド	15 枚	7.0 日	2.0 日	4500 株	0.00%	¥3.00	¥13,500	2 日	1.88 ベッド	15 枚
フリル	育苗	300 株	42 枚	4.0 ベッド	15 枚	7.0 日	11.2 日	4500 株	100.00%	¥0	¥0	11 日	3.93 ベッド	15 枚
フリル	生育	50 株	50 枚	18.0 ベッド	82 枚	7.0 日	11.0 日	4100 株	91.20%	¥0	¥0	11 日	18.04 ベッド	82 枚
フリル	生育	20 株	50 枚	44.0 ベッド	200 枚	7.0 日	11.0 日	4000 株	97.60%	¥2.00	¥8,000	11 日	44.00 ベッド	200 枚
								0 株	0.00%					
ロメイン	種所発芽	300 株	16 枚	0.3 ベッド	6 枚	3.0 日	2.0 日	1800 株	0.00%	¥3.00	¥12,600	2 日	0.32 ベッド	6 枚
ロメイン	育苗	300 株	42 枚	0.7 ベッド	6 枚	3.0 日	10.9 日	1800 株	100.00%	¥0	¥0	11 日	0.67 ベッド	6 枚
ロメイン	生育	50 株	50 枚	3.0 ベッド	34 枚	3.0 日	10.3 日	1700 株	94.50%	¥0	¥0	10 日	2.91 ベッド	35 枚
ロメイン	生育	20 株	50 枚	8.0 ベッド	84 枚	3.0 日	11.1 日	1680 株	98.90%	¥2.00	¥7,840	11 日	7.92 ベッド	85 枚
								0 株	0.00%					
サンチュ	種所発芽	300 株	16 枚	0.3 ベッド	6 枚	3.0 日	2.0 日	1800 株	0.00%	¥3.00	¥12,600	2 日	0.32 ベッド	6 枚
サンチュ	育苗	300 株	42 枚	0.7 ベッド	6 枚	3.0 日	10.9 日	1800 株	100.00%	¥0	¥0	11 日	0.67 ベッド	6 枚
サンチュ	生育	50 株	50 枚	3.0 ベッド	34 枚	3.0 日	10.3 日	1700 株	94.50%	¥0	¥0	10 日	2.91 ベッド	35 枚
サンチュ	生育	20 株	50 枚	8.0 ベッド	84 枚	3.0 日	11.1 日	1680 株	98.90%	¥2.00	¥7,840	11 日	7.92 ベッド	85 枚

## Mengapa Rencana Produksi Diperlukan

Cara kerja yang mengikuti musim dan cuaca seperti pertanian konvensional tidak berlaku dalam pertanian vertikal. Sebagai gantinya, karena lingkungan dapat kita buat sendiri, kita perlu menentukan lebih dulu apa yang akan diproduksi, kapan, dan berapa banyak.

Jika budidaya dijalankan tanpa menyusun rencana produksi, masalah seperti berikut akan terjadi.

1. Ketidakesesuaian permintaan dan pasokan: memproduksi jenis tanaman atau jumlah yang tidak sesuai dengan permintaan pasar, lalu produk tersisa tidak terjual.
2. Kegagalan manajemen biaya: biaya listrik, air, tenaga kerja, pupuk, dan lainnya sudah harus dikeluarkan terlebih dahulu, sehingga keuntungan tidak tersisa. Khususnya biaya material dan tenaga kerja adalah hal yang perlu disiapkan sebelum penanaman. Tanpa perkiraan sebelumnya, pengeluaran di luar rencana akan membengkak.
3. Ketidakeragaman kualitas: manajemen kondisi lingkungan dan pekerjaan menjadi tambal sulam, sehingga hasil akhir sayuran tidak seragam.

## Tiga Langkah Rencana Produksi

Sayuran apa yang akan diproduksi, kapan, dan dalam jumlah berapa. Kita susun dalam tiga langkah.

### Langkah 1. Perkiraan Permintaan

Pertama adalah riset pasar. Pahami sayuran apa yang dibutuhkan, kapan, dan seberapa banyak.

- Pasar target: supermarket, restoran, atau konsumen individu sebagai tujuan penjualan
- Harga jual: berapa harga jual di tiap pasar
- Perubahan musiman permintaan: perubahan permintaan menurut musim
- Kompetitor: kondisi perusahaan lain yang memproduksi tanaman yang sama

Perkiraan dibuat dengan merujuk pada data penjualan masa lalu dan tren pasar, tetapi tidak ada orang yang tahu kepastian bahwa produk tertentu pasti akan terjual. Ini tetap pekerjaan menyusun hipotesis.

### Langkah 2. Penyusunan Rencana Produksi

Berdasarkan perkiraan permintaan, jabarkan menjadi rencana konkret.

Tanaman yang dibudidayakan: dinilai dari tiga hal, yaitu kebutuhan pasar, masa budidaya, dan profitabilitas. Target jumlah produksi: tentukan jumlah yang realistis dari skala fasilitas, kemampuan peralatan, tenaga kerja, dan saluran penjualan. Jadwal budidaya: sesuaikan waktu panen dengan permintaan pasar, lalu hitung mundur masa budidaya. Sumber daya yang diperlukan: perkiraan benih, bibit, pupuk, material, personel, listrik, dan air.

Melihat semua ini secara menyeluruh dan menyusun rencana yang realistis itu penting.

