



植物工場運営 超入門

Shohei Imamura

PFBoost

Mengoperasikan Pertanian Vertikal: Panduan Pemula

Daftar Isi

Pendahuluan

- Struktur Buku dan Cara Menggunakannya
- Penulis

Bab 1: Masa Depan dan Prospek Pertanian Vertikal

- Apa itu pertanian vertikal — memisahkan dua tipe
- Mengetahui "kondisi saat ini" pertanian vertikal
- Mengapa pertanian vertikal akhirnya merugi?
- Cara membaca angka dan berita industri
- Kenyataan pertanian vertikal yang menghasilkan keuntungan
- Apa perbedaan mendasar dengan budidaya di lahan terbuka dan pertanian dalam fasilitas?
- Memahami jarak antara penelitian dan lapangan
- Tiga peran manajer pertanian vertikal

Bab 2: Pengetahuan dasar manajemen budidaya

- Apa poin penting untuk memilih tanaman yang paling cocok bagi pertanian vertikal?
- Pemanfaatan lampu LED
- Cahaya
- Sistem hidroponik
- Pengelolaan suhu
- Pengelolaan kelembapan
- Pemanfaatan CO₂
- Pengelolaan Climate Control dan angin
- Penanganan pupuk
- Pengelolaan larutan nutrisi
- Tip burn
- Etiolasi
- Untuk meningkatkan lebih jauh manajemen budidaya

Bab 3: Manajemen operasional lapangan dalam praktik

- Manajemen operasional lapangan dipelajari dari mana? Tiga lapisan: bibit, angka, dan orang
- Penyusunan rencana produksi
- Penyemaian
- Pembibitan
- Pindah tanam dan penanaman akhir
- Panen dan pemangkasan
- Pekerjaan pascapanen
- Manajemen dan pelatihan karyawan
- Ketuntasan manajemen higiene sanitasi
- Analisis data

Penutup

Pendahuluan

Pertanian vertikal bukan bisnis yang bisa dimenangkan hanya dengan melengkapi peralatan. Sejak masuk ke industri ini pada tahun 2011, lebih dari sepuluh tahun saya menyaksikan sendiri lebih dari 10 fasilitas pertanian vertikal dengan beragam skala. Ada perusahaan besar bermodal tebal yang tetap harus angkat kaki setelah beberapa tahun, ada pula fasilitas yang labanya stabil karena tekun menumpuk perbaikan-perbaikan kecil yang tak kasat mata. Pembedanya hampir selalu bukan peralatan atau sistem, melainkan "cara menggerakkan lapangan". Di sebelah sensor tercanggih, ada staf yang meraba kondisi daun dengan tangannya sendiri—itulah wujud asli pertanian vertikal.

Pada akhirnya, lapangan hanya bisa dipelajari di lapangan. Membaca buku ini tidak akan membuat Anda langsung bisa bekerja besok pagi. Tapi kalau Anda lebih dulu memegang pengetahuan yang menjadi dasar industri dan pekerjaan ini, kecepatan Anda menyerap pelajaran di lapangan akan terasa jauh berbeda. Orang yang paham untuk apa sebuah pekerjaan dikerjakan dan apa makna angka-angka di depannya akan memetik hal yang berbeda dari hari yang sama, dibandingkan orang yang sekadar menggerakkan tangan menurut perintah.

Karena itulah buku ini saya susun ulang sebagai **buku yang bisa diserahkan atasan atau senior kepada orang baru sambil berkata, "Baca ini dulu"**. Inilah buku fondasi untuk menangkap gambaran besar industri dan pekerjaannya sebelum benar-benar turun ke lapangan.

Struktur Buku dan Cara Menggunakannya

Buku ini saya rangkai mengikuti tiga alur.

- **Bab 1** menyuguhkan gambaran besar industri pertanian vertikal. Dunia seperti apa ini, bagaimana kondisinya sekarang, dan di titik mana pandangannya mulai berubah.
- **Bab 2** menggarap dasar-dasar budidaya. Cahaya, suhu, larutan nutrisi—mekanisme yang menjadi fondasi tumbuhnya sayuran.
- **Bab 3** masuk ke praktik di lapangan. Pekerjaan apa saja yang berjalan setiap hari, dan apa yang dilihat oleh seorang manajer.

Dengan membacanya berurutan, saat turun ke lapangan nanti Anda akan bisa menempatkan diri: "Sekarang saya ada di bagian mana dari keseluruhan ini".

Ada satu hal yang ingin saya tegaskan lebih dulu. Buku ini sepenuhnya berfokus menyampaikan fondasi industri dan pekerjaannya secara utuh, dan **tidak mengupas tuntas keputusan selangkah lebih jauh yang langsung menyangkut profitabilitas**—cara menentukan nilai yang optimal, bagian mana yang dipangkas saat menekan biaya, merancang saluran penjualan, menimbang kelayakan investasi, dan seterusnya. Semua itu ranah pengetahuan praktis yang diperas dari pengalaman lapangan, dan dibahas satu per satu dalam buku saudara '*172 kiat untuk meningkatkan profitabilitas pertanian vertikal*'. Setelah gambaran besarnya tertangkap dari buku ini, silakan buka buku itu saat Anda membutuhkannya.

Saya akan sangat senang bila buku ini dipakai sebagai bahan pelatihan yang diserahkan kepada karyawan baru. Anda bebas menyalin dan menyebarkannya kembali. Hanya saja, karena hak ciptanya tidak saya lepaskan, mohon isinya jangan diubah.

Penulis



Shohei Imamura

Masuk ke industri pertanian vertikal pada tahun 2011. Sebagai staf lapangan sekaligus manajer tim pendukung, ikut menangani peluncuran dan operasional lebih dari 10 fasilitas pertanian vertikal dengan beragam skala. Total telah membina lebih dari 600 staf.

Dari pengalaman itu ia berkeyakinan bahwa penentu profitabilitas pertanian vertikal bukanlah peralatan atau sistem, melainkan keterampilan dan pengetahuan orang yang

menjalankannya. Kini bekerja mandiri, memberikan konsultasi peningkatan profitabilitas, pendampingan, serta penyediaan konten untuk para pelaku pertanian vertikal.

Bab 1: Masa Depan dan Prospek Pertanian Vertikal

Perkenalkan. Dunia yang akan Anda masuki mulai sekarang adalah dunia "pertanian vertikal" — sebuah dunia yang sulit dibaca dari luar. Saya sudah berada di industri ini sejak 2011, dan selama lebih dari sepuluh tahun, di lebih dari sepuluh fasilitas, saya menyaksikan langsung jalannya pertanian vertikal yang membudidayakan sayuran daun. Kekacauan saat masa rintisan, fasilitas yang akhirnya ditutup, pertanian vertikal yang diam-diam terus mencetak laba kecil. Dalam bab ini, untuk Anda yang baru menginjakkan kaki di lapangan, saya ingin menyerahkan gambaran besar industri ini sekaligus, dari ujung ke ujung. Soal cara menghasilkan uang secara rinci akan saya serahkan ke bab-bab berikutnya dan ke *172 Kiat*; di sini saya akan langsung menembus "apa itu pertanian vertikal, bagaimana kondisinya sekarang, dan di mana pemandangannya berbeda" — seperti senior di lapangan yang sedang bercerita. Jangan terlalu dipikirkan. Bacalah sekadar untuk menangkap garis besarnya.

Apa itu pertanian vertikal — memisahkan dua tipe



Ketika mendengar kata "pertanian vertikal," kebanyakan orang membayangkan lini produksi pabrik. Tekan tombol, produk standar mengalir terus; pasang peralatannya, segalanya bisa diproduksi massal dengan murah — itulah bayangan yang dibentuk oleh pabrik mesin. Namun jika Anda masuk dengan membawa bayangan itu, biasanya Anda akan salah membaca apa yang Anda lihat. Meski sama-sama disebut "pertanian vertikal," isinya bisa berbeda sejauh dua makhluk hidup yang berlainan. Jadi pertama-tama, mari kita pegang dulu satu pembedaan itu.

Apakah menggunakan matahari, atau membangun segalanya dengan listrik?

Ada satu garis pembatas yang paling menentukan. Apakah Anda memanfaatkan cahaya matahari, atau Anda membuat cahaya itu sendiri dengan listrik?

Tipe yang memanfaatkan sinar matahari — yang disebut **tipe solar** — sebaiknya Anda bayangkan sebagai kelanjutan dari rumah kaca plastik. Cahaya masuk melalui atap secara gratis. Bagian yang mirip pabrik adalah segala hal di luar cahaya — suhu, kelembapan, CO₂, penyiraman — yakni pengukuran dan pengendaliannya. Ini fasilitas yang mengelola bukan cahayanya, melainkan semua hal selain cahaya.

Tipe lainnya, **PFAL penuh**, membuang matahari sepenuhnya di dalam ruangan tanpa jendela. Lebih dari itu, ia membeli kembali cahaya yang tadinya gratis dengan listrik, lalu membuatnya sendiri. Bukan hanya cahaya, tetapi pengaturan iklim dan kelembapan pun — semuanya ditanggung dengan listrik, demi menghadirkan kembali cuaca luar di dalam ruangan. Itulah harga dari memutus diri dari udara luar. Yang saya jalani selama lebih dari sepuluh tahun adalah tipe ini: fasilitas yang membudidayakan sayuran daun dengan PFAL. Ketika saya menulis "yang telah saya lihat" dalam buku ini, pahamiilah itu pada dasarnya sebagai cerita dalam lingkup ini. Tipe solar, serta kasus sayuran buah atau skala besar di luar negeri, hanya saya singgung di sini sebagai perkiraan yang didasarkan pada makalah dan prinsip-prinsip dasar.

Dalam buku ini, kecuali dinyatakan lain, ketika saya menyebut "pertanian vertikal" yang saya maksud adalah PFAL penuh. Itu juga tempat seorang pendatang baru biasanya pertama kali ditempatkan.

Mengapa tanaman yang bisa dibudidayakan cenderung condong ke sayuran daun. Selada, bayam Jepang, baby leaf. Yang terdengar dalam pembicaraan tentang pertanian vertikal hampir selalu sayuran daun. Alasannya mengalir dengan sederhana dari kendala membeli kembali cahaya dengan listrik. Sayuran daun tidak membutuhkan cahaya yang terlalu kuat, tubuhnya pendek dan bisa disusun berlapis-lapis di rak. Masa tumbuhnya pun singkat. Jadi biayanya masih bisa diimbangi, walau tipis, oleh biaya membuat cahaya dengan listrik.

Sebaliknya, untuk tanaman yang berbuah, skalanya berbeda jauh. Tanaman berbuah seperti tomat membutuhkan cahaya dalam jumlah besar, dan semakin tinggi batangnya, semakin sulit

cahaya menjangkau daun-daun bawah sehingga efisiensinya pun turun. Untuk bahan pangan pokok seperti beras atau gandum, situasinya lebih ekstrem lagi. Jadi apa yang bisa dibudidayakan secara komersial di bawah cahaya buatan penuh saat ini pada dasarnya terbatas pada sayuran daun yang bertubuh pendek.

Di sinilah kata "pabrik" mengkhianati Anda. Pabrik biasa memungkinkan Anda membuat semakin banyak ragam barang seiring semakin banyak peralatan yang Anda pasang, tetapi cahaya buatan penuh pada pertanian vertikal justru sebaliknya — jenis tanaman yang bisa dibuat malah semakin menyempit. Ditambah lagi, yang tumbuh di dalamnya adalah makhluk hidup, sehingga Anda tidak bisa menghentikan lini produksi hanya karena permintaan turun, lalu memulainya kembali dari titik yang sama. Setelah benih ditanam, entah laku atau tidak, ia tetap tumbuh dengan kecepatannya sendiri. Ini bukan perangkat untuk memproduksi massal apa pun dengan murah, melainkan perangkat untuk menghasilkan tanaman terbatas secara stabil, terputus dari cuaca — bukan pabrik yang menggenjot volume, melainkan pabrik yang menghilangkan fluktuasi.

Jangan langsung terapkan angka industri pada diri sendiri

Saat Anda mulai meneliti "bagaimana sebenarnya kondisi pertanian vertikal," yang pertama kali tertinggal di tangan Anda biasanya adalah angka. "Tingkat kerugiannya sekian persen." "Investasi awalnya sekian miliar." Buku ini pun nanti akan menengok angka-angka industri semacam itu. Namun izinkan saya menyampaikan satu hal terlebih dahulu: angka seperti itu tidak bisa begitu saja dijadikan tolok ukur bagi proyek Anda sendiri. Itu rata-rata yang menjejerkan dalam satu baris hal-hal yang berbeda tipe, berbeda tanaman, dan berbeda skala. Tidak ada jaminan sama sekali bahwa kombinasi Anda cocok dengan tingkat kerugian yang menghitung selada cahaya buatan penuh, tomat tipe solar, dan fasilitas kecil setengah hobi semuanya sekaligus sebagai "pertanian vertikal." Cara membaca angka itu sendiri akan saya bahas kembali di bagian selanjutnya.

Urutan untuk memeriksa

Terakhir, satu hal sebagai landasan. Saat meneliti pertanian vertikal, jika Anda mencoba memutuskan tipe terlebih dahulu, biasanya Anda akan tersesat. Anjuran saya justru sebaliknya: mulailah dari **pintu keluar**. Siapa yang akan membeli apa, mengapa, dan dengan harga berapa. Begitu itu ditetapkan, **tanaman** yang diinginkan menjadi jelas; begitu tanaman

jelas, **tipe** hampir tersaring dengan sendirinya dari intensitas cahaya dan tinggi tanaman yang diperlukan; dan baru setelah itu Anda bisa membaca **angka** orang lain, memilih hanya kasus yang kondisinya sesuai dengan milik Anda. Pintu keluar, tanaman, tipe, angka. Selama urutan ini tidak dibalik, Anda tidak akan terlalu keliru.

Pintu penjualan mana yang menguntungkan untuk tanaman apa — penilaian itu sudah merupakan desain pendapatan itu sendiri, sehingga dalam buku ini saya berhenti di pintu masuk dan menyerahkan pertimbangan yang lebih dalam ke *172 Kiat*. Untuk saat ini: bahwa ada dua tipe, alasan mengapa cenderung ke sayuran daun, dan bahwa angka harus dipilah sebelum dibaca. Bawa ketiga hal ini, dan mari kita lihat "kondisi saat ini" berikutnya.

Mengenal "kondisi saat ini" pertanian vertikal

Saya masuk ke industri pertanian vertikal pada 2011, di masa yang disebut "boom pertanian vertikal." Perusahaan-perusahaan besar masuk satu per satu, pertanian vertikal baru berdiri di berbagai daerah, dan media meliputnya sebagai "pertanian masa depan."

Namun perkembangan selanjutnya tidak berjalan sesuai harapan. Bahkan perusahaan besar yang punya modal dan kekuatan merek pun mundur dalam beberapa tahun, satu demi satu. Memasang peralatan mutakhir ternyata tidak otomatis berarti sukses. Gelombang pembangunan saat itu mereda, dan cara industri ini dibicarakan orang pun kini sudah berubah.

Mengapa kini kembali menarik perhatian?

Meski pembicaraan tentang penarikan diri terus berlanjut, minat terhadap pertanian vertikal justru kembali menguat dalam beberapa tahun terakhir. Alasannya jelas: apakah pangan bisa diperoleh secara stabil — yang disebut ketahanan pangan — menjadi kekhawatiran yang meningkat di seluruh dunia.

Pemicunya biasanya momen ketika "pangan mungkin berhenti datang dari luar." Saat wabah penyakit menghentikan logistik, saat konflik membuat jalur transportasi tidak stabil — setiap kali itu terjadi, pertanyaan tentang pertanian vertikal pun mencuat. Pola itu terus berulang. Pertanian vertikal bukan sekadar teknologi untuk menekan biaya transportasi, melainkan teknologi yang memungkinkan Anda terus memproduksi tanpa bergantung pada transportasi sama sekali. Bahkan jika logistik terhenti, Anda tetap bisa memproduksi di dalam fasilitas.

Karena itu ia kembali dinilai dengan kaca mata baru, sebagai "sarana untuk memproduksi pangan di dalam negeri sendiri, tanpa terpengaruh cuaca maupun situasi internasional."

Hal ini semakin kuat di daerah-daerah yang lingkungannya tidak cocok untuk pertanian. Di tempat yang iklim dan tanahnya tidak mendukung pertanian, airnya langka, dan sebagian besar pangannya bergantung pada impor — di daerah seperti itu, pertanian vertikal bukan sekadar pilihan manajerial, melainkan terhubung langsung dengan pertanyaan setingkat nasional tentang bagaimana mengamankan pangan. Tolok ukur kelayakan bisnisnya, sejak awal, berbeda dengan negara seperti Jepang yang cenderung dibicarakan sebagai "listriknya mahal, jadi tidak menguntungkan." Di daerah yang bertani di lahan terbuka saja sudah sulit, kelemahan "pertanian vertikal itu mahal" menjadi relatif lebih kecil, dan lebih mudah untuk bertahan sebagai bisnis. Pemandangan untung-rugi pertanian vertikal berubah tergantung di mana dan oleh siapa ia dilihat.

Meskipun demikian, tidak semuanya kabar baik. Pertanian vertikal bergantung pada impor untuk sebagian besar peralatan dan bahannya — LED, sistem kontrol, media tanam, perpipaan. Anda ingin membangun fasilitas justru karena pangan berhenti datang ketika transportasi terhenti, namun komponen untuk membangun fasilitas itu pun masih bergantung pada transportasi — kontradiksi ini perlu Anda pegang dengan jujur. Persoalannya tidak cukup rapi untuk Anda simpulkan begitu saja dengan "dan itulah mengapa pertanian vertikal adalah jawabannya."

Baca perusahaan yang masuk bukan dari "jumlah" tapi dari "di mana mereka menghasilkan uang"

Ketika perhatian terkumpul, Anda pun lebih sering berkesempatan mengamati daftar perusahaan yang masuk. Berita seperti "pemain besar lain masuk" dan "perusahaan itu pun mundur" mengalir secara berkala.

Pada saat seperti itu, Anda cenderung menilai dari jumlah — "kalau sebanyak ini yang berkumpul, pasti menjanjikan." Namun perhatikan baik-baik susunannya, dan Anda akan menyadari bahwa komposisinya beragam. Ada perusahaan manufaktur yang semula bergerak di semikonduktor atau elektronik; ada yang datang dari industri makanan atau distribusi; ada pula pendatang baru seperti startup pertanian. Meski Anda menghitung semua ini sebagai "sekian perusahaan masuk," lebih sering daripada tidak itu cuma campuran orang-orang yang

sebenarnya sedang melakukan hal-hal yang berbeda.

Cara pandang yang sudah saya pahami betul adalah membaginya menjadi tiga lapisan berdasarkan dari mana mereka membangun pendapatan — yaitu "di mana mereka menghasilkan uang."

Yang pertama adalah **lapisan yang menghasilkan uang dari menjual peralatan dan pabrik**. Banyak yang berasal dari kalangan manufaktur, dan bagi mereka sayuran adalah semacam pajangan untuk menunjukkan kemampuan peralatan mereka sendiri. Yang ingin mereka jual adalah perangkatnya, bukan sayurannya — perusahaan seperti itu mencolok. Yang kedua adalah **lapisan yang menjual sayuran hasil produksinya ke luar**. Startup pertanian dan pemain spesialis ada di sini, benar-benar bersaing pada "harga sayuran." Yang ketiga adalah lapisan seperti industri makanan dan distribusi yang **memproduksi untuk dipakai sendiri**. Ini bahkan bukan soal bersaing menjual sayuran di pasar.

Ketiga lapisan ini, meskipun di bawah bendera yang sama "menjalankan pertanian vertikal," sepenuhnya berbeda dalam siapa lawan mereka dan dalam kondisi apa keuntungan muncul. Jadi meski perusahaannya banyak, bukan berarti persaingannya ketat. Yang penting adalah seberapa banyak lapisan mana yang menumpuk di sekitar saluran penjualan yang Anda incar. Jika lapisan yang menjual sayuran berebut rak supermarket yang sama, maka rak itu memang benar-benar sesak. Namun pemain manufaktur yang ingin menjual peralatan tidak banyak bersaing di rak itu. Angka "sekian perusahaan masuk" nyaris tidak memberi tahu Anda seberapa padat sebenarnya saluran penjualan yang ingin Anda masuki.

Selagi masih menjadi pendatang baru, membaca sampai di sini sudah cukup. Ketika melihat angka perusahaan yang masuk dan mundur dalam berita, biasakan berhenti sejenak dan memilahnya: "ini kisah tentang menjual peralatan, menjual sayuran, atau memakainya sendiri?" Hanya itu sudah membuat pemandangan industri terlihat jauh lebih berdimensi. Lapisan mana yang dibidik perusahaan Anda sendiri, dan di mana peluangnya — benar-benar memilahnya lalu mengambil langkah adalah penilaian manajerial, sehingga dalam buku ini saya berhenti di pintu masuk dan menyerahkan pembacaan yang lebih dalam ke *172 Kiat*.

Apa yang berubah, dan apa yang tidak berubah

Selama lebih dari sepuluh tahun ini, ada hal-hal yang jelas berubah. Kinerja lampu LED meningkat sangat pesat. Ketika saya pertama kali masuk ke lapangan, masih ada pertanian

vertikal yang memakai lampu neon. Pengelolaan data budidaya dan efisiensi sistem juga sudah maju. Dari sisi teknis, kemajuan memang berlangsung terus.

Ada pula yang tidak berubah. Yang saya rasakan kuat setelah lebih dari sepuluh tahun di industri ini adalah bahwa **yang menentukan profitabilitas pertanian vertikal bukan peralatan atau sistemnya, melainkan "orang-orang" yang menjalankannya**. Di samping sensor IoT terbaru, seorang staf memeriksa kondisi daun dengan tangannya sendiri. Di samping pengendalian lingkungan oleh AI, "naluri" seorang veteran pun ikut bekerja. Pertanian vertikal adalah tempat seperti itu.

Meski begitu, pertanian vertikal memiliki potensi

Jujur saja, saya rasa ini bukan situasi yang bisa Anda pandang dengan optimistis. Namun begitu, ada pertanian vertikal yang tetap menghasilkan laba bahkan dalam kondisi berat. Yang sama-sama mereka miliki adalah pengetahuan tentang "cara menjalankan lapangan."

Bukan kualitas peralatan, melainkan seberapa dalam staf lapangan memahami budidaya dan seberapa konsisten mereka menumpuk penilaian hari demi hari. Saya sudah berulang kali melihat pertanian vertikal yang berubah besar berkat perbaikan sekecil apa pun.