作業工程	種別	生育1				生育2				生育3				生育4				収穫
		播種	間引き	追肥	収穫	播種	間引き	追肥	収穫	播種	間引き	追肥	収穫	播種	間引き	追肥	収穫	
2024/05/01	水	4500				1800											3600	
2024/05/02	木	4500				1800	1800	1800									3600	
2024/05/03	金	4500	4500	4500													3600	
2024/05/04	土	4500	4500	4500													3600	
2024/05/05	日	4500	4500	4500													3600	
2024/05/06	月	4500	4500	4500													3600	
2024/05/07	火	4500	4500	4500													3600	
2024/05/08	水	4500	4500	4500													3600	
2024/05/09	木	4500	4500	4500													3600	
2024/05/10	金	4500	4500	4500													3600	
2024/05/11	土	4500	4500	4500													3600	
2024/05/12	日	4500	4500	4500													3600	
2024/05/13	月	4500	4500	4500													3600	
2024/05/14	火	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/15	水	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/16	木	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/17	金	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/18	土	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/19	日	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/20	月	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/21	火	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/22	水	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/23	木	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/24	金	4500	4500	4500	4100												3600	
2024/05/25	土	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/26	日	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/27	月	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/28	火	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/29	水	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/30	木	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/05/31	金	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/06/01	土	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	
2024/06/02	日	4500	4500	4500	4100	4100	4000										3600	

### Langkah 3. Manajemen Kemajuan dan Peninjauan Ulang

Rencana bukan sesuatu yang selesai setelah dibuat. Rencana adalah sesuatu yang diperbaiki sambil dijalankan.

- Pemantauan kondisi pertumbuhan: amati dan catat secara berkala.
- Pemeriksaan kondisi penjualan: apakah terjual sesuai rencana, apakah stok sudah tepat.
- Pemahaman masalah: jika ada penyimpangan, analisis penyebabnya.
- Peninjauan ulang rencana: bila perlu, perbaiki jadwal dan jumlah produksi.

Rencana produksi adalah bagian yang menjadi poros pengoperasian pertanian vertikal.

## Penyemaian



Mulai dari sini, kita akan melihat pengetahuan praktis pekerjaan lapangan untuk benar-benar menumbuhkan sayuran.

### Apa Itu Penyemaian

"Penyemaian" adalah menabur benih. Karena pertanian vertikal tidak menggunakan tanah, metodenya berbeda dari pertanian konvensional.

### Metode Penyemaian dalam Pertanian Vertikal

Penyemaian dalam hidroponik memiliki prasyarat yang berbeda dari budidaya tanah.

- Budidaya tanah: benih ditabur langsung ke tanah
- Hidroponik: benih ditabur ke media tanam

Media tanam adalah bahan yang menggantikan tanah untuk menopang akar tanaman serta memasok air dan nutrisi.

## Prosedur Penyemaian

Alur penyemaian dalam hidroponik adalah sebagai berikut.

1. Persiapan media tanam: pasang media tanam pada tray khusus, rendam dalam air, dan basahi dengan cukup. 2. Penyemaian: tabur benih ke media tanam dengan pinset atau mesin penyemaian khusus.

- Kepadatan penyemaian berbeda menurut tanaman.
- Setelah ditabur, jaga kelembapan misalnya dengan menutup wadah, agar benih tidak mengering atau hanyut.

3. Penyiraman: berikan air dengan lembut menggunakan sprayer dan sejenisnya. 4.

Menunggu perkecambahan: kelola suhu, kelembapan, dan cahaya dengan tepat, lalu tunggu perkecambahan.

## Poin untuk Meningkatkan Tingkat Perkecambahan

Jika perkecambahan tidak berjalan baik, periksa lima poin berikut.

- Kualitas benih: pilih benih yang segar dan memiliki tingkat perkecambahan tinggi. Suhu dan kelembapan saat penyimpanan juga berpengaruh.
- Pemilihan media tanam: tingkat perkecambahan dan pertumbuhan berubah menurut jenisnya.
- Kadar air: basahi dengan cukup. Khususnya media busa poliuretan, kekurangan air mudah menjadi penyebab utama kegagalan perkecambahan.
- Manajemen suhu: suhu yang cocok untuk perkecambahan berbeda menurut tanaman.
- Penyiraman merata: jika tekanan air terlalu kuat atau tidak merata, benih bisa hanyut atau perkecambahan menjadi tidak seragam. Siram dengan lembut dan merata.

Penyemaian adalah langkah pertama dalam manajemen budidaya. Penyimpangan di sini akan berdampak pada semua proses setelahnya.

## Pembibitan



Proses setelah penyemaian adalah "pembibitan". Ini merujuk pada periode membesarkan bibit yang sudah berkecambah sampai cukup kuat untuk pindah tanam.

### Mengapa Pembibitan Penting

Setelah penyemaian, periode ketika bibit tumbuh sampai ukuran tertentu disebut "periode pembibitan". Dalam pertanian vertikal, kadang disediakan ruang pembibitan atau rak pembibitan khusus.

Kualitas pada tahap pembibitan berhubungan langsung dengan hasil budidaya setelahnya.

- Tingkat keberhasilan tumbuh setelah pindah tanam meningkat: saat pindah tanam dan penanaman akhir, akar lebih mudah berkembang dan tanaman lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan baru.
- Kecepatan pertumbuhan naik: bibit yang kuat terus tumbuh lancar setelahnya, sehingga masa sampai panen menjadi lebih pendek.
- Kualitas naik: bibit dengan kondisi nutrisi yang baik lebih kuat terhadap penyakit.
- Hasil panen naik: membesarkan bibit yang sehat mendorong hasil panen akhir.

### Prosedur Pembibitan

Persiapan lingkungan pembibitan dalam hidroponik adalah sebagai berikut.

- **Suhu:** atur sesuai tanaman dan fase pertumbuhan. Untuk selada, umumnya udara ruang pembibitan (bukan suhu air) dikelola sekitar 25 derajat C. Bibit kecil lemah terhadap suhu rendah, jadi hati-hati jangan sampai suhu diturunkan terlalu rendah.