Produksi stabil yang tidak terpengaruh cuaca, produktivitas tinggi di lahan terbatas, penurunan besar pada penggunaan pestisida. Kelebihan-kelebihan ini bernilai di banyak daerah. Dan selama permintaan untuk mengamankan pangan sendiri terus meningkat di dunia, situasi yang membutuhkan teknologi ini justru akan semakin banyak. Dalam buku ini, saya akan menyampaikan pengetahuan dasar yang menjadi fondasinya, sebagai gambaran keseluruhan.

Namun di balik segala pembicaraan tentang potensi, kenyataannya tidak semudah itu.

Selanjutnya, kita akan menengok sisi lain — "kenyataan yang keras" — secara langsung: mengapa begitu banyak pertanian vertikal yang merugi.

Mengapa pertanian vertikal akhirnya merugi?

Potensi atau bukan, kenyataannya banyak pertanian vertikal yang terpaksa menjalankan usaha dalam kondisi berat.

- "Investasi peralatan terlalu banyak menyedot uang."
- "Sayuran tidak tumbuh seperti yang saya harapkan."

- "Sudah diproduksi tapi tidak laku."

Ini suara-suara yang sering terdengar di lapangan. Mengapa begitu banyak pertanian vertikal yang merugi?

Hal pertama yang perlu dipegang adalah bahwa label tunggal yang merangkum semuanya — "pertanian vertikal adalah industri yang merugi" — justru yang paling menumpulkan penilaian. Melihat berita seperti "enam puluh persen merugi" berulang kali, entah bagaimana Anda mulai menerimanya sebagai "ya, memang begitulah industri ini." Namun ketika Anda benar-benar mencermati pertanian vertikal satu per satu, ada yang untung dan ada yang rugi, lalu Anda mulai melihat dari mana perbedaan itu datang. Yang saya rasakan setelah lebih dari sepuluh tahun dan lebih dari sepuluh tempat di lapangan pertanian vertikal adalah bahwa garis pemisah yang sesungguhnya bukan terletak pada apakah ini sebuah industri, melainkan pada "cara membangunnya."

"Kerugian fase rintisan" dan "kerugian struktural" adalah dua hal yang berbeda

"Merugi" diucapkan dalam satu tarikan napas, padahal di dalamnya tercampur hal-hal yang berbeda sifatnya. Menyatukan semuanya sebagai "rugi, berarti buruk" tanpa memisahkannya adalah yang paling berbahaya.

Yang satu adalah kerugian fase rintisan. Peralatan pertanian vertikal menyusut nilainya bahkan ketika tidak beroperasi. Pada fase rintisan, rak-rak berdiri kosong selama beberapa bulan, dan hasil panennya pun pada awalnya biasanya belum mencapai angka yang direncanakan. Jadi beberapa tahun pertama cenderung merugi. Namun ini kerugian yang menyusut tiap bulan seiring tingkat operasi naik dan hasil panen stabil. Bisa dibilang ini bagian tengah dari proses investasi yang normal, yang sedang menuju pemulihan.

Yang lainnya adalah kerugian struktural. Operasi dan hasil panen sudah naik setinggi mungkin, namun besaran kerugiannya tidak bergerak. Ini bukan lagi masalah rintisan; ini kerugian yang sudah ditentukan pada tahap desain, yang tidak bisa Anda lepaskan selama Anda memproduksi tanaman itu dengan peralatan itu.

Yang perlu dilihat bukan tandanya — merugi atau tidak — melainkan ke arah mana kerugian itu bergerak seiring waktu. Jika kerugian mengecil semakin lama waktu berlalu, itu kerugian fase rintisan. Jika tidak bergerak seiring waktu berlalu, itu kerugian struktural. Yang pertama membutuhkan arus kas dan kesabaran; yang kedua membutuhkan peninjauan ulang tanaman

atau penarikan diri — langkah yang harus diambil sama sekali berbeda.

Tiga tuas yang menggerakkan profitabilitas

Jadi, dalam "cara membangun" itu, apa yang menentukan profitabilitas? Daftar untung-ruginya mungkin panjang, namun tuas yang benar-benar menggerakkan profitabilitas pada akhirnya ada tiga. **Listrik, saluran penjualan, dan kemampuan lapangan.** Sebagian besar uang yang keluar adalah listrik; yang membatasi uang yang masuk adalah saluran penjualan; dan yang pada akhirnya memengaruhi keduanya adalah kemampuan lapangan — seberapa banyak yang benar-benar bisa Anda panen di lapangan.

Ketiga hal ini berbeda sifatnya. Listrik dan saluran penjualan bisa dipastikan di atas kertas sebelum pembangunan dimulai. Berapa harga listrik yang Anda pakai, apa yang dibuat dan kepada siapa dijual. Ini bisa diputuskan lebih dulu, pada tahap rancangan dan kontrak.

Kemampuan lapangan, sebaliknya, adalah pengganda yang baru berperan setelah Anda mulai beroperasi. Dengan peralatan yang sama, harga satuan listrik yang sama, saluran penjualan yang sama, baik jumlah yang dipanen maupun kualitasnya berubah sepenuhnya tergantung bagaimana lapangan dikelola. Jadi kemampuan lapangan adalah variabel yang paling akhir masuk ke profitabilitas, dan Anda perlu memegangnya secara terpisah.

Urutannya penting. Di antara ketiganya, yang harus dilihat lebih dulu adalah saluran penjualan. Dari ketiganya, saluran penjualan paling mudah ditunda-tunda, dan paling sulit diperbaiki setelah terlambat. Pembedaannya cukup jelas dengan satu pertanyaan: "Sebelum Anda memproduksi, apakah sudah ditetapkan siapa yang membeli berapa banyak, dengan harga berapa, setiap minggu?" Proyek yang tidak bisa menjawab ini dengan angka itu berbahaya, sehebat apa pun peralatannya. Sebaliknya, jika bagian ini sudah terisi, Anda bisa menghitung mundur dari sana ke skala yang diperlukan dan ke batas biaya tetap yang bisa Anda tanggung. Jika urutannya terbalik — peralatan sudah ada lebih dulu dan Anda baru mencari pembeli — itu sendiri sudah gejala dari sisi yang merugi.

Di sini, izinkan saya mengangkat satu pembalikan yang sering terlihat di lapangan. Di antara pertanian vertikal yang merugi, entah bagaimana ada "fasilitas yang megah" yang ikut tercampur. Tempat-tempat yang memasang peralatan terbaru dan beroperasi dalam skala lebih besar bisa jadi justru yang terlihat paling parah merugi. Menurut logika biasa, semakin baik peralatannya seharusnya semakin menguntungkan — namun kenyataannya begitu.

Kuncinya sederhana: jika Anda memasang peralatan lebih dulu tanpa menghitung mundur dari saluran penjualan, investasi itu menjadi beban biaya tetap sebelum ada penjualan apa pun yang berdiri. LED, pengaturan iklim, lini otomatis — penyusutan bulanan tetap berjalan bahkan pada tingkat operasi nol. Bukan kemegahannya sendiri yang mendatangkan kerugian; melainkan peralatan yang berlari maju sementara saluran penjualan tertinggal di belakang, dan itulah yang muncul dalam bentuk yang mencolok.

Tantangan memiliki "lapisan langit-langit" dan "lapisan tingkat ketercapaian"

Dilihat dari sudut lain, tantangan pertanian vertikal terbagi dalam dua lapisan.

Yang satu adalah lapisan yang menentukan langit-langit keuntungan yang bisa dicapai pertanian vertikal dalam setahun. "Apa yang dibuat, dan di mana dijual" — kombinasi tanaman dan saluran penjualan secara diam-diam menentukan, pada saat pembangunan dimulai, batas atas biaya yang bisa ditanggung pertanian vertikal. Setelah terbangun, tidak ada upaya lapangan yang bisa mengangkatnya kembali.

Yang lainnya adalah lapisan yang menentukan seberapa dekat hasil nyata bisa mendekati langit-langit yang sudah ditetapkan itu. Bagaimana listrik dipakai, bagaimana orang dikerahkan, hasil panen. Operasional harian ada di sini. Kesulitan yang muncul sebagai masalah termasuk dalam lapisan ini, dan perannya adalah menaikkan tingkat ketercapaian menuju langit-langit yang ditetapkan di atas.

Jadi urutannya: sebelum membangun, Anda menaikkan langit-langitnya di lapisan atas; setelah membangun, Anda memetik hasilnya lewat operasional. Kegagalan yang umum adalah mencoba memulihkan keadaan hanya lewat operasional sementara langit-langitnya tetap rendah. Rasa seperti main pukul tikus — menekan listrik membuat hasil panen turun, mengurangi orang membuat hal lain tak terkendali — biasanya muncul ketika Anda berusaha menang hanya lewat operasional, tanpa memperhitungkan kendala di hulu. Sebelum mulai memukul, tengoklah sekali "pilihan mana di hulu yang memunculkan gejala ini." Barulah setelah itu perketat operasionalnya. Ini soal urutan.

Listrik adalah biaya terbesar sekaligus beban lingkungan terbesar

Di antara tiga tuas itu, listrik punya sesuatu yang istimewa. Ia sekaligus salah satu pos pengeluaran terbesar dan faktor beban lingkungan terbesar dari pertanian vertikal. Baik dari

sisi biaya maupun sisi lingkungan, semuanya bermuara pada listrik.

Ini berasal dari takdir metode PFAL. Cahaya yang diterima lahan terbuka dari matahari secara cuma-cuma, dibeli kembali oleh PFAL dengan listrik. Jadi dalam PFAL, listrik menyumbang sekitar dua puluh hingga empat puluh persen dari biaya produksi, dan sebagian besar listrik itu tersedot oleh pencahayaan. Dibandingkan dengan lahan terbuka, energi per satuan hasil panen menjadi jauh lebih besar. Apa yang berat sebagai biaya, dengan sendirinya juga berat sebagai beban lingkungan. Alasan mengapa upaya memangkas listrik menurunkan tagihan listrik dan beban lingkungan sekaligus terletak pada struktur ini.

Meski begitu, ada satu hal yang perlu diingat: pos-pos biaya bergerak saling terkait. Jika, demi memangkas listrik, Anda terlalu menekan pencahayaan atau pengaturan iklim, penanaman yang lebih rapat bisa membuat tanaman lembap dan merusak daun bawah, atau kerugian sortasi bisa meningkat — dan Anda bisa kehilangan lebih banyak pada hasil panen ketimbang tagihan listrik yang berhasil dipangkas. Biaya bukan sesuatu yang bisa dipangkas dari satu titik mana pun secara terpisah; urutan pemangkasan dan penilaian seberapa jauh memangkasnya itulah yang menentukan. Cara spesifik membuat penilaian tersebut berada di luar jangkauan buku ini. Penilaian nilai optimal dan keputusan pengurangan biaya, desain saluran penjualan, keputusan investasi — pemeriksaan mendalam yang terhubung langsung dengan profitabilitas dibahas secara rinci dalam buku pendamping, *172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal*. Di sini cukup memahami pintu masuk cara berpikirnya — melihat kerugian bukan dari tandanya melainkan dari kemiringannya, bahwa profitabilitas ditentukan oleh tiga hal yaitu listrik, saluran penjualan, dan kemampuan lapangan, dan bahwa tantangan memiliki lapisan langit-langit dan lapisan tingkat ketercapaian.

Cara membaca angka dan berita industri

Setelah struktur kerugian terlihat, kali ini giliran angka dan berita industri yang beredar di luar sana mulai mengusik Anda. Di lapangan, hal-hal itu masuk ke mata Anda mau tidak mau. "Pasar mencapai skala sekian ratus miliar." "Setengahnya merugi." "Pemain besar mundur lagi." Seorang senior mungkin menyodorkan laporan sambil berkata, "baca ini." Yang merepotkan, saat Anda mencoba menerapkan angka-angka itu ke pertanian vertikal Anda sendiri, ada yang tidak pas. Semakin besar angka yang Anda lihat, semakin terasa tidak

berguna untuk penilaian yang ada di depan mata Anda di lapangan. Ketidakcocokan itu ada alasannya yang sah. Di sini, saya akan menyerahkan tolok ukur agar Anda tidak terbawa arus oleh angka. Pembacaan yang mendalam saya serahkan ke *172 Kiat*; di sini cukup pintu masuknya saja.

"Setengahnya merugi" menunjuk ke rata-rata yang tidak ada

Yang pertama menyita perhatian adalah satu baris: "setengah dari pertanian vertikal merugi." Saya sering mendengar kasus angka ini menahan langkah seseorang untuk masuk atau memperluas. Namun ini rata-rata yang menggabungkan PFAL dan tipe solar, sayuran daun dan sayuran buah, semuanya menjadi satu. Struktur profitabilitas masing-masing sama sekali berbeda, sehingga rata-ratanya menunjuk ke suatu tempat yang tidak ada, dan tidak memberi tahu Anda di sisi mana Anda berada.

Faktanya, bahkan dalam survei lapangan terbaru sekalipun, ketika dibagi ulang berdasarkan tipe, pemandangannya berbalik arah. PFAL masih sekitar setengahnya berada di sisi merugi, dan produk utamanya adalah sayuran daun jenis selada. Namun dalam survei yang sama, ketika Anda beralih ke rumah kaca tipe solar, lebih dari tujuh puluh persen berada dalam untung atau impas, dan di sini produk utamanya adalah sayuran buah seperti tomat. Hitung dari sisi selada, hasilnya "setengahnya merugi"; dari sisi tomat, banyak yang untung.

"Pertanian vertikal" yang sama, tetapi cukup dengan membagi ulang populasinya berdasarkan tipe dan tanaman, judul berita dan pemandangannya bertukar tempat.

Jadi ketika melihat tingkat kerugian dalam laporan industri, pertama-tama periksa "angka ini hitungan dari tipe dan tanaman apa." Inilah tolok ukur pertama.

Berita penarikan diri tidak mengukur prospek masa depan pertanian vertikal tersebut

Saat saya pertama kali masuk ke industri ini, suasana lapangan bergolak setiap kali masuk berita penarikan diri pemain besar. "Berarti memang tidak bisa berhasil." Namun ketika Anda menelisik isi penarikan diri itu dari luar, kisah teknis "sayuran tidak mau tumbuh" hampir tidak pernah muncul ke permukaan. Yang muncul justru tagihan listrik yang perlahan-lahan kian berat, pembeli yang tidak berkembang seperti yang diharapkan, orang-orang yang tidak bertahan. Yang berhenti bukan teknologi memproduksinya, melainkan apakah operasionalnya terus berjalan, tahun demi tahun.

Kalau begitu, menyimpulkan "industri sudah tamat" berdasarkan suasana di hari berita penarikan diri muncul adalah keliru. Apakah industri secara keseluruhan tumbuh atau tamat, dan apakah satu pertanian vertikal di depan Anda akan bertahan, itu dua pertanyaan yang berbeda. Ketika Anda menengok satu kasus dari luar, pijakan Anda adalah bagaimana pertanian vertikal itu menopang empat hal: listrik, modal, saluran penjualan, dan orang. Di mana, dengan harga berapa, dan dengan kontrak berapa tahun ia mendapatkan listriknya? Apakah modalnya punya rancangan yang membentang hingga melewati saat subsidi habis? Apakah pembelinya tidak terlalu bergantung pada satu perusahaan saja? Apakah orang-orangnya tidak terus berganti? Sekalipun Anda tidak bisa mengintip ke dalam, garis besar sebesar ini bisa Anda perkirakan dari luar.

Meski begitu, melangkah dari sana untuk memastikan "maka pertanian vertikal itu akan mundur" tidaklah mungkin. Kecenderungan yang sama biasanya juga ada pada pertanian vertikal yang diam-diam terus berjalan dalam kondisi untung. Yang bisa diberitahukan oleh bentuk luar, paling banter, hanya kandidat titik lemah. Anggaplah Anda menghitung bukan untuk meramal, melainkan untuk melihat kerapuhan itu lebih awal.

Laba perusahaan terbuka adalah laba yang dihasilkan oleh bisnis intinya

Anda mungkin juga menjadikan nama perusahaan terbuka sebagai pegangan, dengan berpikir "untuk pertanian vertikal, ada perusahaan ini." Jika hasilnya untung, Anda bisa tenang sejenak dan jalan terus — tetapi dari mana keuntungan itu? Ketika Anda menyandingkan data segmen perusahaan terbuka yang menjalankan pertanian vertikal, muncul satu pola yang umum di banyak di antaranya. Bagian pertanian vertikalnya merugi, namun perusahaan secara keseluruhan untung. Bisnis intinya produsen elektronik atau baja atau logistik, yang menghasilkan dengan kokoh di sana, lalu ia memegang pertanian vertikal layaknya bisnis baru. Dengan kata lain, yang Anda lihat bukan kelayakan bisnis pertanian vertikal, melainkan dalamnya kocek bisnis inti. Saat saya sendiri berada di sisi operasional pertanian vertikal PFAL, kadang saya merasakan sampai ke tulang suasana "bisnis ini dilindungi oleh induknya." Selama bisnis inti menghasilkan, ada pertanian vertikal yang memang tidak punya alasan untuk berhenti meskipun merugi.

Harga saham pun sama. Melihat berita "saham pertanian vertikal naik," Anda tergoda membacanya sebagai momentum industri, padahal yang dibeli pada akhirnya adalah bisnis

inti tadi. Itu tidak bisa dipisahkan dari penilaian apa pun terhadap pertanian vertikal. Sebelum merasa tenang dengan angka keseluruhan perusahaan atau harga saham, tolok ukurnya adalah apakah Anda bisa melihat ini secara terpisah: oleh harapan siapa, dan jenis harapan macam apa, pertanian vertikal itu sendiri sedang ditopang.

Kesuksesan luar negeri dibuat oleh lokasi, bukan oleh fasilitasnya

Membaca laporan kunjungan dari Singapura atau Belanda, pernahkah Anda diam-diam berpikir, "kalau kita lakukan ini di sini..."? Hasil panen tinggi, pemulihan investasi cepat. Namun saat hendak menyalin angka-angka itu ke rencana Anda, tangan Anda tiba-tiba terhenti. Asumsi tagihan listriknya, sejak awal, sudah berbeda.

Alasan hub-hub terdepan itu berkembang tampaknya terletak bukan pada fasilitasnya, melainkan pada sisi negaranya itu sendiri. Singapura menjadikan ketahanan pangan sebagai inti keamanan nasional lalu memberikan subsidi, menciptakan permintaan lewat kebijakan negara. Belanda berlandaskan budaya rumah kaca dari era ketika gas alam masih murah, dan di atasnya ada pasar Eropa yang sangat besar tepat di sebelahnya, terhubung lewat jalur darat. Listrik murah, subsidi tebal, saluran penjualan besar di dekat situ — yang berkembang adalah tempat-tempat yang beberapa kondisi lokasinya menumpuk sekaligus; bukan karena fasilitasnya luar biasa menonjol. Harga satuan listrik di Jepang secara struktural tinggi, subsidiya sekali jalan dan sulit diprediksi, dan tidak ada rak besar tempat selada pertanian vertikal gampang masuk. Bangun fasilitas yang sama saja, dan Anda tidak akan mendapat hasil yang sama.

Jadi kasus luar negeri tidak dibaca sebagai peringkat "negara mana yang patut ditiru," melainkan untuk menyandingkan asumsi luar negeri dengan asumsi lokal satu per satu lalu melihat selisihnya. Untuk melihat batas antara kondisi yang bisa dipindahkan dan yang tidak bisa. Inilah tolok ukur keempat.

Gunakan angka dalam dua tahap

Setelah sampai sejauh ini, Anda mulai merasa "total ukuran pasar sekian miliar" yang Anda lihat di awal tidak perlu ditengok lagi. Tapi tidak perlu dibuang. Cukup ubah perannya.

Total bukan angka yang menjawab "bisakah saya menang," melainkan angka untuk membaca "apakah pemain di pasar ini akan bertambah mulai sekarang." Ke mana Anda menjual dan

berapa harga peralatan tidak ditentukan oleh Anda sendiri; keduanya bergerak seiring masuknya pemain baru. Dan apakah pertumbuhan itu terjadi pada sayuran buah tipe solar atau sayuran daun PFAL memberi dampak yang sama sekali berbeda pada lapangan Anda sendiri. Jika produsen yang membidik saluran penjualan yang sama dengan Anda bertambah, pasokan meningkat dan menekan harga jual ke bawah. Jadi pertahankan total sebagai pintu masuk untuk membaca kira-kira skalanya dan arah masuknya pemain — yaitu ke mana angin bertiup.

Urutannya: tangkap arus besar lewat total, lalu putuskan urusan pertanian vertikal Anda sendiri lewat angka blok Anda sendiri — pendirian dua tahap ini. Angka dan berita industri bukan jawaban Anda sendiri; pakailah untuk membaca ke arah mana asumsi tempat Anda meletakkan jawaban akan bergeser mulai sekarang. Berdiri dengan cara itu, dan Anda bisa terhindar dari terbawa arus, satu per satu, oleh berita penarikan diri maupun ukuran pasar. Bagaimana sebenarnya meletakkan angka blok Anda sendiri, dan bagaimana menilai harga jual dan skala — gerakan tangan yang sesungguhnya dibahas secara rinci di *172 Kiat*.

Kenyataan pertanian vertikal yang menghasilkan keuntungan

Dalam membaca angka, saya bilang "putuskan di blok Anda sendiri." Jadi, pertanian vertikal yang benar-benar menghasilkan laba di blok itu — apa yang berbeda pada mereka? Kita baru melihat kisah kerugian, padahal di industri yang sama itu pasti ada pertanian vertikal yang menghasilkan uang. Jika Anda mengubah ini menjadi perburuan pola menang — "tiru perusahaan itu, dan Anda menang" — biasanya kaki Anda malah tersapu. Kenyataan pertanian vertikal yang menghasilkan uang terletak di suatu tempat yang sedikit lebih sederhana, dan sedikit lebih jujur.

Kasus sukses bukan "pola menang" tapi "rangkaian kondisi"

Saat Anda mendengar dari sesama operator, "kami masuk ke zona untung dengan selada," Anda tergoda ingin tahu caranya — "bagaimana Anda melakukannya?" Orang itu bercerita secara konkret tentang hasil panen dan saluran penjualan. Namun semakin Anda menyimak, semakin terasa Anda tidak bisa menyalinnya begitu saja di tempat Anda sendiri. Lokasinya berbeda, kondisi tagihan listriknya berbeda. Rasa "semakin saya menyimak, semakin terasa tidak bisa ditiru ulang" ini justru reaksi yang paling jujur.