- **Kelembapan:** jika terlalu tinggi, penyakit mudah muncul. Patokannya kelembapan relatif (RH) sekitar 60-70%.
- **Cahaya:** banyak varietas tidak membutuhkan cahaya untuk perkecambahan benih itu sendiri, tetapi setelah berkecambah, ketika kotiledon membuka dan mulai melakukan fotosintesis, jumlah cahaya yang tepat perlu dipastikan. Jika selama periode perkecambahan cahaya tidak diberikan, hati-hati agar awal penyinaran setelah kotiledon membuka tidak terlambat (jika awal penyinaran terlambat, itu menjadi penyebab etiolasi dan bibit lemah).
- **Larutan nutrisi:** ketika bibit masih kecil, umumnya EC (konsentrasi larutan nutrisi) diatur rendah lalu dinaikkan mengikuti pertumbuhan. Namun, berdasarkan pengalaman saya, jika manajemen sulit dilakukan, mempertahankan EC pada tingkat rendah yang telah ditentukan pun tidak menimbulkan masalah praktis (ini bukan berarti menetapkannya tetap pada EC tinggi yang sama dengan area budidaya utama. Yang dimaksud adalah operasi tetap pada nilai rendah sampai sedang).

Hal penting dalam manajemen setelah perkecambahan adalah waktu pindah tanam. Ketika bibit membesar dan mulai saling menutupi dengan daun tanaman di sebelahnya, itu tanda pindah tanam. Jika dibiarkan, cahaya tidak menjangkau dengan baik dan pertumbuhan normal terhambat.

	A	B	C	D	E	F	G
1		フリル	フリル	フリル	フリル	フリル	フリル
2	播種日	播種数	5日目 発芽率	発芽苗	移植数	過不足	備考 ※異常時の対応等
3	2024/05/01	4500	95%	4275	4100	175	
4	2024/05/02	4500	95%	4275	4100	175	
5	2024/05/03	4500	95%	4275	4100	175	翌日の不足分に充当
6	2024/05/04	4500	85%	3825	4100	-275	前日分から充当、不足は翌日分を使用
7	2024/05/05	4500	95%	4275	4100	175	
8	2024/05/06	4500	95%	4275	4100	175	
9	2024/05/07	4500	95%	4275	4100	175	移植時、葉の黄変確認
10	2024/05/08	4500	95%	4275	4100	175	移植時、葉の黄変確認
11	2024/05/09	4500	95%	4275	4100	175	移植時、葉の黄変確認

## Membuat Catatan Pembibitan

Pembibitan menjadi titik awal masa budidaya setelahnya. Jika ada kesalahan atau masalah di sini, dampak buruknya akan tersisa dalam waktu lama.

Dengan mencatat data lingkungan dan kondisi pertumbuhan bibit selama periode pembibitan, manfaat berikut dapat diperoleh.

- Deteksi dini masalah: tanda pertumbuhan buruk atau penyakit dapat ditangkap lebih cepat.
- Penelusuran penyebab: saat masalah muncul, catatan dapat ditinjau kembali sehingga penyebab lebih mudah diidentifikasi.
- Akumulasi pengetahuan praktis: metode pembibitan dapat diperbaiki dengan merujuk pada catatan masa lalu.
- Manajemen berbasis data: pengelolaan dapat dilakukan dengan angka, bukan hanya pengalaman dan intuisi.

Pada awalnya, pencatatan mungkin terasa merepotkan. Namun, akumulasi catatan sangat meningkatkan ketepatan pengelolaan budidaya. Cukup mulai dari hal yang bisa dilakukan.

## **Pindah Tanam dan Penanaman Akhir**



Bibit yang sudah selesai melalui pembibitan dipindahkan ke ruang yang lebih luas.

### **Pindah Tanam**

Pindah tanam adalah pekerjaan memindahkan bibit ke ruang yang lebih luas. Jika akar dan daun tetap sesak, masalah berikut akan muncul.

- Kekurangan nutrisi: akar tidak dapat menyerap nutrisi dengan cukup, sehingga pertumbuhan memburuk.

- Kekurangan cahaya: daun sebelahnya menghalangi, sehingga jumlah cahaya per tanaman berkurang.
- Peningkatan risiko penyakit: daya tahan turun dan tanaman lebih mudah terkena penyakit.

Ketika bibit sudah membesar, memindahkannya ke ruang yang luas membuat nutrisi dapat diserap dengan cukup dan pertumbuhan menjadi lebih cepat.

### Penanaman Akhir

Penanaman akhir adalah pindah tanam terakhir yang dilakukan menuju panen. Dengan mengulang pindah tanam secara bertahap, hasil panen dan kualitas dapat sama-sama ditingkatkan.

Masalah jarak tanam yang terlalu sempit sudah dijelaskan sebelumnya, tetapi jika sebaliknya terlalu lebar, hasilnya seperti ini.

- Ruang terbuang: ruang budidaya yang terbatas tidak dapat dimanfaatkan.
- Penurunan hasil panen: hasil panen per satuan luas berkurang.

Pertanian vertikal adalah sistem yang meningkatkan efisiensi produksi dengan menumpuk bak tanam secara vertikal. Kita ingin memakai ruang secara penuh, tetapi jika terlalu padat, pertumbuhan terganggu. Menyeimbangkan keduanya itu penting.

Kunci penanaman akhir adalah menemukan "jarak tanam optimal" yang membuat tanaman dapat tumbuh tanpa stres sekaligus memaksimalkan jumlah tanaman. Ini bagian yang perlu dipertajam di lapangan untuk tiap kombinasi tanaman dan peralatan.

## **Panen dan Pemangkasan**



Proses terakhir budidaya adalah panen dan pemangkasan. Ini adalah momen ketika benih yang kita tabur sendiri akhirnya tumbuh menjadi sayuran siap panen, tetapi pada saat yang sama juga menjadi titik awal proses baru menuju penjualan.

### Cara Menjalankan Panen dalam Pertanian Vertikal

Pekerjaan panen dalam pertanian vertikal cukup berbeda dari budidaya di lahan terbuka. Dasarnya adalah membagi pekerjaan dalam alur kerja.

- Panen: memanen sayuran dari bak tanam.
- Pengangkutan: membawa sayuran yang sudah dipanen ke area pemangkasan.
- Pemangkasan: membuang daun yang tidak menjadi produk.

Gambaran pekerjaannya mirip dengan lini produksi industri, dan pembagian tugas sangat menentukan efisiensi.

### Apa Itu Pemangkasan

Pemangkasan adalah pekerjaan merapikan sayuran yang sudah dipanen. Ini bukan sekadar soal penampilan, tetapi berkaitan dengan nilai produk itu sendiri.

Sayuran yang bentuknya rapi dan dipangkas dengan bersih memberikan kesan berikut.

- Terlihat segar dan enak
- Memberi rasa aman
- Memberi kesan berkualitas tinggi



### Dasar Pemangkasan

Tiga hal berikut perlu diperhatikan dalam pemangkasan.

- Membuang daun yang rusak atau berubah warna
- Merapikan bentuk
- Menyesuaikan dengan standar

Untuk sayuran daun, beberapa lembar daun luar yang rusak dibuang dan daun bersih di bagian tengah dibiarkan. Standar seperti jumlah daun, panjang, berat, dan bentuk kadang ditentukan secara rinci menurut pabrik atau tujuan penjualan.

### Pemangkasan yang Kasar Mengurangi Keuntungan

Jika pemangkasan dilakukan dengan kasar, dampaknya langsung mengenai keuntungan seperti berikut.

- Hasil panen turun: daun diambil lebih banyak dari yang diperlukan, sehingga jumlah yang bisa dijual berkurang.
- Kualitas turun: jika daun terluka atau tercabik, nilai produk turun.
- Efisiensi kerja turun: pekerjaan kasar menimbulkan pengerjaan ulang, dan akhirnya memakan waktu.

Pemangkasan adalah proses yang berhubungan langsung dengan hasil panen, kualitas, dan efisiensi kerja.

### Panen dan Pemangkasan Adalah Puncak Budidaya

Panen dan pemangkasan adalah bagian penyelesaian di lapangan. Dibutuhkan kecepatan dan ketepatan sekaligus. Betapapun telitinya manajemen budidaya sampai titik ini, jika penyelesaian terakhir kasar, semuanya menjadi sia-sia.

## Pekerjaan Setelah Panen

Sayuran yang sudah dipanen bukan berarti boleh dibiarkan begitu saja. Rangkaian pekerjaan sampai pengiriman menentukan kualitas.



### Adu Cepat dengan Kesegaran

Sayuran mulai kehilangan kesegaran sejak saat dipanen. Ketika kesegaran turun, perubahan berikut terjadi.

- Penampilan: kesegaran visual hilang dan sayuran layu.
- Rasa: cita rasa turun, rasa pahit dan sepat meningkat.
- Nilai gizi: vitamin dan mineral berkurang.
- Keamanan: bakteri lebih mudah berkembang biak dan risiko keracunan makanan meningkat.

Untuk menjaga kesegaran, penanganan setelah panen perlu dilakukan dengan tepat.

### Empat Proses Setelah Panen

Pekerjaan setelah panen secara garis besar terbagi menjadi empat.

1. **Pengangkutan:** membawa sayuran dari area budidaya ke area kerja.

- Manajemen suhu: jaga suhu yang tepat juga selama proses pengangkutan.
- Penanganan benturan: manfaatkan kontainer dan trolley untuk menyerap benturan.



**2. Penimbangan dan seleksi:** menyeragamkan kualitas. Standar ukuran, bentuk, berat, dan lainnya berbeda menurut pabrik atau tujuan penjualan. Sayuran di luar standar disingkirkan. Ini bisa dilakukan manual, tetapi efisiensi naik jika mesin seleksi otomatis diperkenalkan.

**3. Pengemasan dan pengepakan:** memasukkan sayuran ke kantong atau kemasan.

- Menjaga kesegaran: pengemasan menekan respirasi dan penguapan air secara perlahan.
- Perlindungan: melindungi dari benturan dan luka selama transportasi.
- Peningkatan nilai produk: merapikan penampilan, dan kemasan juga dapat memuat informasi produk.
- Bahan kemasan: pilih sesuai tanaman dan metode penjualan, seperti film, tray, dan net.

**4. Penyimpanan:** simpan pada suhu dan kelembapan yang tepat.

- Menjaga kesegaran: menekan respirasi dengan suhu rendah.
- Mencegah penurunan kualitas: mencegah kekeringan dan pembusukan dengan manajemen kelembapan.
- Tempat penyimpanan: gunakan kulkas atau ruang pendingin dengan suhu dan kelembapan yang sesuai tanaman serta masa simpan.

Poin Pengendalian Mutu

Ada empat poin untuk menghubungkan pekerjaan setelah panen dengan kualitas.

- **Manajemen suhu:** jaga suhu dari panen sampai pengiriman. Khususnya jika sayuran berulang kali dikeluarkan dan dimasukkan ke kulkas, kondensasi muncul di dalam dan luar kemasan atau di permukaan sayuran, lalu kecepatan kerusakan meningkat tajam. Ini adalah poin yang mudah terlewat di lapangan.
- **Manajemen higiene sanitasi:** terapkan sanitasi secara menyeluruh pada area kerja dan peralatan.
- **Pencatatan:** dengan mencatat jumlah stok dan waktu panen, penyebab dapat ditelusuri saat masalah muncul.
- **Sistem pengecekan:** periksa kondisi sebelum pengiriman dan lihat apakah standar kualitas terpenuhi.