Kasus sukses pertanian vertikal bukan pola menang yang bisa disalin, melainkan **"rangkaian kondisi" yang hanya bekerja ketika lokasi, sumber daya, saluran penjualan, dan tanaman kebetulan pas semua**. Jadi kalau satu kondisi saja berbeda, cara yang sama akan memberi hasil yang berbeda. Tidak ada niat buruk dari orang yang bercerita. Lokasinya diberkahi iklim dan lahan, ada saluran penjualan di dekatnya yang secara stabil menyerap produk — "kondisi yang memang sudah ada" seperti itu, bagi orang tersebut, terlalu jelas untuk disebut-sebut, sehingga begitu saja luput dari kisah suksesnya.

Keempat hal ini bukan kerangka yang mengaku mencakup seluruh kondisi sukses secara menyeluruh. Ini tolok ukur pertama untuk mengurai sebuah kasus berdasarkan "bisa ditiru atau tidak." Lokasi dan sumber daya adalah kondisi yang ditetapkan paling awal dan tidak bisa diubah; saluran penjualan dan tanaman adalah kondisi yang bisa dirakit ulang setelahnya. Pertama, urai rangkaian itu sepanjang garis ini. Dan yang tidak boleh dilupakan, ada satu lapisan lagi. Sekalipun keempat kondisi itu ada, jika orang-orang yang menjalankannya pergi, kualitasnya runtuh. **Baik sukses maupun gagal, keduanya adalah rangkaian kondisi yang sama ditambah kemampuan lapangan yang menjalankannya, hanya dilihat dari sisi yang berbeda.**

Kasus kegagalan justru yang mengajarkan kondisi yang hilang

Pertanian vertikal yang mundur tidak menumpuk sebagai kasus yang bisa dipelajari. Yang muncul ke permukaan hanya kisah-kisah yang berhasil masuk ke zona untung, sedangkan pertanian vertikal yang lenyap cenderung dibereskan dengan satu kalimat "itu kesalahan penilaian manajemen." Namun cara membereskan itu, pada dasarnya, sama saja dengan menyalin kasus sukses bulat-bulat. Dalam kisah sukses, "kondisi yang memang sudah ada" luput tak tersebut. Dalam kisah kegagalan, "kondisi yang hilang" ditukar dan disembunyikan di balik satu kalimat "kesalahan penilaian manajemen." Hanya arahnya yang terbalik; ini jebakan yang sama.

Biaya listrik di lahannya ternyata lebih tinggi dari yang diperkirakan, pembelinya cuma satu dan mereka menekan harga, tanaman yang dipilih tidak bisa diproduksi secara stabil pada kualitas yang diminta saluran penjualan itu — padahal sebenarnya salah satu dari lokasi, sumber daya, saluran penjualan, atau tanaman yang sejak awal memang tidak ada, Anda malah mengubahnya menjadi kisah tentang kemampuan seseorang: "keputusan direktornya

lemah." Begitu itu Anda lakukan, yang tersisa justru pelajaran terburuk dari semuanya — "saya unggul, jadi saya pasti aman."

Meski begitu, Anda juga jangan terlalu mengayun ke arah sebaliknya. Ada pula keruntuhan ketika keempat kondisi sudah ada, namun orang yang menopang masa rintisan itu pergi lalu hasil panen turun, atau penyakit masuk sekali dan siklus rak terhenti. Ini bukan "kondisi yang hilang," melainkan kegagalan ketika "sisi yang menjalankan rangkaian itulah yang runtuh." Jadi kasus kegagalan pun dibaca dengan cara yang persis sama dengan kasus sukses. Dari keempatnya, mana yang hilang dan menjatuhkan? Atau keempatnya sudah ada, tetapi sisi yang menjalankannya runtuh? Meski sulit didapat, kasus kegagalan sebenarnya bahan pembelajaran yang paling kaya.

Di balik zona untung, ada prasyarat yang tak terucap

Satu hal lagi yang merepotkan: di balik angka keuntungan dan hasil panen yang disebut dalam kasus sukses, tersembunyi prasyarat-prasyarat yang tak pernah muncul ke permukaan. Izinkan saya mengangkat tiga saja yang mewakili. Yang pertama adalah komposisi subsidi. Apakah itu untung yang berdiri dari penjualan, atau untung yang tercapai di atas subsidi yang menanggung sekian persen dari investasi awal? Yang kedua adalah kepadatan staf. Jika keuntungan itu bersandar pada tenaga kerja yang nyaris cuma-cuma dari direktur atau keluarganya, yang tidak dicatat sebagai biaya personalia, maka keuntungan itu runtuh begitu satu orang saja pergi. Yang ketiga adalah syarat kontrak saluran penjualan. Jika "mereka yang menyerap produk kami" tak lebih dari janji lisan yang diperbarui tiap tahun, maka kondisi yang disebut saluran penjualan itu jauh lebih rapuh ketimbang yang terlihat.

Ini bagian yang tidak bisa diisi tanpa bertanya langsung kepada pihak terkait. Yang bisa dilakukan pembaca adalah membaca bentuk luarnya (lokasi, skala, tanaman, apakah memakai subsidi) sebagai fakta, lalu menyisakan isinya dalam bentuk pertanyaan, dengan label "ini perkiraan" yang menempel. Begitu Anda merasa bisa memastikan sebab menang atau kalah hanya dari informasi publik, Anda sudah salah membaca kasus itu. Dan empat kolom yang sama bisa ditarik untuk perusahaan Anda sendiri juga. Sandingkan prasyarat kasus itu dengan lokasi, sumber daya, saluran penjualan, dan tanaman perusahaan Anda sendiri, selangkah demi selangkah. Pertanyaannya berubah dari "bisakah saya menirunya?" menjadi penilaian kelayakan penerapan: "bisakah saya menghadirkan kembali prasyarat ini di

perusahaan saya sendiri?"

Inti "menghasilkan uang" digali mulai dari sini

Sejauh ini baru cara untuk membaca pertanian vertikal yang menghasilkan uang. Lalu, untuk benar-benar menghasilkan uang di pertanian vertikal Anda sendiri, di mana Anda harus bergerak? Tiap langkah itu berada di luar jangkauan buku pengantar ini. Di sini saya hanya akan menata pintu masuk cara berpikirnya — dan semuanya tema yang tidak didalami buku ini, yang ditangani satu per satu oleh buku pendamping *172 Kiat*.

- **Profitabilitas diputuskan lebih di hulu ketimbang di hilir.** Keuntungan pertanian vertikal cenderung mengalir ke lapisan hulu yang menjual peralatan dan pengetahuan praktis, lebih banyak ketimbang ke budidayanya sendiri.
- **Profitabilitas berubah tergantung di mana Anda menempatkannya.** Peralatan yang mengubah prasyarat lokasi dan skala itu sendiri, seperti tipe kontainer, ada yang cocok dan ada yang tidak.
- **Untung setahun dan pemulihan kumulatif adalah dua hal yang berbeda.** Sekalipun suatu tahun untung, kapan Anda tuntas memulihkan investasi awal adalah cerita yang sama sekali lain.
- **Di antara biaya, ada yang bisa dipangkas dan ada yang tidak.** Di bagian investasi awal mana Anda boleh memangkas, dan di bagian mana, kalau dipangkas, justru berdampak di kemudian hari.
- **Kunci dulu saluran penjualan.** Alih-alih masuk dari tanaman, tetapkan dulu saluran penjualan yang menyerap produk secara stabil, lalu hitung mundur ke tanaman.
- **Kekuatan tipe perkotaan bukan pada kedekatan lokasi, tapi pada mempertahankan harga satuan.** Nilai memproduksi dekat kota bukan terletak pada pendeknya jarak transportasi, melainkan pada harga yang membuat Anda bisa terus menjual.

Jika saya rangkum kenyataan pertanian vertikal yang menghasilkan uang ke dalam satu kalimat, itu adalah **bukan kebaruan peralatan maupun skalanya, melainkan apakah Anda membaca rangkaian kondisi itu sampai tuntas, dan apakah ada lapangan yang menjalankannya.** Dan mana di antaranya yang digerakkan — pahami gambaran besarnya dalam pengantar ini, kemudian periksa satu per satu dalam kumpulan kiat.

Apa perbedaan mendasar dengan budidaya di lahan terbuka dan pertanian dalam fasilitas?

Saya sudah membawa pembicaraan tentang profitabilitas sejauh ini, namun mengapa profitabilitas berstruktur seperti itu menjadi jelas ketika Anda melihat apa yang membedakan pertanian vertikal dari pertanian lainnya. Selagi masih jadi pendatang baru, Anda cenderung berpikir, "sayurannya sama, jadi yang kita kerjakan pasti mirip." Padahal kenyataannya berbeda sampai ke akarnya. Perbedaannya mudah ditata jika Anda melihatnya di sepanjang dua sumbu besar — **seberapa jauh Anda mengambil alih lingkungan ke tangan Anda sendiri**, dan **apa yang Anda andalkan untuk menilai**.

Pengendalian lingkungan: dari menyerahkan ke alam, menuju kontrol penuh

Sumbu pertama adalah siapa yang memutuskan lingkungan tempat tanaman tumbuh.

- **Budidaya di lahan terbuka:** mengandalkan kekuatan alam — hujan, angin, sinar matahari. Butuh lahan yang luas, serta kerja keras menggemburkan tanah dan menyiram. Mudah terpengaruh cuaca, tak pernah lepas dari risiko badai dan kekeringan.
- **Pertanian dalam fasilitas:** di dalam rumah kaca plastik atau kaca, tanaman terlindung dari cuaca sampai batas tertentu. Karena suhu dan kelembapan bisa diatur sampai batas tertentu, produksinya lebih stabil ketimbang di lahan terbuka. Sebagai gantinya, ada biaya pembangunan dan perawatan fasilitas serta bahan bakar.
- **Pertanian vertikal:** dibudidayakan di ruang tertutup di dalam ruangan. Suhu, kelembapan, cahaya, konsentrasi CO₂, dan seterusnya dikendalikan secara buatan, menghadirkan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan. Tidak terpengaruh cuaca, bisa berproduksi stabil sepanjang tahun. Sebagai gantinya, investasi modal dan tagihan listrik menumpuk, dan dibutuhkan pengetahuan untuk menanganinya.

Saat Anda bergerak dari lahan terbuka ke pertanian dalam fasilitas lalu ke pertanian vertikal, bagian-bagian yang tadinya diserahkan ke alam berpindah, sedikit demi sedikit, ke tangan manusia. Pertanian vertikal, di ujung terjauh garis itu, tidak meminjam dari alam, melainkan orang-orangnyalah yang membuat lingkungan itu sendiri. Yang saya kerjakan selama lebih dari sepuluh tahun adalah ujung paling jauh ini — dunia tempat suhu, cahaya, dan kelembapan semuanya diputuskan oleh kami. Tengoklah lahan terbuka dan pertanian dalam fasilitas dari luar, dan Anda akan melihat dengan jelas bahwa "mengelola lingkungan" yang

sekilas sama pun sebenarnya menangani sesuatu yang sepenuhnya berbeda.

Sifat pekerjaan: dari insting dan pengalaman, menuju penilaian berbasis data

Sumbu kedua adalah dengan apa Anda menjalankan pekerjaan sehari-hari. Ketika cara Anda menguasai lingkungan berubah, kemampuan yang dituntut di lapangan pun berubah.

- **Budidaya di lahan terbuka:** dari menggemburkan tanah hingga panen, pengalaman bertahun-tahun dan nalurilah yang berbicara. Banyak kerja fisik berat, dan ayunan musim sibuk yang lebar.
- **Pertanian dalam fasilitas:** di atas pengalaman lahan terbuka, dibutuhkan teknologi pengendalian lingkungan di dalam fasilitas. Pengelolaan suhu, ventilasi, dan irigasi menjadi penumpukan tekun dari pengamatan dan penyesuaian yang kerap.
- **Pertanian vertikal:** otomasi lewat kendali komputer sudah maju, sehingga kerja fisik berat ala pekerjaan kasar seperti di lahan terbuka berkurang. Namun banyak pekerjaan manual yang tersisa — panen, pengemasan, penanaman bibit, dan seterusnya. Yang bergeser ke pusat adalah membaca kondisi pertumbuhan dari data, menangkap tanda-tanda janggal sedini mungkin, dan mengambil langkah. Untuk itu dibutuhkan kemampuan analitis dan keterampilan TI, serta sudut pandang yang membentang dari rencana produksi hingga pengiriman.

Yang tidak ingin saya salahpahami di sini: ini bukan kisah tentang naluri yang jadi tidak diperlukan dalam pertanian vertikal. Yang dikatakan data hanyalah "apa yang terjadi"; "mengapa jadi begitu" dan "bagaimana melangkah selanjutnya" pada akhirnya adalah penilaian manusia yang telah mengawasi sayuran di lapangan. Hanya ketika ada seseorang yang bisa membaca ulang angka sensor terbaru dengan mata seorang praktisi lapangan, produksi menjadi stabil. Perbedaan terbesar dari lahan terbuka dan pertanian dalam fasilitas, menurut saya, bukan ada atau tidaknya peralatan itu sendiri, melainkan bahwa **"kemampuan untuk bolak-balik antara data dan pengamatan" inilah yang menjadi pusat keseharian.**

Memahami jarak antara penelitian dan lapangan

Saat saya menyebut "kemampuan untuk bolak-balik antara data dan pengamatan," Anda mungkin berpikir: kalau begitu, bisakah saya memperolehnya dengan belajar dari buku dan makalah? Di sini perlu sedikit kehati-hatian. Pertanian vertikal adalah pekerjaan yang dekat

dengan sains. Cahaya, pengaturan iklim, larutan nutrisi, pengendalian lingkungan. Ambil salah satunya, dan tak ada yang tegak tanpa tumpukan penelitian. Jadi selagi masih jadi pendatang baru, Anda terdorong untuk belajar dengan membaca buku spesialis dan makalah. Itu sendiri hal yang baik. Saat saya di lapangan pun, saya membaca cukup banyak buku dan makalah tentang teknologi budidaya, memburu kiat apa pun yang mungkin membuat lapangan sedikit lebih baik.

Namun ada satu hal yang ingin saya beritahukan di sini. **"Optimal" yang tertulis dalam makalah tidak sama dengan "optimal" dari lapangan yang mengirimkan ribuan tanaman setiap hari.**

Ketika Anda benar-benar mencoba menerapkan metode budidaya persis seperti yang tertulis, sering kali tidak pas. Alasannya, secara garis besar, ada tiga.

Yang pertama adalah sudut pandang biaya yang luput. Meski tertulis "hasil panen naik dua puluh persen dalam kondisi ini," berapa biaya untuk menghadirkan kembali kondisi itu di fasilitas komersial biasanya tidak ikut tertulis.

Yang kedua adalah perbedaan skala. Eksperimen yang menangani beberapa hingga beberapa lusin tanaman di laboratorium, dan lapangan yang mengelola ribuan tanaman, berbeda sama sekali dalam prasyaratnya. Metode yang berhasil saat dicoba dalam skala kecil lalu tiba-tiba tidak jalan ketika diperbesar skalanya bukanlah hal yang langka.

Yang ketiga adalah perbedaan lingkungan. Laboratorium bisa menyeragamkan suhu, kelembapan, dan cahaya secara presisi, namun di lapangan kapasitas pengaturan iklim punya batas, lingkungannya tidak merata tergantung posisi rak, dan pengaruh udara luar pun masuk musim demi musim. "Kondisi optimal" di atas kertas sulit dihadirkan kembali di pertanian vertikal nyata.

Ini bukan kisah tentang peneliti yang bersalah. Makalah hidup di dunia yang dinilai dari "apakah ini baru secara akademis," sedangkan "apakah ini bisa dipakai di lapangan" dalam kebanyakan kasus bahkan tidak masuk lingkup penilaian. Jadi penelitian yang bernilai secara ilmiah namun sulit dipakai di lapangan pasti bermunculan. Ini masalah struktural.

Jadi, apakah belajar itu sia-sia? Tidak. Cukup baca sambil sadar bahwa ada jaraknya.

Penelitian membuat Anda tergelincir kalau ditelan mentah-mentah, dan membuat Anda tertinggal kalau diabaikan. Cara menyikapinya yang tepat ada di antara keduanya. Baca,

coba dalam skala kecil di lapangan Anda sendiri, dan simpan hanya yang terbukti berhasil. Satu buku yang mengubah lapangan dalam semalam nyaris tidak pernah ada. Anda coba-gagal selama bertahun-tahun, dan pada akhirnya yang bisa Anda sebut "ini berhasil" itulah yang tersisa. Hampir semua yang masih bisa saya ceritakan sekarang adalah apa yang saya tempa dengan cara itu, di lapangan.

Selagi masih jadi pendatang baru, cukup tahu bahwa "apa yang Anda baca belum tentu bisa langsung dipakai di lapangan." Baca dan urai maknanya, coba, jadikan milik Anda. Dalam jangka panjang, kemampuan inilah yang menjadi pembeda di lapangan.

Tiga peran manajer pertanian vertikal

Profitabilitas yang telah kita lihat sejauh ini, dan jarak dari penelitian pun, baru terwujud ketika pada akhirnya ada orang yang merangkum semuanya dan menjalankan lapangan. Mari kita tata peran itu di bagian akhir. Peran yang dituntut dari manajer pertanian vertikal terbagi secara garis besar menjadi tiga. "Menjaga kualitas yang stabil," "menyatukan tim," dan "mengamankan pendapatan." Pertama-tama, di atas fondasi tiga hal ini, pahami pekerjaan macam apa yang akan Anda emban dari sini.

1. Melindungi produksi stabil dan kualitas

Dalam pertanian vertikal, setiap unsur lingkungan — suhu, kelembapan, cahaya, konsentrasi CO₂, dan seterusnya — dikelola oleh tangan manusia. Karena semuanya saling memengaruhi, mengubah satu hal akan berdampak pada yang lain. Terus mengirim sayuran berkualitas stabil tiap hari dalam lingkungan yang rumit itu — inilah peran paling mendasar seorang manajer.

Di pertanian vertikal yang baru saja berjalan, ini pekerjaan yang paling dihormati di atas segalanya. Orang yang bisa "sekadar menumbuhkannya tanpa membiarkannya mati" adalah orang yang diandalkan. Namun di lapangan PFAL sayuran daun yang telah saya lihat, teknologi untuk menumbuhkannya tanpa membiarkannya mati sudah punya cukup banyak alat bantu, dan kini Anda bisa memanen tanpa terlalu bergantung pada keahlian perseorangan seperti dulu. Jadi peran ini selalu terus berjalan sebagai fondasi, namun setelah pertanian vertikal mulai berputar, pusat gravitasi manajer bergeser sedikit demi sedikit ke peran berikutnya.

2. Menyatukan tim

Pertanian vertikal tidak bisa dijalankan seorang diri. Sebagian besar pekerjaan sehari-hari bergerak lewat tangan staf lapangan. Menggali kemampuan tiap staf dan menjaga pekerjaan sehari-hari tetap berjalan adalah pekerjaan manajer. Termasuk di dalamnya menyampaikan pengetahuan tentang pengendalian lingkungan dan budidaya kepada staf, serta menambah jumlah orang yang bisa menilai sendiri.

Seiring bertambahnya orang, peran ini mendadak jadi lebih berat. Alih-alih menumbuhkan sendiri, mau tak mau Anda beralih ke sisi yang mengatur "bagaimana orang berkembang." Di pertanian vertikal berskala besar yang masa rintisan saya ikuti, staf lapangan mencapai 100 orang, dan membuat penilaian kualitas baik-buruk bisa selaras di benak semua orang dengan sendirinya menjadi tantangan besar. Bukan naluri satu orang, melainkan merangkum kiat-kiat yang tersebar di lapangan ke dalam bentuk yang tetap bertahan bahkan setelah seseorang berhenti. Semakin seseorang memegang pengalaman sebagai naluri mentah, semakin ia tersandung pada apakah ia bisa mengubahnya menjadi kata-kata lalu mewariskannya.

3. Mengamankan pendapatan

Menyusun rencana produksi, mengelola biaya, merancang strategi penjualan. Membaca kebutuhan pasar, terus menghadapi tantangan baru. Pertanian vertikal tidak bisa bertahan hanya dengan mimpi dan idealisme. Kalau Anda tidak bisa mengamankan pendapatan, lapangan pun tidak akan bertahan.

Ada sesuatu yang ingin saya sampaikan dengan jujur di sini. Yang menentukan besaran untung-rugi itu sendiri biasanya berada di luar kendali manajer. Pada skala berapa Anda bisa memproduksi, berapa banyak yang bisa dipanen, dengan harga berapa dan di mana dijual — keempat hal ini sudah menetapkan garis besar profitabilitas. Harga satuan seperti tagihan listrik, dan penggantian peralatan, juga bukan semata keputusan manajer. Jadi, apakah manajer tidak berdaya? Tidak juga — di dalam kerangka yang ditetapkan dari luar, ada bagian-bagian yang bisa digerakkan lewat cara mengatur operasional sehari-hari. Kurangi jumlah yang terbuang, naikan proporsi yang memenuhi standar dan terjual dengan harga layak, tingkatkan keahlian pekerja. Tanpa menyentuh peralatan, gambaran untung-ruginya berubah di sana. Keputusan yang selangkah lebih dalam — sampai sejauh mana nilai

diperketat, di mana dijual, kapan berinvestasi — saya serahkan ke bab-bab berikutnya dan ke 172 *Kiat*, namun sebagai pintu masuk, peliharalah di sini setidaknya mata untuk membedakan "bagian yang ditetapkan dari luar" dan "bagian yang bisa digerakkan lewat operasional."

Pusat gravitasi peran bergerak sesuai tahap pertanian vertikal

Ketiga hal ini bukan daftar yang sejajar, melainkan sesuatu yang, tergantung tahap pertanian vertikal, bergantian mana yang paling berat. Pada fase rintisan, "menumbuhkannya sampai tuntas secara stabil" adalah yang paling dihormati; setelah berjalan, pusat gravitasi bergeser ke "bagaimana memperketat profitabilitas"; dan seiring orang bertambah, ia condong ke "bagaimana mewariskan pengetahuan." Meski gelarnya sama, isi yang dipikul berangsur-angsur berubah. Ini bukan soal pertumbuhan orangnya sendiri, melainkan lebih mirip sebuah urutan: sisi pertanian vertikal mengeluarkan masalah berikutnya, dan isi yang menanggapi pun berubah.