2024/5/11		カシオ												グリーン														
品目	L	M	S	PB	5kg	1kg	500g	L	M	S	PB	1kg	L	M	S	PB	1kg	L	M	S	PB	5kg	1kg	500g	200g			
製品規格	L	M	S	PB	5kg	1kg	500g	L	M	S	PB	1kg	L	M	S	PB	1kg	L	M	S	PB	5kg	1kg	500g	200g			
ケース入数	10	1	12	12	1	1	1	10	1	12	12	12	1	10	1	12	12	12	12	1	1	1	1					
総量(kg)	110	90	75	80	80	6500	1300	600	110	90	75	80	1300	110	90	75	80	1300	110	90	75	80	6500	1300	600	300		
経路	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル	ル		
1.栽培数	8	92	2				8				8				8	92					8	92	5	2				
2.出荷数				2																								
3.在庫数		6	12	92			8	66	29	8	58	37	3	4		8	100	58	29	3	11			16	92	5		
4.廃棄数																												
5月11日																												
5月10日			1					42	5		42	5	3	4			42	5	2	2						42		
5月9日		6	3					8	16	12	8	16	12				8	16	12	4					8	16		
5月8日																				1								
5月7日																					10					1		
5月6日																					2					5		
合計	0	0	6	4	0	0	0	8	58	29	8	58	29	3	4	0	0	8	58	29	3	11	0	0	8	0	0	
A社																												
B社																												
C社																												
D社																												

Pekerjaan setelah panen adalah proses terakhir untuk menjadikan kualitas budidaya sebagai kualitas produk yang sampai ke konsumen.

## Manajemen dan Pendidikan Karyawan

	9	10	11	12	13	14	15	16	17																							
	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45												
朝礼 準備等	20																															
収穫・トリミング	9	8	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7												
収穫補助	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2												
計量	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												
包装	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3											
検品	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2											
梱包	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
ピッキング・在庫管理	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											
清掃・洗浄	1	2	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	12	12		
定植													3	3	3	3	4	4	4	4	4	4										
移植1																					3	3	3	3	6	6						
移植2																					3	3	3	3	4	4	4					
播種																					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
昼休憩A										6	6	6	6																			
昼休憩B																																
午前シフト人数	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7											
全日シフト人数	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13			
合計	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0	0	0

Sampai di sini, kita sudah melihat pengetahuan dan keterampilan teknis manajemen budidaya, tetapi teknologi dan peralatan saja tidak membuat pertanian vertikal berjalan. Pengembangan orang yang menggerakkannya mutlak diperlukan.

### Pengetahuan dan Keterampilan yang Dibutuhkan

Dalam lowongan kerja pertanian vertikal, sering ditemukan frasa "terbuka untuk pelamar tanpa pengalaman", tetapi pengetahuan yang dibutuhkan di lapangan sangat luas.

Bidangnya beragam: pengetahuan tentang pertumbuhan tanaman, keterampilan teknis budidaya, operasi dan manajemen peralatan, manajemen higiene sanitasi, pengendalian mutu, analisis data, dan kemampuan memecahkan masalah.

### Dua Pilar Pendidikan Karyawan

Pendidikan dibagi menjadi dua tahap: dasar dan lanjutan.

#### **Pendidikan dasar: untuk seluruh karyawan**

Sasarannya adalah karyawan baru dan orang yang belum berpengalaman. Mereka memahami pengetahuan dasar pertanian vertikal dan prosedur kerja dasar.

- Gambaran pertanian vertikal: perbedaannya dengan pertanian lain
- Dasar manajemen budidaya: suhu, kelembapan, cahaya, CO<sub>2</sub>, larutan nutrisi, dan lainnya
- Sistem hidroponik: mekanisme, jenis, manfaat dan kekurangan
- Prosedur kerja: tiap proses penyemaian, pembibitan, pindah tanam, penanaman akhir, dan panen
- Manajemen higiene sanitasi: cara mencegah munculnya penyakit dan hama
- Pengendalian mutu: cara memasok sayuran berkualitas tinggi secara stabil
- Manajemen keselamatan: hal yang perlu diperhatikan terkait keselamatan kerja

Khususnya untuk karyawan baru, saya minta mereka mempelajari manajemen higiene sanitasi dan pengendalian mutu secara intensif. Selama ikut dalam pekerjaan, pengetahuan minimum wajib dimiliki.

#### **Pendidikan lanjutan: terutama untuk manajer**

Ditujukan kepada karyawan yang sudah menyelesaikan dasar, lalu mereka memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang lebih khusus.

- Keterampilan teknis budidaya: metode budidaya tanaman tertentu dan kendali lingkungan
- Manajemen peralatan: manajemen dan perawatan sistem hidroponik, pencahayaan, dan peralatan pengondisian udara
- Analisis data: menganalisis data budidaya dan memakainya untuk menemukan masalah serta melakukan perbaikan
- Pengendalian mutu: metode pengendalian mutu dan teknologi pemeriksaan yang lebih tinggi

Manajemen dan pendidikan karyawan adalah unsur yang sangat memengaruhi hasil pertanian vertikal. Dibanding investasi peralatan, ini terlihat sederhana, tetapi dalam praktiknya paling berpengaruh.

## **Menerapkan Manajemen Higiene Sanitasi Secara Menyeluruh**

Lapangan pertanian vertikal selalu berhadapan dengan patogen dan hama.



### **Mengapa Manajemen Higiene Sanitasi Penting**

Karena pertanian vertikal adalah ruang tertutup, begitu penyakit muncul, penyebarannya dapat berlangsung sangat cepat. Bagi jamur dan bakteri yang menyukai suhu tinggi dan kelembapan tinggi, pertanian vertikal yang tidak dikelola dengan baik adalah tempat

berkembang biak yang ideal.

## Tiga Pilar Manajemen Higiene Sanitasi

### **1. Pemisahan area (penetapan area bersih)**

Ini adalah metode membagi area di dalam pabrik menurut tingkat kebersihan, dan menjadi dasar manajemen higiene sanitasi.

- Area kotor: area yang banyak kontak dengan luar, seperti luar pabrik, pintu masuk material, dan ruang ganti
- Zona semi-bersih: area untuk bersiap sebelum masuk ke area budidaya. Di sini dilakukan penggantian pakaian kerja, cuci tangan, dan disinfeksi.
- Area bersih: area yang perlu dijaga tingkat kebersihannya paling tinggi, seperti area budidaya

Alur pergerakan harus dibuat satu arah dari area kotor → zona semi-bersih → area bersih.

Sebelum masuk ke area bersih, wajib melewati zona semi-bersih, lalu masuk ke area bersih setelah sumber kontaminasi dihilangkan di sana melalui ganti pakaian, cuci tangan, dan disinfeksi (jangan masuk ke area bersih dengan melewati begitu saja zona semi-bersih). Jika hanya mengandalkan karyawan untuk "berhati-hati", lingkungan higiene akan cepat berantakan. Menatanya dengan aturan dan sistem itu penting.

### **2. Pembersihan serta sanitasi dan disinfeksi**

Semua tempat dan peralatan di dalam pabrik dibersihkan serta disanitasi dan didisinfeksi secara berkala. Prinsip urutannya adalah melakukan pembersihan (pencucian fisik) lebih dulu, lalu melakukan disinfeksi (sterilisasi). Jika disinfektan disemprotkan ketika bahan organik atau sisa tanaman masih tertinggal, efektivitasnya akan jauh menurun, jadi jangan membalik urutan proses.

- Pembersihan (pencucian): mencuci secara fisik kotoran dan sisa tanaman. Cakupannya luas, termasuk area budidaya, area kerja, peralatan hidroponik, lantai, dinding, perlengkapan pencahayaan, dan peralatan pengondisian udara.
- Disinfeksi (sterilisasi): setelah pembersihan, bunuh patogen yang tidak dapat dihilangkan dengan pencucian menggunakan disinfektan.

- Cara berpikir tentang frekuensi: membersihkan semua tempat secara menyeluruh setiap hari tidak realistis. Prioritaskan tempat dengan kelembapan tinggi, tempat yang mudah kotor, dan tempat yang sering disentuh orang.

- Pencatatan: jika tempat dan waktu pembersihan dicatat, ini membantu mencegah kelalaian dan menelusuri penyebab.

名前ボックス (Ctrl + J)		B	C	D	E	F	G	H	I
1		【日次・週次】栽培室							
2	清掃実施期間:	から	まで						
3	清掃箇所	詳細	清掃方法	月	火	水	木	金	土
4	栽培ラック	プラスチック部	ゴミ取り→ワイパー						
5	栽培ラック	金属部	アルコール拭き						
6	高所作業車	全般	ゴミ取り						
7	コンベア	全般	アルコール拭き						
8	計量器	全般	アルコール拭き						
9	計量台	全般	アルコール拭き						
10	脚立	全般	アルコール拭き						
11	床	全般	ほうきがけ→水洗い→ワイパー						
12	排水溝	全般	ゴミ取り→水洗い						
13	ゴミ箱	本体	ゴミ取り→水洗い						
14	除湿機	フィルター	水洗い						
15	除湿機	内部	アルコール拭き						
16	除湿機	外装	アルコール拭き						
17	高所作業車	全般	アルコール拭き						
18	スイッチ	全般	アルコール拭き						
19	清掃用具	全般	アルコール拭き						
20	清掃用具ラック	全般	アルコール拭き						
21									
22			清掃担当者						

Karena sayuran daun sering kali tidak dicuci setelah panen, lingkungan higiene selama budidaya langsung menjadi kebersihan produk.

### 3. Manajemen higiene sanitasi karyawan

Tindakan tiap orang yang bekerja di lapangan menentukan apakah patogen dan hama masuk serta menyebar.

- Cuci tangan: lakukan dengan teliti dan sering, seperti sebelum masuk pabrik, sebelum dan sesudah pekerjaan, serta setelah dari toilet.

- Pemakaian pakaian khusus: gunakan pakaian kerja, topi, masker, dan sarung tangan khusus.

- Manajemen kesehatan: saat flu atau kondisi badan buruk, jangan memaksakan diri dan beristirahat.



Namun, agar semua orang memiliki kesadaran hygiene yang tinggi, diperlukan waktu dan pendidikan. Dalam jangka pendek, cara berpikir bahwa hygiene dijamin oleh sistem adalah yang realistis.

#### Poin Penting Manajemen Higiene Sanitasi

Bagian yang perlu mendapat perhatian khusus di dalam pabrik adalah sebagai berikut.

- **Pintu keluar masuk:** jalur masuk tempat orang dan barang sering keluar masuk. Cegah masuknya kontaminasi dengan air curtain dan perangkat lengket.
- **Lantai:** kotoran dan tetesan air mudah menumpuk dan menjadi sumber masalah. Pembersihan serta sanitasi dan disinfeksi berkala, serta memastikan drainase, itu penting.
- **Dinding:** jamur mudah muncul karena kondensasi. Perhatikan pencegahan kondensasi dan pengeringan.
- **Peralatan hidroponik:** tangki nutrisi dan pipa mudah menjadi tempat berkembang biak patogen. Ini bagian yang mudah menumpuk sisa daun dan akar, serta sulit dibersihkan. Bersihkan serta lakukan sanitasi dan disinfeksi secara terencana.
- **Peralatan pengondisian udara:** filter yang tersumbat dan kotoran di bagian dalam menyebabkan penurunan efisiensi pengondisian udara dan kerusakan. Lakukan pembersihan atau penggantian filter serta pembersihan bagian dalam secara berkala.
- **Meja kerja dan material budidaya:** kotoran dan sisa yang menempel menjadi sumber pertumbuhan patogen dan kemunculan hama. Setelah digunakan, pastikan dibersihkan serta disanitasi dan didisinfeksi.