Meski begitu, yang bergerak adalah "titik beratnya"; bukan berarti ada peran yang boleh diabaikan. Produksi stabil, pembangunan tim, dan pendapatan semuanya terus berjalan di setiap tahap tanpa henti. Khususnya soal sanitasi, sekali hama atau penyakit muncul, ia bisa menyebar ke seluruh pertanian vertikal, sehingga pencegahan — mencegahnya berkembang biak dan menyebar — selalu diperlukan.

Yang ingin saya pahami kepada Anda, pendatang baru, adalah sumbu waktu ini. Keahlian yang dituntut saat ini tak lebih dari potret sesaat dari tahap pertanian vertikal sekarang. Jangan mengukur pengalaman dan kelebihan Anda sendiri hanya berdasarkan "peran saat ini"; bacalah berdasarkan "peran mana yang akan memberat beberapa tahun ke depan." Lihat dengan cara itu, dan peran apa pun yang Anda emban mulai sekarang, mestinya bisa Anda hadapi tanpa terkejut.

Ringkasan Bab 1

- Pertanian vertikal berbeda wujudnya tergantung apakah ia "tipe solar" atau "PFAL penuh." Yang dibahas buku ini adalah dunia PFAL penuh, sayuran daun.
- Dengan latar kekhawatiran tentang ketahanan pangan, ia kini kembali menarik perhatian. Namun pemandangan profitabilitasnya berubah tergantung di mana dan oleh siapa ia dilihat.

- Lihat kerugian bukan dari tandanya melainkan dari kemiringannya. Yang menggerakkan profitabilitas ada tiga hal yaitu listrik, saluran penjualan, dan kemampuan lapangan, dan tantangannya memiliki "lapisan langit-langit" dan "lapisan tingkat ketercapaian."
- Angka dan berita industri, meski berbicara tentang "industri," tidak berbicara tentang "blok Anda sendiri." Bagi ulang berdasarkan tipe dan tanaman, lalu gunakan untuk membaca ke arah mana asumsi bergeser.
- Pertanian vertikal yang menghasilkan uang bukan pola menang, melainkan "rangkaian kondisi." Lebih dari kebaruan peralatan atau skala, yang penting adalah apakah Anda membaca rangkaian itu sampai tuntas dan ada lapangan yang menjalankannya.
- Pertanian vertikal berbeda sampai ke akar dari pertanian konvensional, dan "kemampuan untuk bolak-balik antara data dan pengamatan" menjadi pusat keseharian.
- Peran manajer ada tiga hal yaitu "produksi stabil," "pembangunan tim," dan "mengamankan pendapatan," dan pusat gravitasnya bergerak sesuai tahap pertanian vertikal.
- Keputusan yang selangkah lebih dalam, yang terhubung langsung dengan pendapatan, diserahkan ke bab-bab berikutnya dan ke *172 Kiat*.

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

Bab 2: Pengetahuan dasar manajemen budidaya

Pada bab sebelumnya, kita telah melihat gambaran besar pertanian vertikal: bagaimana mekanismenya, apa yang bisa dilakukan, dan apa yang sulit. Mulai dari sini kita melangkah lebih jauh dan masuk ke pengetahuan untuk benar-benar menanam sayuran. Memilih tanaman, memberi cahaya, mengatur air, udara, dan nutrisi, menyadari masalah dan mengambil tindakan——mari kita lihat berurutan apa yang dikerjakan setiap hari di lapangan. Meski setiap hal tampak sebagai cerita yang terpisah, di lapangan semuanya terhubung. Sambil menyimpan itu di sudut benak, kita mulai dulu dari "apa yang akan diproduksi".

Apa poin penting untuk memilih tanaman yang paling cocok bagi pertanian vertikal?



Karena pertanian vertikal dapat mengendalikan lingkungan secara buatan, secara teori tanaman apa pun bisa ditanam. Namun, ketika di lapangan kita benar-benar berusaha menghasilkan keuntungan, tanaman yang bisa dipilih terbatas pada kisaran yang sempit. Dan yang paling membuat saya heran setelah melihat begitu banyak fasilitas adalah: tak jarang, dengan memproduksi selada yang sama, satu fasilitas untung sementara yang lain rugi. Yang pada akhirnya menentukan apakah keuntungan tersisa bukanlah nama sayuran itu sendiri.

"Sayuran yang menguntungkan" tidak ditentukan oleh jenis komoditas

Jika Anda mencari "pertanian vertikal sayuran menguntungkan", akan muncul tak terhitung peringkat: selada bagus, bukan, stroberi, bukan, melon. Semakin lama membaca, semakin

terasa seakan jawaban benarnya tergeletak di suatu tempat. Namun, tak ada jaminan jawaban itu berlaku di tempat Anda sendiri. Dengan selada yang sama pun, keuntungan muncul atau lenyap tergantung ke mana dijual dan bagaimana dijalankan.

Saya sendiri telah melihat adegan seperti ini berkali-kali dengan selada. Saat dijual ke pasar tani, ia berputar dengan kokoh, tetapi ketika mencoba menjualnya secara grosir untuk penggunaan profesional, harga satuannya anjlok sekaligus, dan meski sibuk, tak ada laba yang benar-benar masuk kantong. Sebaliknya, membawa langsung ke restoran sebuah herba yang hanya bisa diproduksi sedikit justru menghasilkan keuntungan tak terduga. Dijajarkan begini, saya jadi berpikir bahwa yang menguntungkan bukan komoditasnya sendiri, melainkan satu paket dengan "di mana dijual".

Karena itu, alih-alih sebagai daftar tetap, sayuran yang menguntungkan lebih tepat dilihat sebagai **perkalian dari tiga faktor: harga satuan saluran penjualan, jumlah hari putaran, dan kesulitan budidaya**. Selada persis begitu. Di pasar tani harga satuannya bisa tinggi, sehingga kecepatan putaran langsung menjadi keuntungan. Jika dialirkan secara grosir, harga turun, hanya putaran yang tersisa, dan keuntungan bersihnya justru menipis. Dengan peralatan yang sama, tujuan penjualan menentukan harga dan putaran, lalu di atasnya bertumpuk kerepotan budidaya. Maka pertanyaannya bukan "sayuran mana", melainkan "di saluran penjualan saya, mana yang membuat harga×putaran sepadan dengan kerepotan budidaya".

Faktanya, tanaman yang layak secara untung-rugi di pertanian vertikal hampir menyempit ke kisaran terbatas: terutama sayuran daun dan herba, dan sayuran buah tergantung kondisi. Tentang makanan pokok seperti beras, gandum, atau jagung——tanaman fundamental yang menyumbang sekitar 60% energi pangan dunia——dilaporkan bahwa dengan biaya dan teknologi saat ini, sejak awal tak ada prospek untuk mencapai garis kelayakan. Apa yang menguntungkan bukan sifat yang melekat tetap pada tanaman, melainkan bergantung pada apakah tanaman itu bisa mendapat tujuan penjualan yang memberinya harga satuan dan putaran.

Selada banyak karena "sulit ambruk secara katastrofik"

Jika Anda menengok pertanian vertikal yang sebenarnya, sebagian besar berpusat pada selada. Bahkan di antara sayuran daun pun selada yang mendominasi, dan hampir tak

menyentuh sayuran buah. Ini bukan karena "selada yang paling menguntungkan", melainkan karena selada paling cocok dengan format pabrik. Yang berperan di sini adalah, dari rumus tadi, bagian "kesulitan budidaya".

Selada berumur tanam pendek dan berputar cepat, pendek dan mudah ditumpuk bertingkat, serta pengelolaan cahaya dan larutan nutrisinya sudah mapan. Artinya, di lingkungan tertutup, dengan keterulangan tinggi, ia bisa diputar sesuai rencana. Sayuran buah tidak begitu. Tomat dan stroberi perlu kontrol penyerbukan dan pembentukan buah, masa tanamnya panjang, dan tingginya juga tinggi. Dengan luas lantai dan biaya energi yang sama, kerepotan budidayanya jauh lebih berat.

Kesulitan punya satu sisi lagi yang kuat saya rasakan di lapangan. Selada, meski pengelolaan suhu atau konsentrasi larutan nutrisi sedikit melenceng, sulit jatuh ke gagal panen katastrofik. Keragaman pertumbuhannya pun relatif sedikit, dan biaya pembelajaran untuk membawanya ke kualitas yang layak pengiriman lebih rendah daripada tanaman lain. Ini terasa penting ketika kita membayangkan wajah-wajah yang masuk ke pertanian vertikal. Di lapangan yang peluncurannya saya tangani pun, sangat banyak pendatang baru dari lintas industri.

Orang-orang yang belum memahami fisiologi tanaman secara langsung masuk dengan memikul investasi peralatan besar. Dari posisi itu, yang pertama mengemuka adalah "tidak boleh gagal". Memilih selada lebih dulu—yang meski penanganannya sedikit meleset tidak ambruk dan biaya pembelajarannya rendah—adalah keputusan yang amat wajar: alih-alih memaksimalkan laba, menghindari kebangkrutan.

Karena itu, pemandangan yang berpusat pada selada bukanlah "jawaban yang menguntungkan", melainkan hasil dari memilih "solusi yang sulit ambruk dalam format pabrik". Sebaliknya, bagi produsen yang bisa mengelola kesulitan sayuran buah, atau bagi orang yang punya saluran penjualan yang justru berdiri karena itu sayuran buah, justru di luar barisan seragam itulah tersisa ruang. Ketahuilah bahwa ada alasan-alasan ini mengapa pemula masuk dari selada lebih dulu.

Mengapa beras, gandum, dan umbi tidak berjajar— $\text{luas} \times \text{hari} \div \text{harga satuan}$

Sebaliknya, mengapa kita tak melihat beras, gandum, lobak, atau wortel di pertanian vertikal? Bukan karena tak bisa ditanam. Secara teknis, umbi maupun sereal tumbuh di pertanian vertikal. Meski begitu, hampir tak berjajar di pasar. Alasannya ada di tempat yang berbeda

dari soal bisa-tidaknya ditanam.

Biaya pertanian vertikal, sebagian besar, **berpengaruh pada luas dan waktu**. Penerangan maupun Climate Control bagaikan sewa yang ditagih sebanding dengan seberapa lama luas rak diduduki, sehingga yang berpengaruh adalah "berapa hari luas itu ditempati dan berapa nilai panen yang keluar". Selada pendek, ringan, dan menyelesaikan satu putaran dalam sekitar 30–40 hari. Umbi perlu berbulan-bulan untuk menggemuk, dan dibanding berat serta volumenya, harga satuannya murah. Untuk wortel, perlu diperhitungkan sekitar 70–120 hari dari semai hingga panen. Luas yang sama, di satu sisi diduduki 1 bulan, di sisi lain 3–4 bulan. Hanya dengan ini saja sudah bisa diduga seberapa lebar jurang "berapa yang dihasilkan per luas per hari". Maka umbi bukannya teknologinya tak menyusul, melainkan secara diam-diam tersingkir saat dihitung di atas kertas.

Pada sereal, ini muncul paling ekstrem. Beras, gandum, dan jagung berharga satuan murah, masa tanam panjang, tinggi, dan sulit ditumpuk bertingkat. Ketiga syarat yang cocok dengan pabrik justru semuanya bertolak belakang. Ada perhitungan simbolis: bahkan untuk kasus kondisi terbaik memproduksi gandum di pertanian vertikal di Swedia, biaya listrik saja diperkirakan setara 40.000 dolar per ton—sekitar 100 kali harga gandum dunia waktu itu. Ini bukan masalah teknik budidaya, melainkan pertandingan sudah usai di tahap pembagian. Kita ingin menunggu "suatu saat teknologi akan membuatnya murah", tetapi perbaikan skala industri di mana makin banyak diproduksi makin murah hampir tak terlihat di atas data.

Umbi punya satu dinding lagi, di hulu dari kelayakan untung-rugi. Wortel dan lobak menjulurkan akar lurus dan tebal jauh ke dalam tanah, padahal peralatan yang kini dominan di pertanian vertikal ditujukan untuk sayuran daun: panel styrofoam tipis dan larutan nutrisi sistem sirkulasi. Kedalaman media maupun daya topangnya tak cukup, dan ketika zona akar terisi penuh cairan, oksigen pun cenderung kurang. Dari posisi yang merancang lini baru, karena umbi sudah gugur di pembagian kelayakan, diskusi peralatan pun tak sampai berjalan; tetapi dari posisi yang sudah punya peralatan untuk sayuran daun dan berpikir "umbi juga di rak yang kosong", sebelum soal kelayakan, akarnya tak muat di peralatan. Tembok mana yang lebih dulu Anda hadapi berubah tergantung di titik mana Anda berdiri. Jika saya katakan terus terang kesimpulan saya di lapangan, ia mendarat pada hal yang wajar: rasional menanam umbi di tanah.

Ada pengecualian, tetapi hanya ketika kondisinya terpenuhi

Hal-hal yang sampai di sini saya tulis "tidak cocok" pun punya pengecualian. Namun pengecualian itu lolos hanya karena suatu kondisi terpenuhi, dan tak ada jaminan kondisi itu beserta seluruhnya bisa dipindahkan ke tanaman Anda sendiri.

Satu arah adalah pengecualian **menghasilkan lewat putaran**. Microgreens (daun muda sayuran) amat cepat: dari semai hingga panen, 7–14 hari. Dibanding selada yang perlu 30–40 hari, di luas yang sama bisa berputar berkali-kali setahun. Harga per gramnya pun mudah diperoleh tinggi, dan muncul pula gerakan untuk mendiferensiasikannya sebagai bahan pangan fungsional dengan nutrisi yang diperkuat. Jika Anda akan membangun dari nol, ia cukup layak dipertimbangkan sebagai komoditas. Namun, memasangnya begitu saja ke pertanian vertikal selada yang sudah ada tidaklah mudah. Alur panen di rak yang mencapai 10 tingkat—entah mengeluarkannya beserta media atau pekerja memotong di tingkat atas—sama sekali berbeda dari selada. Jika serius, realistis untuk memikirkan peralatan angkut dan panen khusus sejak tahap konstruksi.

Satu lagi adalah pengecualian **menghasilkan lewat harga satuan**. Asalkan harga per luas per hari tinggi, tanaman berputar lambat pun bisa naik ke rak. Itulah kasus umbi yang terjual amat mahal seperti ginseng obat, atau wasabi. Wasabi berharga satuan tinggi, langka, dan populer bahkan di luar negeri—sampai menyebut namanya, semuanya memang benar. Tetapi di sini perlu kehati-hatian. Harga tinggi wasabi, menurut penglihatan saya, tidak menempel pada tanaman wasabi itu sendiri, melainkan menempel pada hubungan dengan pembeli: "produsen ini, dari daerah ini, dengan kualitas ini, memasok secara stabil". Pembeli yang membayar mahal—seperti restoran kelas atas atau restoran sushi—justu sudah punya pemasok tetap, dan tak gampang berpindah ke produsen baru yang entah siapa dari mana. Maka, ketika pendatang baru berhasil memproduksi wasabi, yang ada di tangannya hanyalah bagian tanaman di antara alasan harga tinggi; hubungan, yang justu menentukan, harus dibangun dari nol. Lagi pula, pembeli yang membayar mahal justu tak menyerap volume, sehingga perhitungan omzet tahunan dengan "harga satuan × volume pengiriman perkiraan" umumnya meleset. Bisa memproduksinya dan berjalan sebagai usaha adalah dua hal yang berbeda.

Dengan beras pun sama: "mustahil" tidak seragam di mana-mana. Lahan dengan listrik luar biasa murah, pembeli di dekatnya yang membayar mahal, saluran penjualan yang menjual

berkali-kali lipat harga normal——seperti bahan baku farmasi——: tergantung sejauh mana ketiga faktor itu terkumpul, cara pandanganya berubah. Kasus sukses budidaya beras di fasilitas di luar negeri umumnya berpremis lokasi dengan air langka dan listrik murah, justru kebalikan dari Jepang. Tampaknya soal teknologi, padahal sebenarnya soal lokasi; hal seperti itu tak jarang.

Pertama, jajarkan dari saluran penjualan Anda sendiri

Lalu, mulai dari mana? Bukan dari komoditas. Peringkat dan kisah sukses berguna sebagai rujukan, tetapi tak bisa langsung dijadikan cetak biru. Informasi yang beredar di dunia bias ke "kisah yang berjalan baik", dan data fasilitas yang mundur hampir tak tersisa. Faktanya, dikatakan bahwa proporsi yang cukup besar dari pertanian vertikal di Jepang telah berganti dalam kurun sekitar sepuluh tahun. Komposisinya begini: di balik sukses yang muncul ke permukaan, ada sejumlah usaha yang gulung tikar yang tak diceritakan.

Karena itu, yang pertama ditulis di kertas bukanlah rencana budidaya, cukup pembagian satu baris. Berdasarkan luas rak yang sama, keluarkan "harga jual perkiraan ÷ hari penempatan", tempatkan selada sebagai patokan, dan jajarkan kandidat dalam tabel yang sama dengan kondisi yang sama. Di situ tuliskan jumlah hari putaran, kesulitan budidaya, persentase hasil layak jual, hingga kerepotan mempertahankan saluran penjualan, lalu bandingkan dengan laba tahunan per luas. Inilah langkah pertama. Soal urutan prioritas, jadikan sayuran daun——yang berputar cepat dan mudah dibaca——sebagai pusat, dan pertimbangkan sayuran buah serta ceruk berharga satuan tinggi sebagai pertimbangan kedua. Sayuran buah dan wasabi memang punya ruang harga, tetapi itu hal yang baru berdiri setelah kondisi terkumpul, jadi realistis untuk menaikkannya setelah mengokohkan angka dasar dengan sayuran daun.

Cerita tanaman baru menarik, dan yang bisa dilakukan pun bertambah dari tahun ke tahun. Tetapi itu hidup di dalam tanaman yang telah lolos dari pintu kelayakan untung-rugi; menempatkannya sebelum pintu itu menjadi jalan memutar. Apa yang cocok dan apa yang tidak tidak dilihat dari peringkat komoditas, melainkan dari "harga satuan saluran × putaran × kesulitan" dan "berapa per luas per hari" ini——dengan hanya memiliki mata itu, ketika tanaman baru berikutnya muncul, Anda bisa mulai tanpa panik dari lembar kertas pertama.

Sekadar catatan, dari sini ke depan——tanaman mana yang layak untung-rugi untuk tujuan penjualan mana, bagaimana mengejar saluran penjualan berharga satuan tinggi, apakah beralih ke sayuran buah sepadan dengan investasi——adalah pembahasan yang masuk ke desain profitabilitas itu sendiri. Dalam buku ini saya berhenti di pintu masuk cara berpikir, dan menyerahkan penilaian yang lebih mendalam kepada «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Setelah sayuran yang akan diproduksi ditetapkan, berikutnya adalah bagaimana menanamnya. Tiga pilar untuk menanam sayuran di pertanian vertikal adalah cahaya, air, dan udara——dan kita mulai dari cahaya, peralatan paling ikonik pertanian vertikal.

Pemanfaatan lampu LED



Peralatan paling ikonik di pertanian vertikal adalah lampu LED yang berderet rapat. Pertanian konvensional tak punya pilihan selain bergantung pada cahaya matahari, tetapi di pertanian vertikal kita bisa menciptakan secara buatan, dengan LED, lingkungan cahaya yang optimal untuk pertumbuhan.

3 manfaat yang dibawa lampu LED bagi pertanian vertikal

1. Penghematan biaya lewat efisiensi energi

Biaya listrik adalah biaya yang tak bisa diabaikan oleh pertanian vertikal. Karena lampu LED unggul dalam efisiensi energi, dapat diharapkan penghematan biaya listrik yang sepadan.

2. Umur panjang yang juga meringankan perawatan

Lampu neon perlu diganti secara berkala, dan setiap kali memakan biaya dan tenaga. LED berumur jauh lebih panjang dan dapat mengurangi frekuensi penggantian. Di pertanian vertikal yang memakai penerangan dalam jumlah besar, selisih biaya ini besar.

3. Bisa memilih warna cahaya sesuai tanaman

Tanaman, tergantung jenis dan tahap pertumbuhan, memerlukan panjang gelombang (warna) cahaya yang berbeda. LED tersedia dalam produk berbagai panjang gelombang—merah, biru, putih, dan lain-lain—dan bisa dipilih sesuai tanaman. Di pertanian vertikal konvensional, lampu LED yang menggabungkan cahaya merah dan biru dominan, tetapi belakangan ini LED putih, yang mendekati cahaya matahari, juga makin meluas.

Kiat pemasangan dan operasi

Untuk menarik keluar efek LED, detail kecil seperti metode pemasangan dan durasi penyinaran juga penting.

- Budidaya bertingkat: untuk memanfaatkan ruang terbatas, lazim menumpuk rak budidaya dalam beberapa tingkat, yang disebut "budidaya bertingkat".
- Sudut dan jarak penyinaran: dengan menyesuaikan sudut penyinaran LED dan jarak ke tanaman, efisiensi fotosintesis bisa dinaikkan.
- Durasi penyinaran: tanaman tumbuh dengan mengulang "periode terang", saat ia berfotosintesis, dan "periode gelap", saat ia bernapas dan mentranslokasi nutrisi.

"Makin terang makin untung" belum tentu benar

Bicara soal LED, kita cenderung tanpa sadar berpikir "makin kuat cahaya, makin baik tumbuhnya". Saat masih pemula, saya pun begitu. Jika Anda memberanikan diri menerangi terang satu tingkat rak, memang jumlah panen bertambah. Berat dan tampilan membaik. Kita bisa berpikir "ternyata benar menerangi lebih terang"—sampai melihat tagihan listrik di akhir bulan. Saya menaikkan cahaya 1,5 kali, tetapi hasil tak sampai 1,5 kali. Jika dari kenaikan penjualan dikurangi kenaikan biaya listrik, keuntungan bersihnya justru lebih tipis dari sebelumnya. Muncul bulan-bulan seperti itu. Saya sendiri, dalam hidroponik selada di pertanian vertikal, telah berkali-kali melihat adegan di mana, dengan memacu kuat, keuntungan bersihnya justru malah lebih tipis.

Di sini perlu mengenal kata PPFD, yang menyatakan jumlah cahaya. Cukup pikirkan ia sebagai jumlah partikel cahaya yang sampai ke daun. Yang pokok, hubungan antara PPFD dan hasil ini tidak proporsional. Jika mulai dinaikkan dari tingkat lemah, awalnya melonjak pesat, tetapi makin dinaikkan, bagian yang bertambah dengan menerangi lebih terang makin lama makin berkurang. Sementara itu biaya listrik bertambah mengikuti cahaya hampir lurus. Karena itu, penjualan yang bertambah "makin lama makin melambat", sedangkan biaya listrik yang bertambah "naik lurus". Di suatu titik datang saat biaya listrik lebih berat daripada imbalan cahaya yang ditambahkan. Di situlah titik berhenti untuk menguatkan cahaya.