Manajemen higiene sanitasi adalah pekerjaan sederhana, tetapi inilah pekerjaan yang menopang kualitas dan keamanan pertanian vertikal dari dasarnya.

## **Analisis Data**

Pilar lain dari manajemen operasional lapangan adalah analisis data. Mendengar kata "analisis" mungkin membuat Anda merasa harus bersiap serius, tetapi pemikiran dasarnya sederhana.

### **Mengapa Analisis Data Penting**

Dalam pertanian vertikal, berbagai data dapat diambil, seperti suhu, kelembapan, cahaya, konsentrasi CO<sub>2</sub>, dan komponen larutan nutrisi.

Dalam pertanian konvensional, manajemen budidaya yang mengandalkan pengalaman dan intuisi masih menjadi praktik umum. Dalam pertanian vertikal pun pengalaman dan intuisi penting, tetapi kalau hanya itu ada batasnya. Dengan memakai data, hal berikut menjadi mungkin.

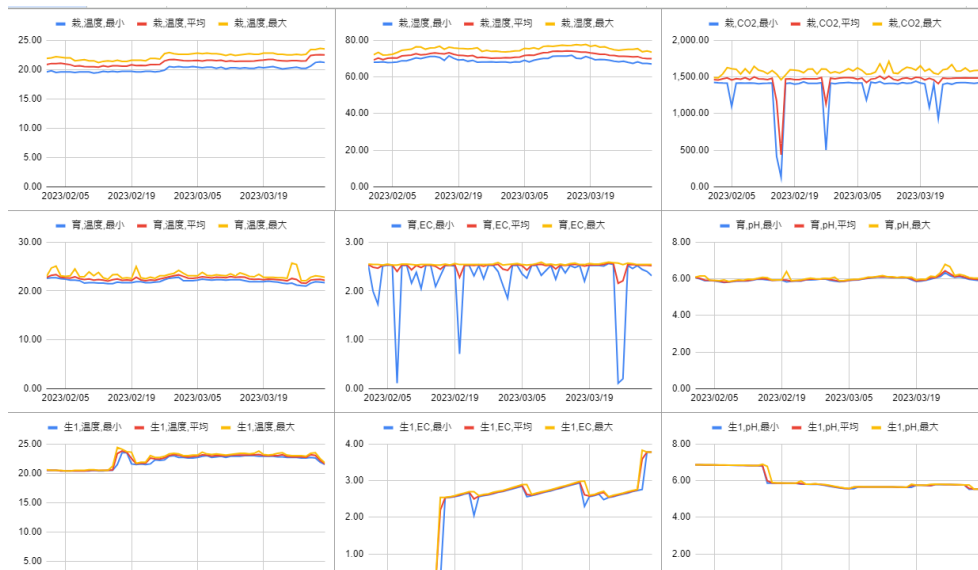
- Deteksi dini masalah: tanda pertumbuhan buruk atau penyakit dapat ditangkap lebih cepat.
- Identifikasi penyebab: saat masalah muncul, penyebab dapat dipersempit dari data.
- Pelaksanaan perbaikan: perbaikan berbasis data lebih mudah diverifikasi efeknya.
- Akumulasi pengetahuan praktis: akumulasi data menjadi pengetahuan praktis khas pabrik tersebut.

### **Data yang Perlu Dikumpulkan dalam Pertanian Vertikal**

Data yang terutama perlu dikumpulkan ada tiga jenis.

1. Data lingkungan: data yang menggambarkan kondisi lingkungan di dalam pabrik dalam bentuk angka. 2. Data pertumbuhan: data yang menggambarkan pertumbuhan dan kondisi tanaman dalam bentuk angka. 3. Data pekerjaan: catatan isi pekerjaan terkait manajemen budidaya.

Dengan mengelola data ini memakai buku catatan khusus atau perangkat lunak spreadsheet seperti Excel, "rekam medis" pabrik akan terbentuk. (Di atas adalah contoh representatif, dan masih banyak yang lain)



## Dasar Analisis Data: Pertama, "Visualisasi"

Data tidak bermakna jika hanya dikumpulkan. Langkah pertama adalah memvisualisasikannya dengan grafik.

- Grafik garis: cocok untuk melihat perubahan seiring waktu
- Grafik batang: cocok untuk membandingkan ukuran beberapa data
- Diagram pencar: cocok untuk memeriksa hubungan antara dua data

Alatnya boleh apa saja, tetapi perangkat lunak spreadsheet seperti Excel murah dan dapat digunakan siapa saja, sehingga mudah untuk memulai.

## Contoh Praktik Analisis Data

### Cara Berpikir Saat Tip Burn Sering Terjadi

Misalkan tip burn sering terjadi dalam budidaya selada.

Kumpulkan data lingkungan area kejadian dan data analisis larutan nutrisi, lalu bandingkan dengan urutan waktu. Dari sana terlihat kecenderungan seperti "kejadian bertepatan dengan periode kelembapan tinggi".

Jika literatur diperiksa, tertulis bahwa dalam lingkungan dengan kelembapan tinggi, transpirasi berkurang dan pasokan kalsium ke daun terhambat. Jika penyebabnya diketahui sebagai kombinasi kelembapan dan kalsium, hal ini dapat diarahkan pada langkah konkret seperti memperkenalkan dehumidifier atau meninjau ulang manajemen kelembapan.

Inilah alur analisis data. Lanjutkan dengan urutan hipotesis → data → verifikasi → tindakan.