Yang merepotkan, titik berhenti itu tidak ditetapkan oleh satu angka. Pada musim listrik murah, membiarkannya kuat tampak cukup positif, tetapi ketika harga satuan naik, pengaturan yang sama tiba-tiba terasa berat. Dengan rak yang sama, varietas yang sama, dan cahaya yang sama, tergantung bulan bertukar antara "ini benar" dan "ini berlebihan". Karena itu, cara bergaul dengan menghafal dan menempelkan PPFD optimal sebagai satu angka tidak berjalan. Cahaya adalah sesuatu yang titik berhentinya bergerak tergantung biaya listrik—memahaminya seperti itu adalah cara pandang yang sebaiknya dikuasai sejak semula.

Ketika masuk ke pengelolaan dinamis yang menarik ulang PPFD optimal dari harga satuan listrik, dan penilaian memilih model berdasarkan efisiensi cahayanya, ini menjadi pembahasan mendalam yang langsung terkait laba. Cara menentukannya dibahas rinci di «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Cahaya

LED hanyalah alat untuk menciptakan cahaya. Yang benar-benar penting bagi tanaman adalah cahaya seperti apa, dengan kekuatan berapa, dan selama berapa lama alat itu menyinari—yakni isi cahaya itu sendiri. Karena di bagian sebelumnya kita bicara soal mesin, di sini kita turun sedikit dan menetapkan dasar bagaimana tanaman menerima cahaya. Bukan hal sulit. Cukup pikirkan bahwa cahaya punya tiga sumbu—"kekuatan", "warna", dan "waktu"—dan jumlah cahaya sehari ditentukan oleh perkalian ketiganya.

Kekuatan—bukan berarti makin kuat makin baik

Pertama, kekuatan. Cahaya tak tergantung bagi pertumbuhan tanaman, tetapi tidak sederhana makin kuat makin tumbuh. Melewati tingkat tertentu, kemajuan fotosintesis mentok, dan jika dinaikkan lagi, kali ini daun rusak dan justru condong ke arah negatif. Di pertanian vertikal, tempat cahaya harus dibeli dengan listrik, ada pula masalah bahwa biaya listrik untuk menyinari melebihi yang diperlukan terbuang begitu saja.

Maka pada dasarnya, pilih LED yang sesuai dengan kekuatan yang diminta tanaman. Sayuran buah yang berbuah menginginkan cahaya kuat, tetapi sayuran daun seperti selada tak butuh cahaya sekuat itu. Sayuran itu pendek dan tumbuh bahkan di bawah cahaya yang lebih lemah. Salah satu alasan sayuran daun disukai di pertanian vertikal juga ada di sini.

Warna——tanaman punya panjang gelombang yang berguna baginya

Berikutnya, warna. Cahaya berubah warna sesuai panjang gelombang, dan tanaman memberi tiap warna kegunaan yang berbeda.

Secara garis besar, cahaya merah (kira-kira 600–700 nm) adalah cahaya yang paling baik bekerja pada fotosintesis dan mendorong pertumbuhan. Cahaya biru (400–500 nm) juga dipakai dalam fotosintesis dan bekerja ke arah menebalkan daun serta menguatkan batang. Cahaya hijau (500–600 nm) dikatakan efeknya pada fotosintesis kecil, tetapi mudah sampai ke bagian dalam daun dan dikatakan juga terlibat dalam pembentukan bentuk tanaman.

Karena itu, dulu pertanian vertikal didominasi cahaya ungu khas——campuran hanya merah dan biru——tetapi belakangan ini bertambah baik yang mengandung hijau maupun LED putih yang mendekati cahaya matahari.

Saya sendiri telah memakai LED berbagai jenis, dan saya merasa bahwa dengan yang menambahkan hijau atau yang mendekati putih, pertumbuhan terlihat lebih baik daripada tipe yang hanya merah dan biru. Ini kesan dari pengalaman langsung: warna, kilau, dan tampilan daun tampak lebih wajar. Warna mana dan dengan proporsi berapa dicampur yang menguntungkan bagi tanaman itu adalah pembahasan mendalam yang langsung terkait biaya, jadi di sini saya hanya meletakkan pintu masuk: "warna punya perbedaan kegunaan".

Waktu——waktu menerangi dan waktu menggelapkan

Yang ketiga adalah waktu. Bukan berarti baik menyinari tanaman sepanjang hari tanpa henti. Ia tumbuh dengan mengulang "periode terang", saat diberi cahaya, dan "periode gelap", saat

cahaya diputus. Pada periode terang ia membuat nutrisi lewat fotosintesis, dan pada periode gelap ia mengirim nutrisi itu ke tiap bagian tubuh untuk pertumbuhan——ada irama napas: menghasilkan di siang dan mengolahnya di malam. Rancangan berapa jam menyinari dalam sehari ini disebut fotoperiode.

Di pertanian vertikal, berbeda dari matahari, waktu menerangi bisa ditetapkan bebas dari pihak kita. Ini keunggulan kuat, tetapi sekaligus berarti "harus ditetapkan". Jika menyinari lama, waktu fotosintesis bisa diperoleh, tetapi biaya listrik membengkak, dan jika periode gelap terlalu pendek, kadang kondisi tanaman terganggu. Muncul penilaian di mana menempatkannya agar menguntungkan bagi tanaman dan bagi untung-rugi. Menentukan titik optimal itu masuk ke desain profitabilitas, jadi dalam buku ini saya hanya berhenti pada dasar: "diperlukan baik waktu menerangi maupun waktu menggelapkan".

Jumlah cahaya sehari——DLI, perkalian ketiganya

Terakhir, satu gagasan saja yang menghubungkan ketiganya. Jika kekuatan dan waktu dikalikan, keluar jumlah total cahaya yang diterima tanaman dalam sehari. Ini disebut DLI (total cahaya yang terakumulasi dalam sehari).

Tak perlu dipikir rumit. Cahaya lemah pun, jika disinari lama, jumlah totalnya bertambah, dan cahaya kuat pun, jika sebentar, jumlah totalnya tak naik. Seberapa banyak cahaya yang diterima tanaman dalam sehari tidak ditentukan hanya oleh terang sesaat maupun hanya oleh waktu menyala, melainkan oleh perkalian keduanya——hal yang amat wajar. Bahwa di lapangan terjadi hal seperti "sudah menguatkan cahaya tetapi tak tumbuh se bagus yang dikira" atau "sebaliknya, memangkas waktu nyala tetapi tak begitu turun" sering kali karena kita tanpa sadar hanya melihat kekuatan dan tidak melihat jumlah total sehari. Pegang kekuatan, warna, dan waktu sebagai tiga sumbu terpisah, dan di akhir pandang dengan jumlah total sehari. Sebagai dasar cahaya, cukup memiliki pandangan ini lebih dulu.

Jika cahaya adalah cerita yang tuntas di atas tanaman, berikutnya adalah cerita di kaki tanaman——air tempat akarnya terendam. Di pertanian vertikal, air itu menjadi fondasi budidaya itu sendiri.

Sistem hidroponik



Bersama penerangan, ciri khas pertanian vertikal adalah hidroponik. Menanam tanpa memakai tanah, dengan menempelkan akar langsung pada air dan nutrisi. Inilah alasan ia bisa ditanam cepat dan seragam, sekaligus bagian yang paling memerlukan perhatian setiap hari di lapangan.

Mengapa hidroponik di pertanian vertikal

Keunggulan tidak memakai tanah ada beberapa poin. Karena tak perlu tanah, lokasi tak dipilih-pilih, bahkan di kawasan kota maupun tempat dengan kondisi lahan yang sulit. Karena akar selalu bersentuhan dengan air dan nutrisi, pertumbuhan cepat dan putaran naik. Risiko hama dan penyakit lewat tanah pun bisa diturunkan, dan tanpa dikejar penyiraman harian, cukup mengelola konsentrasi dan volume larutan nutrisi agar pasokan otomatis.

Satu hal saja, poin yang sering disalahpahami, lebih dulu. Sering dikatakan "hidroponik tahan terhadap pembusukan akar", tetapi ini bersyarat. Selama oksigen terlarut (DO) dalam air terjaga cukup, akar mengambil oksigen segar dan sehat. Tetapi jika oksigen kurang, di hidroponik pun pembusukan akar terjadi. Khususnya, ketika suhu air naik, oksigen yang dapat tetap terlarut dalam air itu berkurang. Karena itu, simpan di sudut benak: bukan "tenang karena terendam air", melainkan "tenang karena oksigen cukup".

NFT dan DFT——mengalirkan tipis atau menampung dalam

Dua yang paling sering dipakai di pertanian vertikal adalah NFT dan DFT.

NFT (hidroponik film tipis) mengikat tanaman pada bedeng budidaya yang dimiringkan dan terus mengalirkan larutan nutrisi tipis-tipis dengan pompa. Karena mengalir, oksigen mudah

bersentuhan, dan volume larutan nutrisi yang dipakai pun sedikit. Sebagai gantinya, karena volume air sedikit, ia mudah terpengaruh kondisi luar dan suhu air pun mudah berubah.

DFT (hidroponik larutan dalam) menampung banyak larutan nutrisi di bak budidaya bagaikan tangki dan mengapungkan tanaman di atasnya. Karena volume air banyak, ia tahan terhadap perubahan suhu dan mudah ditanam secara stabil. Sebagai gantinya, peralatannya menjadi besar, dan punya kebiasaan oksigen mudah menipis di bagian dasar.

Keduanya termasuk keluarga "sistem sirkulasi", yang dipakai sambil memutar larutan nutrisi dengan pompa. Selain itu, DWC (Deep Water Culture, perendaman air dalam), yang merendam akar sepenuhnya dalam air dalam, boleh dilihat hampir sebagai keluarga DFT dari segi menampung air. Metode pengabutan, yang menyemprotkan kabut ke akar, oksigennya paling melimpah karena akar terpapar udara, tetapi karena tak menampung air, ia paling cepat mengering saat berhenti. Ia hanya cocok untuk lapangan yang bisa menyiapkan cadangan cukup tebal agar bisa menyadari saat berhenti.

Bukan soal mana yang lebih unggul

Saat menyusun baru, atau menyusun ulang, yang umumnya pertama dijumpai adalah "NFT atau DFT?". Jika menyelidiki tabel perbandingan, tiap butir punya lingkaran di salah satu sisi, dan jika dijumlah kira-kira seri. Saya telah melihat tak sedikit orang berjalan di tempat selama sehari-hari.

Di sini saya katakan terus terang. Metode itu sendiri tak punya keunggulan mutlak. Setelah bertahun-tahun mengamati selada, saat menelusuri penyebab hasil atau kualitas berayun, hampir selalu "kondisi air hari itu", bukan "metode". Pembusukan akar muncul di NFT bukan karena metode, melainkan ketika aliran turun dan ujung akar mengering. Melemah di DFT pun bukan karena metode, melainkan ketika suhu air naik dan oksigen menipis. Apa pun yang dipilih, pada akhirnya semua tergantung pengelolaan air sesudahnya.

Lalu bagaimana metode ditentukan? Ini boleh polos saja. Ditentukan oleh kendala yang ada di tangan. Jika ingin bertahan beberapa menit saat mati listrik atau kerusakan, dan ingin volume air sebagai premi ketenangan, condong ke DFT. Jika ingin menambah jumlah tingkat rak dan membangun ringan, serta ingin perpipaian sederhana, condong ke NFT. Berdasarkan skala dan rentang risiko yang bisa Anda toleransi, ia adalah kisaran yang ditentukan hampir otomatis. Bukan percabangan yang sampai membuat khawatir sehari-hari. Waktu untuk

khawatir lebih baik dialihkan ke pengelolaan air setelah memilih: jauh lebih berpengaruh pada hasil panen.

Reversibel atau ireversibel——garis yang benar-benar berpengaruh di hidroponik

Jika perbedaan NFT dan DFT ditangkap dengan satu sumbu, pengelolaan sesudahnya menjadi jauh lebih ringan. Sumbu itu adalah "reversibel atau ireversibel".

Meski melenceng, jika disadari dan ditangani bisa dikembalikan ke rentang dan akar pulih——hal **reversibel** semacam ini adalah sisi yang diterima dengan operasi. Bahwa oksigen di dasar DFT menipis, bahwa suhu air naik, cukup dilihat setiap hari dan, jika keluar jalur, ditarik kembali. Ini pekerjaan manusia dan pencatatan.

Sebaliknya, jika di NFT aliran berhenti dan ujung akar mengering, kekeringan itu tak kembali. Ujung yang sekali terkena tak kembali ke keadaan semula meski air dikembalikan. Ini **ireversibel**. Karena dengan pengamatan mata harian saja tak bisa ditutup sepenuhnya, kita buat mesin mendeteksi berhentinya dan melontarkan notifikasi, dan dengan daya darurat atau pompa cadangan, kita cegah lebih dulu berhentinya itu sendiri. Ini wilayah yang dicegah dari sisi peralatan dan persiapan.

Garisnya menjadi begini: **hal reversibel diterima dengan operasi; hal ireversibel tak dibebankan pada operasi, melainkan dicegah lebih dulu dengan peralatan dan persiapan**. Yang reversibel, yang datang perlahan, dilihat manusia; yang ireversibel, yang datang tiba-tiba, dihentikan dengan mesin dan persiapan.

Satu tambahan: reversibel atau ireversibel bukan label yang menempel pada metode. Di NFT pun, jika ada sistem yang langsung memberi tahu begitu berhenti, kecepatan itu tak menakutkan. Dan di DFT pun, jika suhu air tinggi atau genangan musim panas dibiarkan, air yang melimpah itu kali ini berubah menjadi air hangat yang tak mendingin dan akar membusuk——keunggulan punya volume air berbalik jika tak dilihat. Karena itu tak bisa ditegaskan bahwa "DFT aman karena punya volume air". Yang menggerakkan batas bukan atribut metode, melainkan "lebar lencengan dan seberapa lama dibiarkan".

"Setelah memilih, di mana dan bagaimana dilihat setiap hari" ini——dalam urutan apa laju aliran, suhu air, dan oksigen terlarut dilihat, dan di mana ditarik garis antara aman dan bahaya——adalah yang benar-benar membedakan hasil panen. Itu dipadatkan secara konkret di «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Ketika hal tentang air mulai terlihat, yang tak terpisahkan dari air itu adalah udara yang memenuhi sekitar akar dan sekitar daun. Suhu, kelembapan, CO₂, serta angin yang mengangkutnya—dari sini kita beralih ke cerita udara yang mengelilingi tanaman.

Pengelolaan suhu

Pengelolaan suhu adalah salah satu butir terpenting yang sangat menentukan keberhasilan pertanian vertikal.

Tanaman punya rentang suhu yang sesuai untuk tumbuh. Keluar dari situ, hal itu berpengaruh pada pertumbuhan dalam bentuk seperti pertumbuhan melambat, warna daun memburuk, dan dalam kasus parah mengering. Pada sayuran buah kadang terbentuk buah yang bentuknya buruk, dan jika daya tahan tubuh menurun, ketahanan terhadap hama dan penyakit pun melemah.

Suhu sesuai per tanaman

Pertanian vertikal kurang terpengaruh udara luar dan bisa menjaga suhu tetap. Patokan per tanaman kira-kira begini.

- Sayuran daun seperti selada: menyukai lingkungan yang relatif sejuk, sekitar 15–25 ■
- Sayuran buah seperti tomat: menyukai lingkungan hangat, sekitar 20–30 ■
- Herba seperti basil: sekitar 20–25 ■. Namun ada pula yang menyukai suhu tinggi atau tahan suhu rendah

Pengelolaan suhu yang disesuaikan dengan jenis sayuran dan tahap pertumbuhan adalah dasar produksi yang stabil.

Yang dikelola adalah udara, yang direspons tanaman adalah daun

Di sini saya selipkan satu perbedaan yang berpengaruh saat tersendat di lapangan. Yang kita tetapkan dan kelola adalah "suhu udara" ruang budidaya. Tetapi yang sebenarnya direspons tanaman adalah "suhu daun".

Biasanya keduanya kira-kira sama, jadi berputar tanpa perlu dibedakan. Namun, perbedaan ini menampakkan diri ketika, meski pengaturan dipatuhi dengan baik, pertumbuhan tak seragam tergantung rak. Misalnya, muncul perbedaan pertumbuhan antara tingkat atas dan tingkat bawah rak yang sama. Awalnya Anda akan mencurigai cara angin menerpa atau jarak

ke LED, tetapi ada satu lagi: di tingkat atas, panas penerangan cenderung terkurung. Meski LED disebut hemat energi, proporsi yang cukup besar dari konsumsi daya keluar sebagai panas. Karena itu, meski pengaturan 25 ■, suhu daun itu sendiri di tingkat atas, yang dekat penerangan, kadang lebih tinggi daripada udara.

Mengapa suhu daun yang lebih berpengaruh? Karena fotosintesis maupun respirasi adalah reaksi enzim, dan yang menentukan kecepatannya bukan udara, melainkan suhu daun itu sendiri. Bahkan dengan "pengaturan 25 ■" yang sama, jika daun tingkat atas sebenarnya 27 ■, suhu bagi daun itu sudah bukan 25 ■. Pengaturan seragam tetapi pertumbuhan tidak—itu sering terjadi dalam bentuk: udara sudah diseragamkan tetapi daun belum.

Karena yang bisa digerakkan Climate Control secara langsung adalah udara, tersisa struktur dua tahap: melihat keduanya, udara sebagai "masukan" dan daun sebagai "hasil". Jika Anda menempelkan termometer radiasi ke daun tingkat atas dan tingkat bawah dan mengukur berapa derajat selisihnya dari nilai pengaturan udara, kebiasaan rak Anda sendiri mulai terlihat dalam angka. Sekadar catatan, selisih ini besar di siang saat cahaya kuat, dan mengecil di malam saat penerangan padam.

Menurunkan suhu malam adalah untuk "menggencangkan"

Karena di pertanian vertikal siang dan malam bisa dibuat secara buatan dengan lampu LED, pertumbuhan bisa diatur memakai selisih suhu. "Siang" di sini menunjuk saat penerangan menyala (periode terang), "malam" saat padam (periode gelap), dan selisih suhu antara periode terang dan periode gelap ini disebut "DIF".

Di malam hari, karena penerangan padam, suhu daun dan suhu udara hampir sama. Sebab tak terjadi, seperti di siang, hanya daun yang terangkat oleh panas sumber cahaya.

Masalahnya adalah keadaan di mana suhu malam itu diturunkan dengan perasaan sekadar "malam itu disejukkan", sementara alasan menurunkannya sendiri belum benar-benar pas.

Logikanya akan masuk jika dipikir dari "malam itu waktu untuk apa". Siang menerima cahaya dan membuat gula lewat fotosintesis; malam, karena tak ada cahaya, tak bisa membuat gula baru dan bernapas memakai gula yang ditimbun di siang. Karena respirasi ini berjalan makin cepat makin tinggi suhu, mendinginkan malam menekan konsumsi gula selama malam itu sendiri.

Di sini satu hal yang perlu diperhatikan: jangan menghubungkan begitu saja "menekan konsumsi = sebanyak itu tersisa dan tumbuh". Nyatanya, bukan berarti makin didinginkan makin tumbuh. Pada sayuran daun, ia keluar ke arah bahwa yang hangat (sampai rentang tertentu) justru tumbuh lebih baik. Lalu apa makna menurunkan suhu malam? Alih-alih untuk menambah panen, ia adalah penyesuaian dari sisi kualitas: menekan etiolasi dan mengencangkan tanaman. Jika suhu malam tak diturunkan tuntas, batang cenderung memanjang dan tampilan rusak. Karena itu lebih sesuai dengan rasa lapangan untuk memikirkan suhu malam sebagai tuas untuk menyesuaikan "kekencangan cara tumbuh" daripada sebagai tuas untuk meraih "jumlah pertumbuhan".

Dan bukan pula makin diturunkan makin baik. Jika diturunkan terlalu jauh, etiolasi berhenti, tetapi juga masuk ke sisi di mana tempo pertumbuhan melambat. Suhu malam ditentukan dalam keseimbangan antara "mengencangkan" dan "menumbuhkan dengan benar". Untuk selada, sekitar 18 °C di malam adalah salah satu contoh titik temu itu.

Kriteria penilaian pengaturan, pada akhirnya, adalah kondisi tanaman

Di puncak musim panas suhu cenderung naik dan daya listrik Climate Control pun membebani berat. Kita ingin menaikkan pengaturan sekalipun 1 °C untuk meringankan beban, tetapi tak bisa memastikan apa yang akan terjadi pada pertumbuhan dan tak berani menyentuhnya—ini berjalan di tempat yang lazim di lapangan musim panas. Sebenarnya, 1 °C itu berpengaruh ke arah yang sama sekali berbeda tergantung dinaikkan di siang atau di malam, dan meratakan keragaman suhu pun pada akhirnya menjadi pekerjaan angin. Penilaian operasi aktif seputar ini menjadi satu tema tersendiri, jadi di sini saya hanya berhenti pada pintu masuk cara berpikir: "udara dan daun berbeda" dan "suhu malam untuk mengencangkan".

Saat memikirkan suhu di dalam ruang budidaya, kriteria penilaian nilai pengaturan, pada akhirnya, adalah "kondisi tanaman". Alih-alih menjiplak tabel nilai yang benar, kita membaca apakah pas atau tidak dengan melihat di lapangan sendiri selisih antara suhu daun dan udara, selisih siang-malam, serta tampilan daun dan akar. Bagi kita yang mengatur suhu, dituntut daya pengamatan untuk menangkap kondisi tanaman secara benar. Bagaimana menggerakkan 1 °C siang-malam, bagaimana menilai selisih daun-udara maupun selisih siang-malam, dan operasi yang lebih mendalam dibahas di «172 Kiat untuk Meningkatkan

Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Yang tak terpisahkan dari suhu adalah seberapa banyak air yang dipeluk udara—kelembapan. Pada suhu yang sama, tergantung kelembapan, kondisi daun berubah sama sekali.

Pengelolaan kelembapan

Bersama suhu, pengelolaan lain yang tak boleh terlewat adalah kelembapan. Tanaman mengeluarkan air dari daun, yang disebut "transpirasi", dan, menumpang aliran itu, mendistribusikan ke seluruh tubuh air dan nutrisi yang diisap akar. Kelembapan berpengaruh langsung pada transpirasi ini.

60% pada higrometer berubah isinya tergantung suhu

Di pertanian vertikal, operasi yang lazim adalah menjaga suhu ruang kira-kira tetap dan terus menekan dengan dehumidifikasi kelembapan yang naik dari hidroponik. Kelembapan dilihat dalam rentang, seperti "sasaran 60%", dan jika higrometer berada di sekitar situ, ya, mestinya aman.

Tetapi, tidakkah Anda pernah mengalami ini? Dengan "60%" yang sama pun, tergantung hari tampilan tanaman entah bagaimana berbeda. Kekenyalan daun punya hari baik dan hari kurang baik. Padahal angka higrometer tak berubah.

Ini, mungkin, bukan perasaan belaka. "60%" pada higrometer adalah proporsi berapa persen yang terisi sekarang, terhadap seberapa banyak air yang bisa dipeluk udara pada suhu itu. Karena proporsi, ketika suhu bergerak, dengan 60% yang sama berubah "sisa daya tampung" udara itu sendiri. Udara hangat bisa memeluk banyak, jadi pada 60% pun masih ada sisa besar untuk menyerap. Jika suhu ruang turun, volume penuhnya sendiri mengecil, dan dengan 60% yang sama sisa untuk menyerap pun sedikit.

Dilihat dari daun, "sisa yang masih bisa diserap udara" ini adalah derajat tarikan itu sendiri—daya udara menarik keluar uap air—untuk mengeluarkan air sebagai transpirasi. Inilah yang disebut **VPD (defisit tekanan uap)**. Bahwa di hari suhu ruang tinggi tanaman tampak dalam kondisi baik adalah karena tarikan udara bekerja, transpirasi berputar, dan menumpang aliran itu nutrisi sampai ke ujung daun. Hari "60% tetapi hari ini terasa berat" adalah ketika suhu ruang turun, tarikan melemah, dan ingin mengeluarkan tetapi tak bisa

keluar sepenuhnya sehingga bagian dalam daun agak macet——dilihat begitu, kira-kira cocok.

Artinya, kita mengira sedang melihat higrometer, tetapi yang benar-benar bekerja adalah "derajat tarikan" yang, di baliknya, ditentukan berbarengan dengan suhu. % kelembapan relatif adalah satu penampang dari hasil, dan berbeda dari sumbu kontinu yang dirasakan tanaman.

Dehumidifikasi dan suhu ruang menggerakkan satu tarikan dari sisi yang berbeda
Sampai di sini, satu cara pandang berubah. Kita telah mengelola "suhu ruang tetap, kelembapan 60%" sebagai dua kenop terpisah, tetapi, dilihat dari tanaman, dehumidifikasi dan suhu ruang bukan dua hal terpisah, melainkan menggerakkan satu sumbu yang sama——derajat tarikan itu——dari sisi yang berbeda. Baik menurunkan kelembapan maupun menaikkan suhu, "sisa yang masih bisa diserap udara" melebar. Dilihat dari daun, dengan operasi mana pun bergerak ke arah tarikan menguat.

Namun, bukan berarti bisa dipertukarkan. Suhu menggerakkan, bersama tarikan, juga metabolisme tanaman itu sendiri——kecepatan memanjang dan respirasi. Dehumidifikasi, di sisi lain, bisa menyentuh hanya tarikan tanpa relatif menyentuh itu. Mereka berpengaruh pada sumbu yang sama, tetapi cakupan yang terseret berbeda. Karena itu, jika sasarannya hanya satu titik derajat tarikan, lazimnya pergi menyatel dengan dehumidifikasi, yang tak membawa hal-hal berlebih, dan menyisakan suhu sebagai cadangan terakhir——begitulah urutannya.

Saya tarik satu garis dengan jujur: yang saya buktikan secara langsung hanyalah kisaran sayuran daun di pertanian vertikal. Kerangka besar bahwa dehumidifikasi dan suhu berpengaruh pada satu sumbu ini saya pahami di situ, tetapi dengan VPD konkret berapa paling baik diputar tentu berubah tergantung komoditas dan tahap pertumbuhan, dan itu bukan hal yang bisa saya tegaskan.

VPD bisa dibaca dengan dua alat ukur yang sudah ada

Ketika sumbu derajat tarikan mulai terlihat, mungkin Anda berpikir "kalau begitu, perlu alat ukur baru?". Kesimpulannya, tidak. Karena VPD adalah besaran yang ditentukan dari suhu dan kelembapan, dengan dua alat——termometer dan higrometer yang tergantung di dinding——sudah terjangkau. Baik ditarik dari tabel cepat maupun dihitung dengan rumus

konversi, nilai yang keluar sama. Alih-alih mesin baru, ia bersifat sekadar membaca ulang dua angka yang sudah kita punya bukan sebagai "proporsi", melainkan sebagai "tarikan".

Jika ada yang kurang, itu bukan alat ukur, melainkan "tarikan di mana". Termometer dan higrometer dinding umumnya mengukur udara di tengah ruang. Tetapi tarikan tadi adalah soal yang dirasakan tanaman—daun. Ketika tanaman berderet rapat dan daun merimbun, di dalam rimbun itu rasa udaranya berbeda dari luar. Jika tangan dimasukkan, agak terkurung. Di ruang yang sama berdampingan tempat dengan tarikan kuat dan tarikan lemah. Satu titik di ruang hanya melihat rata-rata itu.

Mengapa pengelolaan kelembapan penting—jebakan khas ruang tertutup

Pertanian vertikal kurang terpengaruh udara luar, tetapi sebaliknya, karena ruang tertutup, kelembapan mudah terkurung. Di sisi yang melemahkan tarikan—yakni sisi kelembapan terlalu tinggi—ada beberapa hal yang berfungsi sebagai rem.

Pertama, **kondensasi**. Air yang tak lagi bisa dipeluk udara keluar sebagai tetesan pada dinding, peralatan, atau daun yang dingin. Tempat yang berkondensasi mudah menjadi sarang jamur, dan jika tetesan menempel di daun, patogen pun mudah berkembang biak. Ia juga mengarah ke korsleting sistem kelistrikan dan korosi logam. Mikroba itu sendiri ada di mana-mana dan tak bisa dihilangkan sepenuhnya. Karena itu sasarannya bukan "tidak memasukkan", melainkan **tidak menambah dan tidak menyebarkan** lewat kondensasi atau pengurungan. Ia bermuara pada tidak menciptakan keadaan yang mudah berkondensasi akibat penanaman rapat yang ventilasinya buruk atau perubahan mendadak suhu ruang.

Dan sisi kelembapan terlalu tinggi juga menjadi pintu masuk **etiolasi**, tempat tanaman memanjang kurus (etiolasi dibahas di paruh akhir bab ini). Sebaliknya, sisi tarikan terlalu kuat pun punya jebakan lain, dan itulah cerita tip burn berikutnya.

Memilah dengan tip burn—"ujung mengering" yang sama, tetapi penyebabnya berlawanan

Jika bicara masalah yang pertama dijumpai lapangan terkait kelembapan, itu adalah **tip burn**, tempat ujung daun mengering dan rapuh. Dan lagi, bukan daun tua, melainkan ujung daun baru, yang tumbuh paling bersemangat, yang terkena.

Berdasarkan cerita tarikan, di sini diperlukan pemilahan. Sebab tip burn keluar **baik dengan tarikan lemah maupun kuat**. Karena itu, dari tampilan gejala saja, tak bisa dibedakan dari sisi mana ia terkena.

Intinya, ini adalah kalsium yang tak sampai ke ujung daun. Kalsium diangkut menumpang aliran transpirasi, dan begitu sampai ke suatu tempat ia adalah nutrisi yang menetap dan tak bergerak lagi. Karena itu, di ujung daun baru, yang paling jauh dan paling menginginkannya, kekurangan muncul paling dulu. Keanehan bahwa justru daun yang bersemangat yang terkena adalah karena permintaannya paling besar.

Di atas itu, dua sisi terbagi menjadi muka dan belakang.

- **Sisi tarikan lemah** (tempat terkurung di balik rimbun): karena aliran itu sendiri tak terjadi, tak bisa diangkut. Ini kemacetan dengan pintu keluar tertutup.
- **Sisi tarikan terlalu kuat** (masa angin menerpa, cenderung mengering, dan tumbuh pesat): meski daun secara keseluruhan mengeluarkan air, kecepatan memanjang lebih cepat, dan sebelum aliran merata sampai ke ujung, ia habis terpakai di sisi tubuh utama. Ada aliran, tetapi ujung tertinggal: bisa dibilang, kalah dalam pendistribusian.

Meski hasil tak sampainya sama, penyebabnya berlawanan: tersumbat, atau kalah dalam pendistribusian. Karena itu, saat menebak, alih-alih gejalanya sendiri, kita lihat bersama "di mana ia keluar" dan "saat itu tarikan menuju sisi mana". Jika keluar di hari deret dalam yang udaranya terkurung terasa berat secara keseluruhan, curigai sisi lemah; jika keluar pada masa tumbuh pesat di tempat angin menerpa, curigai sisi kuat.

Perlu dicatat: karena ini masalah cara mendistribusikan, sekadar memekatkan kalsium larutan nutrisi pun sulit sampai ke daun muda di bagian dalam. Lebih daripada jumlah total, alirannyalah yang membuatnya sampai yang berpengaruh. Penanggulangan tip burn yang berbelit itu sendiri dibahas lagi di paruh akhir bab ini.

Satu langkah yang bisa dilakukan besok, tanpa menambah mesin

Jika, setelah membaca sampai sini, ada langkah pertama yang bisa dilakukan besok tanpa memasukkan mesin baru, saya akan memulai dari memasukkan tangan ke tempat yang tampak tarikannya paling lemah.

Tak perlu alat. Masukkan tangan ke deret terdalam, tempat rimbunnya paling lebat dan udara tampak terkurung. Apakah terasa berat dan terkurung dibanding luar, atau udara bergerak

sebagaimana mestinya? Hanya dengan itu, Anda tahu secara fisik di mana "tempat lemah" ruang Anda. Karena angka di dinding hanya memberi tahu rata-rata ruang, langkah pertama adalah pergi mencari dengan tangan tempat yang tertinggal dari rata-rata itu. Bersamaan itu, jika sekali mengeluarkan VPD dari suhu dan kelembapan saat ini, "saya sedang beroperasi di kisaran mana" mulai terlihat juga dalam angka.

Begitu ditemukan, berikutnya adalah angin. Tanpa memasukkan mesin baru, ubah sedikit arah atau susunan kipas yang sudah berputar dan coba alirkan udara ke bagian dalam itu. Jika pengurungan hilang, tarikan tempat paling lemah mendekati rata-rata ruang dan keragaman mengecil.

Sekadar catatan, ketika musim panas tiba, pasti datang adegan ditanya "tak bisakah biaya listrik dehumidifikasi diturunkan?". Mengendurkan dehumidifikasi berarti mengayun ke sisi yang melemahkan tarikan. Jika seluruh ruang dikendurkan seragam, yang pertama menjerit bukan nilai rata-rata, melainkan deret dalam, yang paling lemah. Karena itu, sebelum "diturunkan berapa persen", pangkas dulu keragaman dan naikan plafon tempat lemah—penilaian mengendurkan tak terlambat jika setelah itu. Penentuan seputar ini, yakni lebar tarikan optimal dan keseimbangan dengan biaya, jika ditelusuri mendalam menjadi cerita satu buku penuh. Kelanjutan cara berpikirnya saya serahkan ke «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Terakhir satu hal. Yang saya buktikan secara langsung hanyalah kisaran sayuran daun di pertanian vertikal, dan cerita hari ini pun perkiraan dari kesan pengalaman langsung itu. Jika komoditas atau peralatan berubah, cara munculnya tempat lemah maupun cara kerja angin tentu juga berubah. Karena itu, terimalah langkah ini pun bukan sebagai jawaban, melainkan sebagai pegangan pertama untuk meragukan lapangan Anda sendiri.

Setelah suhu dan kelembapan, kita arahkan pandangan ke isi udara itu sendiri—CO₂ yang dipakai tanaman sebagai bahan fotosintesis. Di sini pun yang berpengaruh bukan hanya "seberapa banyak ada", melainkan "apakah sampai ke daun".

Pemanfaatan CO₂



Tanaman menyerap CO₂ dari udara lewat fotosintesis dan membuat nutrisi seperti gula untuk tumbuh. Konsentrasi CO₂ normal di udara sekitar 400 ppm, tetapi di pertanian vertikal, dengan menaikannya, fotosintesis terdorong dan pertumbuhan mempercepat. Sebagai patokan konsentrasi dalam ruang, lazimnya akhirnya dinaikkan hingga sekitar 1.000 ppm (angka "1.000 ppm" ini adalah konsentrasi akhir yang dijadikan sasaran, bukan jumlah yang ditambahkan).

Dengan menaikkan konsentrasi, secara garis besar dapat diharapkan efek berikut.

- Jika cahaya dan suhu cukup, kecepatan pertumbuhan naik dan periode hingga panen bisa dipersingkat
- Jika kondisi itu terkumpul, jumlah panen per luas yang sama pun bisa ditambah
- Fotosintesis menjadi aktif dan tanaman tumbuh kokoh

Metode menaikkan konsentrasi

Pekerjaan menaikkan konsentrasi CO₂ disebut "aplikasi CO₂". Cara pasokannya terutama ada 3.

1. Tabung gas karbonat: cocok untuk fasilitas yang relatif kecil. Bisa diperkenalkan dengan murah, tetapi perlu pekerjaan mengganti tabung dan ruang penyimpanan
2. CO₂ cair: untuk fasilitas berukuran sedang hingga besar. Bisa memasok dalam jumlah besar, tetapi memerlukan biaya pengadaan
3. Generator CO₂ tipe pembakaran: membuat CO₂ dengan membakar minyak tanah atau gas alam. Biaya operasionalnya relatif murah, tetapi karena bersama CO₂ keluar pula panas, uap air, dan gas pembakaran, di fasilitas cahaya buatan tertutup diperlukan penanganan panas buang, kenaikan kelembapan, dan gas pembakaran

(kondisi penerapannya berbeda dari rumah kaca)

Metode mana yang dipilih berubah menurut skala, anggaran, dan tanaman. Namun, cara memilih perangkat adalah cerita yang berpremis "apakah sampai" yang akan dibahas nanti, dan metode mana pun yang dipilih, jika tak bisa diangkut ke sekitar daun, efeknya sama-sama terganggu. Untuk perbandingan biaya antarmetode dan penilaian pemilihan, cukup memegang kerangka cara berpikir dan memadatkannya di 172 kiat.

Pengelolaan konsentrasi itu sendiri lazimnya menggabungkan sensor CO₂ dan perangkat kendali. Sensor mengukur konsentrasi dalam ruang secara real-time, dan perangkat kendali secara otomatis menambah-kurang jumlah pasokan berdasarkan nilai itu.

Meter menunjuk 1.000, tetapi hanya deret dalam yang tak tumbuh

Dari sini adalah poin yang paling sering tersangkut di lapangan.

Banyak lapangan memutar CO₂ sebagai "dijaga di 1.000 ppm" dan Climate Control sebagai "mematuhi nilai pengaturan", dengan penanggung jawab berbeda dan meter berbeda. Namun terjadi bahwa, meski meter menunjuk 1.000, di dalam ruang yang sama hanya deret dalam yang pertumbuhannya melambat. Awalnya kita kira fotosintesis mentok, tetapi jika dilihat baik-baik, deret dekat lubang embus tidak begitu, dan hanya deret dalam, tempat udara tak bergerak, yang lambat. Jika begini, ini, alih-alih masalah jumlah CO₂, adalah cerita apakah udara bergerak atau tidak.

Mengapa begitu? Daun yang sedang berfotosintesis menyerap CO₂ tepat di dekat permukaannya dan membuat di situ lapisan bagaikan selaput tipis. Ini disebut "lapisan batas daun". Jika udara di sini tak bergerak, yang terserap tak terisi ulang, dan hanya sekitar daun yang tetap berkonsentrasi tipis. Konsentrasi sekitar daun, pada akhirnya, ditentukan oleh pengurangan "seberapa banyak udara mengangkut ulang yang diserap daun". Karena itu, meski meter ruang menunjuk 1.000 ppm, di permukaan daun di zona tanpa angin di bagian dalam, kadang hanya diperoleh jumlah yang lebih rendah dari itu. Ada yang terlintas di benak Anda?

Pada sayuran daun di pertanian vertikal yang sepenuhnya cahaya buatan, jika cahaya tetap dengan LED, perbedaan pertumbuhan per deret tak bisa dijelaskan dengan "cahaya kurang". Angka meter adalah nilai di suatu titik ruang, dan belum tentu sekitar daun deret dalam sama. Masalahnya adalah "seberapa banyak sebenarnya sampai ke sekitar daun", padahal selama

meter satu titik, aplikator CO₂, dan Climate Control dilihat masing-masing terpisah, selisih itu tak terlihat.

Konsentrasi dan aliran udara adalah masalah yang berbeda

Yang perlu dipegang di sini adalah bahwa **konsentrasi CO₂ dan aliran udara adalah masalah yang berbeda.**

Seberapa pun aplikator ditambah dan seluruh ruang dijadikan 1.200, 1.300 ppm, jika tak ada gerakan di sekitar daun, lapisan batas tetap tipis dan deret dalam tetap lambat juga.

Sebaliknya, deret dekat lubang embus, bahkan dengan aliran lemah, udaranya berganti, jadi dengan 1.000 ppm yang sama pun sampai sebagaimana mestinya. Artinya, seberapa banyak sampai tidak ditentukan oleh jumlah yang dikirim, melainkan oleh metode aplikasi dan cara membuat aliran udara. Sebelum menambah jumlah, pertama ragukan dulu "apakah sedang diangkut".

Lagi pula, bukan berarti CO₂, sebanyak apa pun ditambah, bekerja tanpa batas. CO₂ yang bisa dipakai fotosintesis punya plafon, dan di pertanian vertikal yang cahaya dan suhunya tetap, di atas konsentrasi tertentu, sebanyak apa pun ditambah, tambahan hasilnya mengecil. Yang mudah tertukar di sini adalah keadaan "sudah jenuh dan mentok" dan keadaan "tampak mentok karena tak terangkut ke dalam". Padahal sebenarnya hanya pengangkutan yang tersumbat, jika dikira sudah jenuh lalu menambah aplikator atau menaikkan konsentrasi tabung, di akhir bulan hanya tersisa angka "biaya CO₂ naik tetapi hasil tak berubah". Inilah pola yang paling membuang uang.

Pegangan untuk memilah tidaklah sulit. Tempelkan kertas ringan atau tisu yang dipotong tipis di ujung tongkat dan dekatkan ke ketinggian daun. Bahwa di depan berkibar dan di dalam menggantung tak bergerak sudah cukup menunjukkan bahwa "di sini tak sedang diangkut". Di atas itu, di lapangan yang sudah diketahui bagian dalamnya tanpa angin, sebelum menambah CO₂ tinggi, kadang lebih berpengaruh mengubah arah angin ke genangan di bagian dalam, atau menambah kipas sirkulasi kecil. Cara menimbulkan angin itu sendiri dibahas setelah ini, di "Pengelolaan Climate Control dan angin".

CO₂ adalah salah satu unsur dasar pertanian vertikal, sejajar dengan cahaya, air, dan suhu. Seberapa pun cahaya atau suhu diatur, tanpa CO₂ tanaman tak tumbuh. Tetapi ingatlah bahwa yang penting dalam aplikasi bukan hanya "konsentrasi ruang dijadikan berapa",

melainkan "apakah jumlah itu terangkut sampai ke daun di bagian dalam". Penentuan konsentrasi optimal, serta penilaian biaya dan pengembalian per metode, langkah yang lebih mendalam itu, dibahas rinci di «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal». "Apakah terangkut sampai ke daun" yang berkali-kali muncul di soal CO₂—pengangkutnya adalah angin. Suhu, kelembapan, maupun CO₂, pada akhirnya sampai ke daun menumpang aliran udara. Di sini kita lihat angin itu sendiri, yang mengangkut semuanya bersama-sama.

Pengelolaan Climate Control dan angin

Kita telah melihat suhu, kelembapan, dan CO₂, dan meski tampak dikelola terpisah dengan peralatan terpisah, sebenarnya mereka terhubung dalam satu utas. Satu utas itu adalah aliran udara, yakni angin. Pertanian vertikal kurang terpengaruh udara luar, tetapi sebaliknya, karena ruang tertutup, udara mudah tergenang dan, jika dibiarkan, terbentuk genangan udara. Seberapa pun suhu, kelembapan, dan CO₂ diatur, jika udara itu tak bergerak sampai ke tempat daun, tak ada artinya. Angin adalah pengangkut yang membuat semuanya sampai bersama-sama ke daun.

Peran yang dijalankan angin

Angin, secara garis besar, punya peran berikut.

- **Mengantar CO₂ sampai ke daun:** meski meter ruang menunjuk 1.000 ppm, itu nilai di suatu titik ruang. Di tempat udara tak bergerak, yang diserap daun tak terisi ulang, dan hanya sekitar daun yang menipis. Ada situasi di mana lebih berpengaruh menggerakkan udara daripada menambah jumlah aplikasi.
- **Meratakan keragaman suhu-kelembapan:** akibat pengaruh penerangan atau Climate Control, tergantung tempat muncul perbedaan suhu dan kelembapan. Khususnya antara tingkat atas dan tingkat bawah rak bertingkat, perbedaan suhu mudah muncul, dan angin meratakannya.
- **Mengganti udara permukaan daun:** di permukaan daun ada lapisan udara tipis bernama "lapisan batas daun", dan jika ia tak bergerak, keluar-masuknya CO₂ dan uap air tersendat. Angin menggerakkan lapisan ini dan membantu keluar-masuk.
- **Tidak menimbun kelembapan:** di ruang tertutup tempat kelembapan mudah naik, mengangkut keluar uap air yang terkurung di sekitar daun pun pekerjaan angin. Karena

kuman selalu ada, alih-alih menutup pintu masuk, lebih berpengaruh tidak membiarkannya terkurung dan tidak menyebarkannya.

Angin lebih soal "cara mendistribusikan" daripada "jumlah total"

Untuk menimbulkan angin, terutama dipakai "kipas embus" dan "fungsi embus peralatan Climate Control". Kipas embus bertindak secara setempat dan Climate Control memutar angin ke seluruh fasilitas: begitu pembagian perannya.