### Kesimpulan Analisis Data

Analisis data adalah metode untuk membawa reproduktibilitas dan kemampuan verifikasi ke dunia pertanian yang selama ini bergerak berdasarkan pengalaman dan intuisi. Ini mutlak diperlukan untuk memanfaatkan kekuatan pertanian vertikal.

"Template manajemen operasional lapangan" yang saya sediakan di situs saya adalah alat untuk pengumpulan dan analisis data.

[Gratis] 13 Jenis Template yang Digunakan dalam Manajemen Operasional Lapangan Pertanian Vertikal <https://pfboost.com/id/templateform/>

### Ringkasan Chapter 3

- Rencana produksi disusun dalam tiga langkah: "perkiraan permintaan → penyusunan rencana → manajemen kemajuan"
- Dari penyemaian ke pembibitan, pindah tanam, penanaman akhir, dan panen, tiap proses memengaruhi kualitas setelahnya
- Pengangkutan, seleksi, pengemasan, dan penyimpanan setelah panen adalah benteng terakhir untuk menjaga "kesegaran"
- Pendidikan karyawan dijalankan dengan dua pilar: "pendidikan dasar" dan "pendidikan spesialis"
- Manajemen higiene sanitasi memiliki tiga pilar: "pemisahan area", "pembersihan serta sanitasi dan disinfeksi", dan "manajemen higiene sanitasi karyawan"
- Analisis data memungkinkan deteksi dini masalah dan identifikasi penyebab

### **Langkah Setelah Memahami Dasar: Membuat Pertanian Vertikal yang Menguntungkan**

Sampai di sini, kita sudah menjelaskan pengetahuan dasar manajemen operasional lapangan. Semua ini penting dalam bekerja, tetapi hal yang pada akhirnya ditanyakan kepada manajer lapangan adalah "profitabilitas". Yaitu indikator seberapa besar usaha dapat menghasilkan laba.

## Celah antara Pengetahuan Dasar dan Profitabilitas

Setelah mempelajari pengetahuan dasar, berikutnya muncul pertanyaan seperti ini.

Sebagai contoh, dalam Mengoperasikan Pertanian Vertikal: Panduan Pemula ini sudah dijelaskan kebijakan untuk menghadapi etiolasi, seperti "menambah jumlah cahaya", "menyesuaikan kepadatan tanam", dan "menerapkan manajemen suhu secara menyeluruh". Namun, di lapangan yang sebenarnya, muncul pertanyaan seperti:

- Secara konkret, jumlah cahaya harus diatur berapa
- Apakah ada cara menambah jumlah cahaya sambil menekan biaya listrik
- Bagaimana menentukan penyesuaian kepadatan tanam dengan mempertimbangkan hasil panen
- Bagaimana menyeimbangkan manajemen suhu yang menyeluruh dengan biaya

Untuk meningkatkan profitabilitas, pertanyaan-pertanyaan seperti ini perlu dipecahkan sesuai kondisi pabrik sendiri.

Hal-hal yang benar-benar menjadi pokok pembahasan meliputi:

- Merancang proses budidaya secara rinci dan menghilangkan pemborosan
- Menyesuaikan komponen larutan nutrisi secara detail dan mengurangi biaya pupuk
- Memperkenalkan alat dan sistem yang meningkatkan efisiensi kerja
- Membangun saluran penjualan sendiri dan menjual dengan harga tinggi

Dan masih banyak lagi.

## Ke Langkah Berikutnya

Mengoperasikan Pertanian Vertikal: Panduan Pemula ini memilih poin-poin penting dan menjelaskannya dengan tujuan agar pengetahuan dasar sebagai manajer pertanian vertikal dapat dipahami secara ringkas.

Sebagai langkah berikutnya, ada buku lain yang merangkum pengetahuan praktis yang dikhususkan untuk profitabilitas dalam satu buku.

172 Tips untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal - Pengetahuan Praktis yang Diasah Lebih dari 10 Tahun di Lapangan - <https://pfboost.com/id/profitability-of-plant-factories/>

## Afterword

Sampai di sini, kita sudah melihat dasar-dasar pertanian vertikal secara menyeluruh. Bagi Anda yang sudah selesai membaca, Anda bukan pemula lagi.

### "Praktik" Setelah Pengetahuan Dasar

Namun, pengetahuan dalam buku ini hanyalah titik awal. Ini saja tidak cukup untuk membuat pertanian vertikal berhasil.

- Memanfaatkan pengetahuan manajemen suhu untuk menemukan setelan suhu optimal bagi tiap tanaman
- Memanfaatkan pengetahuan pengelolaan larutan nutrisi untuk memperbaiki formulasi pupuk, sekaligus mencapai pengurangan biaya dan peningkatan kualitas
- Memanfaatkan pengetahuan manajemen higiene sanitasi untuk membangun sistem manajemen higiene sanitasi yang menyeluruh

Dengan cara seperti ini, menguasai pengetahuan melalui praktik adalah jalan terdekat menuju pertumbuhan.

### Menuju Pertumbuhan Lebih Lanjut

Setelah selesai membaca buku ini pun, seharusnya masih banyak bagian yang belum Anda pahami. Karena buku ini dibatasi pada isi yang dasar, hampir tidak masuk ke cara konkret menggerakkan lapangan.

Yang berhubungan langsung dengan keuntungan adalah bagian pengetahuan praktis setelah dasar.

Jika Anda ingin mempelajari pengetahuan praktis yang lebih aplikatif, atau ingin tahu secara konkret apa yang harus dilakukan untuk meningkatkan keuntungan, silakan kunjungi situs web saya.

Sebagian orang mengatakan pertanian vertikal "tidak menguntungkan", tetapi saya berpendapat masih ada ruang perbaikan tergantung cara menjalankannya. Di lapangan, saya sudah berkali-kali melihat situasi ketika perbaikan kecil menghasilkan dampak yang besar.

<https://pfboost.com/id/>