Yang perlu diingat di sini adalah bahwa **angin bukan soal dikuatkan saja**. Jika debit udara dinaikkan agar sampai ke bagian dalam, kali ini daun di depan terlalu kering atau menerima stres. Karena dengan satu kenop debit semuanya terhubung, menegakkan bagian dalam membuat bagian depan tak tegak. Yang benar-benar berpengaruh, lebih daripada menaikkan jumlah total, adalah "cara mendistribusikan". Misalnya, menambah kipas sirkulasi kecil hanya di bagian dalam atau celah rak, tempat udara mudah tergenang, dan menggerakkan hanya satu titik yang menipis. Dengan begini tak perlu menaikkan debit udara keseluruhan.

Dasar cara mendistribusikan pun tidak sulit.

- Jangan menempatkan kipas embus saling berhadapan, melainkan buat angin berputar satu kali dalam arah yang sama di seluruh fasilitas (jika aliran saling meniadakan, genangan tersisa)
- Sudut yang sulit dijangkau putaran angin adalah langganan genangan, jadi arahkan angin ke sana secara terfokus
- Jika ingin meratakan perbedaan suhu per tingkat rak, arah vertikal; jika ingin menyeragamkan bedeng budidaya yang luas, arah horizontal——pilih arah menurut kasus
- Jangan terus mengarahkan angin langsung ke daun. Alirkan dari atas atau samping tanaman (jika terpaan langsung diteruskan, daun rusak)

Genangan ditemukan lewat suhu-kelembapan

Pengelolaan Climate Control dan angin, jika dasarnya dipegang, sederhana. Area tempat udara tergenang mulai terlihat jika suhu atau kelembapan diukur. Di ruang yang sama, tempat hanya deret dalam yang suhunya tinggi atau kelembapannya tinggi, itulah genangan. Jika kertas ringan ditempel di ujung tongkat dan didekatkan ke ketinggian daun, ketiadaan angin

terlihat mata: di depan berkibar dan di dalam menggantung tak bergerak. Begitu keragaman ditemukan, sesuaikan cara mengarahkan embus dan perbaiki sedikit demi sedikit. Dengan ini sebagian besar cukup.

Namun, ketika sampai ke titik di mana, akibat cara menyusun rak atau bentuk ruang, kipas ditambah pun angin tak berputar, kita masuk ke wilayah merancang ulang aliran udara itu sendiri lewat perhitungan. Itu menjadi pula penilaian investasi besar, jadi pegang saja pintu masuk cara berpikir, dan perancangan yang lebih mendalam dibahas di «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Setelah cahaya, air, dan udara diatur, unsur terakhir adalah nutrisi. Di hidroponik, semua nutrisi yang dibutuhkan tanaman kita berikan, dilarutkan dalam air, dengan tangan manusia. Pertama-tama, kita lihat dari cara memperlakukan pupuk itu sendiri, yang menjadi asalnya.

Penanganan pupuk

Di hidroponik, pupuk dilarutkan dalam air untuk membuat larutan nutrisi. Pada bagian ini kita lihat bagaimana memperlakukan pupuk itu sendiri. Bagaimana mengukur dan memperbarui larutan nutrisi saya serahkan ke bagian berikutnya, dan di sini saya batasi pada "apa dan bagaimana meramunya".

Syarat pupuk yang dituntut di pertanian vertikal

Premis saat memilih pupuk yang dipakai di pertanian vertikal adalah tiga poin berikut.

- Larut air: di hidroponik, pupuk sampai ke tanaman dalam keadaan larut dalam air. Harus mudah larut dalam air dan mudah diserap
- Kemurnian: memakai pupuk berkemurnian tinggi dengan sedikit pengotor menstabilkan keseimbangan komponen larutan nutrisi dan menurunkan risiko hambatan pertumbuhan
- Kerja cepat: karena menargetkan panen dalam waktu singkat, cocok kerja cepat yang segera diserap tanaman

Pupuk tunggal dan pupuk majemuk

Pupuk ada dua jenis: "pupuk tunggal" dan "pupuk majemuk". Pupuk tunggal hanya mengandung nutrisi tertentu seperti nitrogen, fosfat, atau kalium. Pupuk majemuk adalah pupuk yang mencampur lebih dulu nutrisi yang diperlukan.

Keuntungan memakai pupuk majemuk

- Praktis: yang diperlukan sudah teramu, dan menghemat kerepotan persiapan dan pengelolaan
- Produk sesuai tujuan: ada produk yang disesuaikan dengan tanaman dan tahap pertumbuhan, seperti untuk sayuran daun atau sayuran buah

Keuntungan memakai pupuk tunggal

- Suplai tepat sasaran: berdasarkan hasil analisis larutan nutrisi, hanya nutrisi yang kurang yang bisa disuplai
- Ramuan orisinal: dengan menggabungkan beberapa pupuk tunggal, bisa dibuat ramuan sendiri

Mana yang dipakai tergantung kebijakan budidaya. Namun, pada tahap baru mulai dan belum tahu mana yang dipakai, disarankan masuk dari pupuk majemuk lebih dulu. Ramuan pupuk tunggal mulai bermakna setelah mulai diputar.

"Murah karena pupuk tunggal" belum tentu benar

Motif menyentuh pupuk tunggal umumnya "membuatnya lebih murah daripada pupuk majemuk pasaran". Harga satuan bahan bakunya sendiri memang cenderung turun. Tetapi sebagai gantinya, sebagai imbalan biaya pupuk, ikut menumpang jam-orang peramu, kerepotan pengukuran, stok beberapa jenis yang harus dipegang, dan limbah yang keluar karena tak habis terpakai. Jika hanya sedikit dan sesekali memproduksi, kepraktisan pupuk majemuk kadang menang. Murah atau tidak tergantung skala dan operasi, dan dengan hanya melihat biaya pupuk, tak bisa diputuskan siapa yang menang.

Nilai sejati pupuk tunggal, lebih daripada murah, ada pada kebebasan untuk menggerakkan isinya menyesuaikan tanaman dan tahap. Isi yang di pupuk majemuk ditetapkan dalam satu bongkah bisa disentuh dalam satuan ion. Apakah kebebasan itu diperlukan atau tidak adalah percabangan apakah maju ke pupuk tunggal atau tidak.

Meski EC pas, belum tentu isinya pas

Di sini saya letakkan satu hal yang mudah disalahpahami di lapangan.

Kepekatan larutan nutrisi diukur dengan EC (konduktivitas listrik), tetapi EC hanya melihat jumlah total seluruh ion yang terlarut. Meski jumlahnya sama, rinciannya tak tercermin pada

meter EC. Baik nitrogen banyak dan kalium sedikit, maupun sebaliknya, meter menunjukkan angka yang sama.

Yang membuat ini berpengaruh adalah metode sirkulasi, yang memakai ulang larutan nutrisi. Karena tanaman tak menyerap ion secara merata, jika disirkulasikan dengan ramuan tetap, terjadi bahwa EC terjaga tetapi hanya ion tertentu yang berkurang diam-diam. Khususnya unsur mikro seperti klorida, besi, atau mangan cenderung lebih dulu mengering tanpa menumpang gerakan EC. Saat "EC pas tetapi entah mengapa pertumbuhan tak bersinar", kadang bias rincian inilah yang ada di baliknya. Karena itu, membatasi pada satu-dua ion yang kurang tercermin di EC dan mudah berkurang, lalu sesekali memeriksanya satu per satu—hanya dengan ini pun, susut yang tak disadari lewat satu garis EC bisa lebih cepat terjangkau.

Memisahkan larutan A dan B itu untuk kalsium dan fosfat/sulfat

Baik dengan pupuk majemuk maupun pupuk tunggal, ada tipe yang dibuat dengan memisahkan larutan induk ke dua tangki (larutan A dan larutan B). Mengapa ini diperlukan, yang penting adalah jangan salah memahami alasannya.

Yang dipisahkan adalah kalsium dan "fosfat/sulfat", agar tak dipertemukan dalam keadaan pekat. Kalsium, jika berada bersama fosfat atau sulfat dalam konsentrasi tinggi, membentuk endapan. Jati diri benda putih yang menumpuk di dasar umumnya adalah kalsium fosfat ini. Karena itu kalsium nitrat dikumpulkan di satu tangki, dan jenis fosfat serta sulfat di tangki lain, dan larutan pekat tak dicampur langsung. Karena dengan pengenceran konsentrasi turun, dalam larutan nutrisi akhir kalsium dan fosfat/sulfat berdampingan tanpa masalah. Endapan yang menakutkan, lagi pula, hanya soal di dalam larutan pekat.

Sekadar catatan, sering dikatakan "memisahkan kalsium dan magnesium", tetapi yang harus dipisahkan adalah kalsium dan fosfat/sulfat. Dan karena endapan makin mudah muncul makin tinggi suhu air (kalsium fosfat, jika dihangatkan, justru lebih sulit larut), pembuatan larutan pekat di musim panas perlu kehati-hatian khusus.

Ramuan "dari ion", bukan "dari EC sasaran"

Lalu bagaimana jumlah ramuan, yang pokok, ditentukan?

Saat belum terbiasa, kita cenderung memasukkan jumlah dari tabel ramuan agar EC kira-kira sama dengan tahun lalu, menyetel dengan meter EC, dan selesai. Tetapi, seperti yang telah dilihat, EC tak melihat rincian. Alur yang benar justru sebaliknya: tetapkan dulu konsentrasi sasaran tiap ion, lalu dari situ hitung mundur jumlah pupuk tunggal. EC bukan sasaran yang dituju untuk disetel di awal, melainkan alat untuk memastikan di akhir "apakah sudah melenceng": begitu urutannya.

Saat ini, kiatnya adalah menyamakan berdasarkan reaktivitas ion, bukan berat, dan di sini muncul satuan mEq/L (miliekuivalen per liter). Sebab antara kalium monovalen dan kalsium divalen, dengan berat yang sama, reaktivitasnya berbeda hampir dua kali lipat. Meski begitu, menghitung ini dengan tangan setiap kali tidak realistis di lapangan. Dalam praktik dihitung dengan lembar hitung atau alat desain pemupukan.

Ramuan pupuk adalah salah satu pekerjaan penting pertanian vertikal. Diperlukan pengalaman maupun data, dan lambat laun mengakar sebagai keterampilan meramu Anda sendiri. Sebagai rujukan, saya juga menyiapkan lembar desain pemupukan gratis "SimpleFert" yang saya buat berdasarkan pengalaman lapangan. Cukup memasukkan informasi yang diperlukan untuk menghitung jumlah ramuan.

Prosedur hitung mundur konkret dalam mEq/L—dari pupuk tunggal mana mulai mengisi, bagaimana mengurangi ion yang ikut masuk, bagaimana menggerakkannya menyesuaikan tahap pertumbuhan dan suhu air—adalah pembahasan yang masuk ke isi desain ramuan, jadi dirangkum di «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal». Di sini, milikilah dulu sikap ini saja: "tabel ramuan bukan nilai tetap yang dihafal, melainkan cetak biru yang disusun ulang ketika premis runtuh".

Jika pupuk dilarutkan dalam air, jadilah larutan nutrisi. Bagaimana mengukur dan menjaga larutan nutrisi itu sehari-hari—di sinilah pekerjaan inti keseharian hidroponik.

Pengelolaan larutan nutrisi



Melarutkan pupuk dalam air itulah yang menghasilkan larutan nutrisi. Di pertanian vertikal, larutan nutrisi ini menjadi urat nadi yang menentukan pertumbuhan tanaman. Pada bagian sebelumnya kita lihat cara memilih pupuk itu sendiri; di sini adalah cerita bagaimana mengelola sehari-hari larutan nutrisi yang melarutkannya.

Nutrisi yang terkandung dalam larutan nutrisi

Di hidroponik, sebagai pengganti tanah, dipakai larutan nutrisi yang mencampur air dan pupuk. Nutrisi utama yang terkandung dalam larutan nutrisi adalah sebagai berikut.

- Nitrogen (N): mendorong pertumbuhan daun dan batang, tak tergantikan untuk sintesis protein dan klorofil. Kekurangannya menguningkan daun
- Fosfat (P): mendorong perkembangan akar serta pembentukan bunga dan buah, dan terlibat dalam metabolisme energi. Kekurangannya memperburuk perkembangan akar
- Kalium (K): mendorong fotosintesis dan menaikkan ketahanan terhadap penyakit. Terlibat pula dalam pengaturan air dalam sel. Kekurangannya mengeringkan tepi daun
- Kalsium (Ca): menguatkan dinding sel dan menstabilkan pertumbuhan. Kekurangannya membuat daun baru cacat atau membusukkan ujung buah
- Magnesium (Mg): komponen klorofil, tak tergantikan untuk fotosintesis. Kekurangannya menguningkan antartulang daun
- Belerang (S): komponen protein, terlibat pula dalam pengaktifan enzim. Kekurangannya menguningkan daun secara keseluruhan

Ini disebut unsur makro, dan kekurangan satu pun membuat tanaman tak tumbuh. Selain itu, nutrisi yang disebut unsur mikro, meski sedikit jumlahnya, juga penting.

Dasar pengelolaan larutan nutrisi: EC dan pH

Indikator yang sangat penting dalam pengelolaan larutan nutrisi ada dua: "EC" dan "pH".

Pertama, kita pegang kedua ini.

EC (konduktivitas listrik)

EC adalah singkatan dari "Electrical Conductivity (konduktivitas listrik)" dan menyatakan kemudahan listrik mengalir. Karena ketika pupuk larut dalam air listrik lebih mudah mengalir, dengan melihat EC kita tahu secara tak langsung konsentrasi pupuk yang larut dalam larutan nutrisi.

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

Jika EC terlalu tinggi, tanaman tak bisa lagi mengisap air dan ada bahaya mengering.

Sebaliknya, jika terlalu rendah, pertumbuhan terhenti karena kekurangan pupuk.

Menyesuaikan konsentrasi EC yang tepat menurut jenis tanaman dan tahap pertumbuhan adalah titik awal pengelolaan larutan nutrisi.

pH (konsentrasi ion hidrogen)

pH menunjukkan derajat keasaman/kebasaan larutan nutrisi. Tempat sebagian besar tanaman menyerap nutrisi paling efisien adalah di sekitar pH 5,5–6,5, sedikit asam. Keluar dari rentang ini, timbul masalah berikut.

- Hambatan penyerapan nutrisi: nutrisi dalam larutan nutrisi sulit diserap
- Gangguan pertumbuhan: perkembangan akar memburuk atau warna daun memburuk
- Penyerapan unsur mikro tak cukup: besi, mangan, dan lain-lain sulit diserap, yang mengarah ke pertumbuhan buruk

Karena pH menentukan kemudahan larut nutrisi itu sendiri, dasarnya pertama-tama menampung dalam rentang ini. Namun, pH bergerak sendiri seiring akar menyerap ion. Ia bukan nilai yang sekali disetel lalu selesai, dan tergantung tanaman serta media pun punya rentang gerak, jadi anggaplah sebagai objek yang dilihat setiap hari.

Membuat larutan nutrisi

Untuk membuat larutan nutrisi, air dan pupuk dicampur dalam perbandingan yang tepat.

1. **Persiapan air:** dipakai air keran, sumur, air saring, dan lain-lain, tetapi kasus air keran yang paling sering. Jika memakai pupuk yang mengandung nitrogen amonium, klorin sisa dihilangkan dengan mendiamkan air atau dengan natrium tiosulfat, dan lain-lain 2. **Persiapan pupuk:** jika memakai pupuk majemuk, jumlah yang tepat dilarutkan dalam air mengikuti petunjuk produk. Untuk sistem sirkulasi, efisien menyiapkan larutan induk (larutan stok) berkonsentrasi sekitar 100 kali larutan nutrisi akhir dan menjadikannya larutan nutrisi akhir sambil mengencerkan dengan injektor atau perangkat suplai otomatis (bukan "larutan encer 100 kali", melainkan larutan pekat 100 kali sebelum diencerkan) 3. **Pencampuran:** pupuk dilarutkan sedikit demi sedikit dalam air sambil diaduk rata. Karena kalsium menimbulkan endapan dalam larutan pekat konsentrasi tinggi bersama fosfat dan sulfat, ada tipe yang membuat tangki larutan induk terpisah menjadi A dan B (dalam larutan nutrisi akhir setelah diencerkan, kalsium dan fosfat/sulfat berdampingan) 4. **Penyetelan EC dan pH:** diukur dengan meter EC dan meter pH dan, jika perlu, disetel. Nilai EC, jika di bawah sasaran tambahkan pupuk, jika di atas tambahkan air untuk mengencerkan. Nilai pH, jika rendah tambahkan sedikit demi sedikit zat penaik pH, jika tinggi zat penurun pH

Mengelola larutan nutrisi

Selama budidaya, larutan nutrisi tak selalu dalam keadaan tetap. Pengelolaan harian mengikuti alur berikut.

1. **Pengukuran:** nilai EC dan nilai pH diukur minimal sekali sehari (jika frekuensi diturunkan, penangkapan perubahan terlambat). Dengan menyamakan waktu pengukuran pada jam yang sama setiap hari, lebih mudah membandingkan perubahan harian. Di lingkungan berskala besar, pengukuran manual punya batas 2. **Pencatatan:** nilai terukur dicatat tanpa kecuali. Bisa menangkap perubahan dan berguna pula untuk menelusuri penyebab saat masalah timbul. Buku catatan maupun perangkat lembar hitung sama-sama boleh 3. **Penyetelan:** jika menyimpang dari nilai sasaran, disetel. Karena pH, jika dimasukkan banyak sekaligus, kadang mengendapkan komponen pupuk, ditambahkan sedikit demi sedikit 4. **Pembaruan larutan nutrisi:** jika budidaya diteruskan sementara waktu, keseimbangan komponen pupuk rusak atau komponen tak perlu menumpuk. Dilakukan "pembaruan larutan nutrisi", mengganti larutan secara berkala. Frekuensinya tergantung tanaman dan musim, tetapi umumnya patokannya sekali setiap 2–3 bulan. Sayuran daun yang tumbuh cepat konsumsinya cepat, jadi frekuensi dinaikkan, dan di musim panas mikroorganisme menjadi aktif dan degradasi

mempercepat, jadi dimajukan

Situasi "tak tahu penyebabnya, tetapi entah mengapa pertumbuhan kurang baik" itu lazim. Dengan menumpuk pengalaman, dugaan penyebab bisa muncul, tetapi saat masih pemula tak semudah itu. Saat seperti itu, mencoba melakukan pembaruan larutan nutrisi juga satu langkah. Bisa mengambil pilihan ini saat sedang kebingungan juga salah satu keunggulan hidroponik

5. **Pengamatan:** bukan hanya nilai EC dan nilai pH, tetapi kondisi tanaman pun diamati baik-baik. Jika ada perubahan warna atau bentuk daun, atau situasi pertumbuhan, mungkin ada masalah pada larutan nutrisi

Cara berpikir pengelolaan sanitasi

Tangki larutan nutrisi dan perpipaan dibersihkan secara berkala. Sebab jika alga atau kotoran menumpuk, patogen mudah berkembang biak.

Namun, bicara sanitasi, kita cenderung condong ke cerita pintu masuk "dari mana tidak memasukkan kuman", padahal rasa lapangan sedikit berbeda. Kuman sejak awal tak bisa dihilangkan sepenuhnya dan ada di mana-mana. Karena itu yang penting adalah "tidak menambah" dan "tidak menyebarkan" kuman. Dengan alga pun sama: banyak yang mengkhawatirkannya, tetapi ia tetap muncul juga. Meski tampilannya buruk dan kotor, alih-alih menargetkan nol, tak ada masalah dengan sikap mengelolanya agar tak bertambah berlebihan. Alih-alih bersandar pada sanitasi kimia dan terus memukulnya, menjaga keadaan di mana larutan nutrisi tak tergenang dan bersirkulasi normal, pada akhirnya lebih stabil.

Sekadar menyetel saja tak cukup——DO dan lencengan rincian

Sampai sini adalah dasar pengelolaan larutan nutrisi. Setiap pagi meter ditempelkan, EC maupun pH sesuai sasaran. Angka laporan harian tersusun rapi. Meski begitu, entah bagaimana kondisinya buruk. Terdengar familier?

Banyak lapangan yang dengan sekadar menyetel hampir cukup, tetapi ketika muncul gangguan yang tak ter jelaskan meski sudah disetel, ada dua poin yang mudah terlewat. Satu adalah oksigen terlarut (DO); satu lagi, lencengan "rincian" nutrisi.

Oksigen terlarut (DO) bukan nilai yang disetel, melainkan nilai yang diawasi

Meski EC dan pH dikelola berdampingan, yang dilihat umumnya kedua ini, dan DO cenderung tertunda. Yang merepotkan, masalah tak selalu datang dengan wajah yang sama. EC maupun pH sesuai sasaran, tetapi entah bagaimana kondisinya buruk. Saat ditengok kembali kemudian, masa itu selalu ketika suhu air sedang naik, atau akar bertambah dan padat, dan mungkin DO sedang turun——begitulah ia datang.

EC dan pH adalah nilai yang baru bermakna ketika akar benar-benar bisa menyerap nutrisi. Penyerapan itu berputar lewat respirasi akar, dan respirasi butuh oksigen. Karena itu, ketika DO turun, seberapa pun EC dan pH disetel sesuai sasaran, di sisi akar tak bisa diserap sepenuhnya. Ini keadaan semua sudah siap di atas meja, tetapi tak ada yang menggerakkannya.

Lagi pula, DO bukan nilai yang, seperti EC atau pH, didekati ke sasaran setiap hari. Ia nilai yang keluar sebagai hasil dari kondisi seperti suhu air, jumlah akar, laju aliran, dan aerasi. Sarana untuk menggerakkannya——metode aerasi atau pengaturan suhu air——pun umumnya ditentukan di sisi peralatan, dan bukan kenop yang bisa diputar sehari-hari di lapangan. Karena itu, yang bisa dilakukan terhadap DO, alih-alih mengoperasikan nilainya sendiri, adalah memastikan apakah ia tak sedang turun dan membaca lebih dini kemiringan yang menuju perburukan. Anggaplah ia bukan objek yang ditetapkan satu nilai sasaran lalu didekati setiap hari, melainkan objek yang diawasi agar tak jatuh di bawah suatu tingkat tertentu.

Dalam kisaran saya memutar sayuran daun di pertanian vertikal, saya menjadikan patokan sisi aman untuk tak membiarkan oksigen terlarut jatuh di bawah 5 mg/L dan, jika bisa, menjaga sekitar 8 mg/L. Namun ini bukan ambang mutlak yang berlaku di mana-mana, melainkan patokan batas bawah. Alih-alih "makin tinggi makin berpengaruh", anggaplah sebagai garis yang dipasang agar tak membiarkannya jatuh di bawah sini. Saat mencatat, alih-alih meninggalkan nilai absolut DO di satu titik, lebih baik meninggalkan suhu air dan DO sepasang. Karena ketika suhu air naik, plafon oksigen yang larut dalam air itu sendiri turun, dengan DO yang sama pun penurunan saat suhu air tinggi tak punya cadangan.

Satu hal yang perlu diingat justru fakta bahwa, pada masa masalah, EC dan pH tampak sesuai sasaran. Itu tak menjadi dasar untuk "maka larutan nutrisi tak bermasalah". Justru sebaliknya: ketika DO lolos dan penyerapan melambat, karena tak terkonsumsi, EC dan pH tampak stabil. Bahwa angka yang tertata rapi sebenarnya adalah kebalikan dari tak

terpakainya——kemungkinan itu ada.

EC hanya bercerita soal jumlah total

Bersama DO, hal lain yang mudah terlewat adalah sifat EC itu sendiri. EC adalah angka yang menyatukan kepekatan keseluruhan dalam satu bongkah. Ia menjumlahkan semua kepekatan ion terpisah——nitrat, kalium, kalsium, magnesium——menjadi satu konduktivitas. Karena itu, meski jumlahnya sesuai sasaran, belum tentu proporsi isinya pas.

Lagi pula, rincian itu melenceng sendiri meski dibiarkan. Karena akar tak menyerap ion secara merata, menurut tahap pertumbuhan dan komoditas muncul yang banyak diserap dan yang tersisa tak terserap. Misalnya, pada masa banyak menyerap kalium, meski dengan larutan suplai dikembalikan ke EC yang sama, sementara jumlah total disetel dengan menambah kalium yang berkurang, ion lain yang tersisa tak terserap menumpuk perlahan. EC sama, tetapi isinya condong ke sesuatu yang berbeda dari larutan yang dibuat di awal. Makin dipakai ulang larutan dalam sirkulasi, makin menumpuk lencengan ini.

Artinya, "EC pas tetapi kondisinya buruk" bukan sekadar soal kesan. Pada saat dibulatkan menjadi satu angka, EC, informasi rincian sudah hilang. Tetapi mengukur tiap ion satu per satu setiap hari pun tak realistis. Sebaliknya, teruskan memakai EC dengan menerimanya sebagai pengelolaan jumlah total dan, di atas itu, milikilah premis bahwa "meski jumlah total pas, rincian bisa melenceng". Dan lencengan rincian ditekan dengan operasi——pembaruan larutan nutrisi berkala dan, jika tanda muncul, membuatnya ulang lebih awal. Dengan ini cukup. Saya sebutkan beberapa tanda yang menjadi bahan penilaian untuk memajukan jadwal.

| Tanda | Rincian | | --- | --- | | Ketidakstabilan EC | Diperlukan penyetelan sering, atau ada fluktuasi tak terduga | | Perubahan pH mendadak | Meski pH disetel langsung kembali ke nilai anomali, atau fluktuasinya besar | | Warna atau bau larutan nutrisi | Keruh, berubah warna, atau berbau tak sedap | | Stagnasi pertumbuhan | Tunas baru tumbuh lambat, daun kecil, batang kurus | | Memburuknya kondisi akar | Terlihat kecokelatan, melunak, atau matinya ujung akar | | Munculnya penyakit | Pembusukan akar atau penyakit daun bertambah |

Gangguan muncul bukan di hari itu, melainkan beberapa minggu kemudian

Baik DO maupun lencengan rincian punya sifat yang sama. Keruntuhan muncul bukan di hari itu, melainkan tampil dengan jeda. Meski angka hari ini dalam rentang normal, keruntuhan itu

kembali berupa hasil atau kelas mutu beberapa minggu kemudian. Karena itu, jika log larutan nutrisi dibaca ulang bukan hanya dengan "berapa hari ini", melainkan dengan mata "adakah minggu yang runtuh, dan saat itu apa yang bergerak di sisi kondisi", barulah ia terhubung dengan pertumbuhan. Melangkah satu langkah di sini, merancang pencatatan sebagai KPI, dan menyusun ulang lencengan rincian dengan pupuk tunggal—penilaian operasi yang lebih mendalam itu dibahas rinci di 172 kiat.

Rasa bergerak lewat operasi, bukan metode

Cerita pengelolaan larutan nutrisi terhubung, begitu saja, dengan cerita "rasa". "Produk pabrik itu hambar", "tak ada getir dan terasa kurang"—pada sayuran budidaya dalam ruang, penilaian ini melekat. Dan umumnya disalahkan pada tipe fasilitas.

Tetapi makin orang memproduksi dan menjual di lapangan, makin tahu bahwa tak sesederhana itu. Rasa berubah lumayan dengan waktu sejak panen. Dengan tanaman yang sama pun, kemanisan berbeda antara panen pagi dan sore. Tergantung bagaimana dikelola tepat sebelum pengiriman, cara munculnya getir pun berubah besar. Tipe fasilitas itu sendiri memang melahirkan perbedaan rasa, tetapi rentang yang bisa digerakkan operasi dalam metode yang sama pun besar.

Misalnya getir. Pada selada hidroponik, hanya dengan menghentikan pemupukan 2–4 hari sebelum panen, nitrat daun, yang menjadi sumber getir, turun lumayan. Lagi pula, jika kondisinya baik, selama itu hasil hampir tak turun. Kita cenderung berjaga dengan "mendekatkan rasa mengorbankan jumlah", tetapi soal getir, ada ruang untuk menariknya keluar sambil menjaga jumlah. Untuk sayuran daun dan pertanian vertikal, apa yang dilakukan dalam beberapa hari sebelum panen adalah tuas yang jelas untuk menggerakkan rasa. Tetapi bukan obat mujarab, dan muncul biaya lain, seperti terlalu mengekang nitrogen memudahkan warna daun.

Yang penting di sini, kemanisan, getir, dan aroma masing-masing mencapai puncak pada kondisi yang berbeda. Kondisi tempat gula naik dan kondisi tempat nitrat menjadi paling sedikit tidaklah sama. "Pengaturan yang memaksimalkan jumlah" dan "pengaturan yang memaksimalkan kemanisan" pun ada di posisi yang berbeda pada dial yang sama. Karena itu, jika sasaran tak dipersempit ke satu, semua dial berhenti di posisi setengah-setengah. Bahwa sayuran yang ditanam tanpa menetapkan sasaran mendarat pada "rasa tanpa ciri, hambar"

bukan karena rakus, melainkan karena, tanpa sumbu, tiap proses berayun setengah-setengah. Sebenarnya, produk pabrik yang disebut hambar, lebih daripada metode, adalah soal ketiadaan sasaran itu.

Karena itu, yang pertama harus dilakukan bukan tiba-tiba menyentuh cahaya atau pupuk. Itu mengetahui apa yang bisa dan apa yang tak bisa dikeluarkan oleh varietas Anda sendiri dan fasilitas itu. Aroma cenderung mentok pada plafon yang dimiliki varietas sejak asal, dan seberapa pun operasi dikencangkan, varietas yang tak beraroma sulit beraroma. Jika pada beberapa panen pertama, tanpa mengayun sasaran, ditanam dengan tenang pada kondisi yang sama dan dimakan apa adanya, watak "varietas ini sejak asal tak beraroma" atau "kemanisan naik dengan mulus" mulai terlihat. Baru setelah tahu sumbu mana yang bisa digerakkan, bisa dipilih di mana menegakkan satu sumbu.

Sekadar catatan, rasa mana yang dibidik agar berubah menjadi harga satuan, dengan tujuan penjualan apa berpadu, kondisi tempat premiumisasi rasa berdiri——cerita yang langsung terkait laba seperti itu dibahas mendalam di 172 kiat.

Peningkatan presisi dengan memanfaatkan data

Dengan memakai data, presisi pengelolaan larutan nutrisi naik lebih jauh.

- Catatan budidaya: mencatat nilai EC, nilai pH, suhu air, jenis dan jumlah pupuk, serta situasi pertumbuhan, dan menangkap hubungan antara kondisi larutan nutrisi dan pertumbuhan
- Analisis larutan nutrisi: jika diserahkan ke lembaga khusus, konsentrasi tiap komponen dalam larutan nutrisi bisa ditangkap dengan tepat. Menyesuaikan ramuan berdasarkan hasil analisis memungkinkan pengelolaan yang lebih tepat
- Pemanfaatan data lingkungan: jika data lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi CO₂ dianalisis dengan mengaitkannya pada nilai EC, nilai pH, dan situasi pertumbuhan, presisi kendali lingkungan dan pengelolaan larutan nutrisi naik

Selama Anda menganggap larutan nutrisi sebagai nilai yang berakhir disetel dengan meter setiap hari dan ditulis di laporan harian, larutan nutrisi tetap menjadi "pekerjaan menyetel". Tetapi, sejak saat pandangan diubah ke fakta bahwa cara menyetel itu berpengaruh pada panen beberapa minggu kemudian, pengelolaan larutan nutrisi berubah menjadi petunjuk untuk membaca pertumbuhan. Cobalah sekali membaca ulang log minggu ini dengan mata

itu.

Sampai sini, fondasi budidaya——cahaya, air, udara, dan nutrisi——telah terkumpul sekaligus. Meski fondasi tertata, di lapangan muncul masalah pertumbuhan. Terakhir, mari kita lihat dua yang paling cepat dijumpai pemula——tip burn dan etiolasi.

Tip burn



"Selada yang tumbuh mulus, menjelang panen ujung daunnya mulai mengering, rapuh, dan kecokelatan". Saat menanam sayuran daun di pertanian vertikal, tip burn adalah gangguan pertumbuhan yang tak bisa dihindari. Saya pun lama sekali sangat tersiksa olehnya.

Apa itu tip burn

Itu adalah gangguan fisiologis di mana ujung atau tepi daun mengering dan kecokelatan. Awalnya hanya sedikit perubahan warna di ujung, tetapi seiring berjalan bagian yang mengering meluas. Pada selada, yang paling mudah muncul adalah di daun muda bagian dalam, dekat inti krop. Daun besar di luar segar dan bugar, tetapi hanya tepi daun kecil di tengah yang mengering dan rapuh. Jika Anda merasa "ujung daun agak menghitam", itu bisa jadi tanda.

Meski dikatakan "kekurangan kalsium"

Di lapangan, pertama-tama dikatakan "kekurangan kalsium". Maka ditambahkan Ca. Tetapi ia muncul lagi. Jika Anda punya pengalaman ini, penyebabnya ada di tempat lain.

Menurut pengalaman saya, kasus konsentrasi kalsium dalam larutan nutrisi itu sendiri kurang sebenarnya tak begitu banyak. Dalam banyak kasus, Ca larutan cukup. Toh gejala muncul. Artinya, tip burn, alih-alih **jumlah total** Ca kurang, adalah Ca **tak sampai** ke daun bagian dalam——bukan jumlahnya sendiri, melainkan bagaimana ia didistribusikan di dalam tanaman, masalah "distribusi" itu.

Karena itu, menambah pupuk Ca terus-menerus dengan berpikir "kalau kurang, tambahkan" umumnya kontraproduktif. Seberapa pun larutan dipekatkan, jika tujuannya bias, tak sampai ke inti. Bahkan EC naik atau berebut dengan ion lain, dan mengundang gangguan lain.

Mengapa "distribusi" runtuh

Ca diangkut bersama air, mengalir lewat pembuluh kayu tanaman. Dan air ditarik ke tempat transpirasi banyak.

Yang berpengaruh di sini adalah perbedaan antarrak. Makin kuat sebuah rak, yang cahayanya diberikan penuh, makin aktif daun besar di luar bertranspirasi. Maka Ca ditarik terus ke daun luar itu. Sebaliknya, daun muda inti masih lemah transpirasinya, di bagian dalam tanaman kelembapannya tinggi, dan udara pun sulit bergerak. Karena aliran air itu sendiri kurus, Ca tak sampai. Bahwa justru tengah rak kuat——yang paling bersemangat dan paling ingin dipanen——yang mengering, mekanismenya ada di sini.

Bahwa makin dipacu pertumbuhan cepat makin mudah muncul juga karena alasan yang sama. Makin cepat tumbuh, daun muda bagian dalam bertambah satu demi satu, dan seiring didistribusikan daun baru bertambah. Sampainya ke inti tak lagi menyusul kecepatan pertumbuhan. "Cepat dan besar" dan "aman sampai inti", jika ditelusuri tuntas, tak menghadap arah yang sama. Inilah pula kesulitan penanggulangan tip burn.

Kata kuncinya "transpirasi" dan "kecepatan pertumbuhan"

Pintu masuk penanggulangan ada di kedua ini.

- **Transpirasi:** kelembapan terlalu tinggi menekan transpirasi dan menurunkan pula aktivitas akar. Sebaliknya, jika terlalu rendah, air ditarik hanya ke daun luar dan inti justru mengering. Karena kelembapan terkait dalam dengan tip burn, jaga di sini dengan cermat (lihat pula bagian pengelolaan kelembapan).

- **Kecepatan pertumbuhan:** jika pertumbuhan terlalu cepat memperburuk gejala, tinjau ke arah **menurunkan** jumlah cahaya, suhu, dan CO₂, yakni ke arah sedikit memperlambat pertumbuhan (karena mempercepat memperburuk, di sini bukan menambah, melainkan mengurangi).

Cara mengarahkan angin pun terkait. Jika dialirkan, horizontal sepanjang rak, aliran udara yang stabil dan merata, distribusi ke inti berubah. Sebaliknya, angin kuat liar yang sekadar mengeringkan tepi daun luar justru merugikan. Bahkan untuk "angin" yang sama, anggaplah aliran stabil merata dan angin kuat liar sebagai dua hal yang berbeda.

Bagaimana memperlakukan yang sudah muncul

Seberapa pun pencegahan dikerahkan, yang muncul, muncul.

Meski tip burn muncul, pengaruhnya pada cita rasa itu sendiri terbatas. Tetapi tampilannya jelas lebih buruk. Karena sayuran dipilih lewat tampilan, ia berpengaruh pada kualitas pengiriman. Maka kita dipaksa menilai apakah menyingkirkan tanaman bergejala ringan atau membuang bagian yang rusak sebelum dikeluarkan.

Satu hal saja di sini. Jangan berusaha mati-matian menyingkirkan sampai tip burn yang amat kecil. Jika daun disobek sembarangan, kadang pembusukan menjalar dari luka. Alih-alih mengejar semua yang muncul, lebih baik menentukan apakah ia di tingkat yang berpengaruh pada kualitas pengiriman lalu menangani saat itu. Begitu, secara keseluruhan, lebih menguntungkan.

Melihatnya sebagai satu utas, yakni distribusi

Ada perbedaan toleransi menurut varietas. Pada tipe yang lapang tampilan daunnya, air mudah berputar sampai ke dalam, dan pada varietas yang pertumbuhannya tak gampang liar, keruntuhan distribusinya pun lebih lambat. Tetapi ini langkah yang mengendurkan sedikit sekaligus sistem yang saling terkait, dan jika dipacu terlalu jauh, ia muncul biasa saja bahkan pada varietas kuat. Cerita tak tertutup dengan varietas.

Demikian pula, jika hanya satu faktor disentuh—"hanya menurunkan kelembapan", "hanya menguatkan angin"—, bebannya berputar ke faktor lain. Jika hanya kelembapan diturunkan, inti makin mengering; jika hanya angin dikuatkan, tepi daun luar rusak. Tip burn adalah gejala yang muncul dengan terhubungnya cahaya, kecepatan pertumbuhan, aliran udara, transpirasi,

zona akar, dan larutan nutrisi. Tidak memacu sendiri-sendiri, melainkan melihatnya sebagai satu utas, adalah yang paling tak mudah kusut.

Saat berhadapan dengan tanaman yang terkena, dari apa dan dalam urutan apa dicurigai. Cara mengayun lingkungan finishing yang dipersempit ke beberapa hari sebelum panen. Cara membedakan apakah ini masalah aliran atau Ca larutan benar-benar menyentuh dasar. Hal konkret seputar ini, karena merupakan titik penentuan yang langsung terkait laba, dirangkum rinci di kumpulan kiat berikutnya.

«172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal»

Jika tip burn adalah cerita "sampai atau tak sampai", masalah representatif lain, etiolasi, adalah cerita "memanjang atau tak memanjang". Saat masih pemula, mengingat kedua ini sepasang membuat tenang.

Etiolasi

Bersama tip burn, gangguan pertumbuhan representatif lain adalah "etiolasi". Etiolasi adalah fenomena di mana bibit memanjang kurus dan menjulurkan batang melebihi yang perlu. Mirip membayangkan bagaimana tanaman hias di dekat jendela memanjang kurus ke sisi yang ada cahaya.

Ketika etiolasi terjadi di pertanian vertikal, muncul efek berikut.

- Penurunan hasil: hanya batang yang memanjang, dan daun, yang justru pokok, mengecil.
- Penurunan kualitas: jaringan menjadi lemah, dan daya simpan serta cita rasa turun. Dinding sel menipis dan menjadi lemah pula terhadap penyakit.
- Penurunan efisiensi kerja: mudah rebah dan kerepotan panen serta manajemen budidaya bertambah.

Dan yang merepotkan, ruas yang sekali memanjang tak kembali ke keadaan semula. Bahwa hipokotil yang memanjang mengencang dan menyusut, meski lingkungan diatur, tak saya lihat dalam kisaran yang saya amati di lapangan. Karena itu, anggaplah etiolasi sebagai sesuatu yang "dibaca lebih dulu sebelum muncul" daripada sesuatu yang "diperbaiki setelah muncul".

Pertama curigai kepadatan, lalu baca lingkungan

Ketika etiolasi muncul, kita cenderung tanpa sadar mencari kenop lingkungan dengan "nah, bagaimana menghentikannya?". Tetapi sebelum itu, ada urutan melihat.

Yang pertama dicurigai bukan lingkungan. Itu **varietas, kepadatan semai, dan jumlah sel**. Dengan lingkungan yang sama pun, varietas yang mudah memanjang memanjang. Jika disemai rapat di nampan, berdesakan dengan tetangga itu sendiri memanjangkan bibit. Jumlah sel nampan pembibitan (72 lubang, 128 lubang, 200 lubang, dan lain-lain) pun menentukan, bukan sekadar "berapa batang bisa diproduksi", melainkan "tampilan bibit seperti apa yang jadi". Makin kecil sel, makin sempit ruang akar menjulur, dan makin merugikan makin panjang periode pembibitan tanaman.

Bahkan dalam kisaran yang saya amati di lapangan, etiolasi yang terjelaskan, sebelum memusingkan lingkungan, dengan "nampan itu, bukankah cuma terlalu banyak disemai? selnya bukankah terlalu kecil?" tak sedikit. Karena itu, pertama, tata varietas, kepadatan, dan jumlah sel. Ini tahap pertama.

Di atas itu, yang masih tersisa dibaca dengan kenop lingkungan——3 faktor **cahaya, suhu malam, dan kelembapan**. Sebaliknya, ketika penyebab sejatinya kepadatan atau varietas, seberapa pun 3 faktor lingkungan diputar, ayunan meleset. Jika hanya berpikir "etiolasi = 3, cahaya, kelembapan, suhu", kita melompati tahap pertama, yang paling berpengaruh. Urutannya kepadatan dulu, lingkungan kemudian.

Memilah 3 faktor lingkungan dari tampilan bibit

Bahwa batang memanjang adalah reaksi yang ditimbulkan bibit dengan menangkap cahaya. Jika berdesakan dan terhalang daun tetangga, atau cahayanya sendiri lemah, bibit menjulurkan batang mencari cahaya. Inilah jati diri etiolasi. 3 faktor sisanya ditebak dengan tampilan bibit sebagai petunjuk. Tak bisa dipilah sepenuhnya, tetapi menjadi urutan prioritas apa yang dicurigai berikutnya.

- **Cahaya lemah**: sebagai ganti batang memanjang, daun itu sendiri cenderung tipis dan warnanya pucat. Itu tampilan yang melemparkan tubuh ke arah cahaya.
- **Suhu malam tak turun tuntas**: ketika memanjang karena setelah padam kehangatan terkurung, daun mempertahankan ketebalan dan warnanya, dan hanya ruas yang memanjang. Mudah muncul ketika tempat tingkat bawah dan waktu malam bertemu.

- **Kelembapan terkurung**: di rentang waktu atau rak yang dehumidifikasinya lemah, transpirasi berhenti, dan daun merimbun agak besar dan lunak sambil mempertahankan kekenyalan, dan di bawahnya batang memanjang longgar.

Artinya, bukan hanya panjang batang, melainkan dilihat bersama **kapan, di mana, dan bagaimana daun**. Jika daun pun tipis dan pucat, condong ke cahaya; jika daun normal dan hanya ruas memanjang, condong ke suhu malam; jika di rak berkelembapan terkurung terasa lunak, condong ke kelebihan kelembapan——begitu cara menebaknya.

Namun ini bukan alat untuk memastikan penyebab utama, melainkan patokan untuk menebak. Khususnya, tingkat bawah rak budidaya adalah tempat di mana cahaya, suhu malam, dan dehumidifikasi cenderung lemah bersamaan, dan ia retak justru di tempat yang paling ingin dipakai. Jika retak, jangan memutuskan pada satu.

Etiolasi yang sudah muncul dan tidak memunculkannya berikutnya adalah dua cerita berbeda

Di sini ada hal yang ingin saya pisahkan. **Apa yang dilakukan terhadap satu panen yang sedang memanjang sekarang dan tidak memunculkan etiolasi yang sama pada panen berikutnya** adalah dua cerita berbeda.

Bibit yang sudah mulai memanjang adalah lomba melawan waktu, dan jika bergerak setelah mempersempit penyebab ke satu, selama itu pemanjangan berjalan. Karena itu, terhadap etiolasi yang muncul sekarang, condongkan sekaligus ke sisi konservatif tanpa menunggu identifikasi penyebab. Naikkan cahaya, turunkan suhu malam, kuatkan dehumidifikasi. Tetapi karena menggerakkan mendadak dan besar itu sendiri stres, lakukan bertahap dan, lagi pula, **jangan menaikkan lagi di rak yang cahayanya sudah cukup**. Cahaya bukan makin banyak makin baik, dan penaikan diperlukan di rak yang lemah, bukan di yang sudah cukup.

Sebaliknya, cara membaca yang mempersempit penyebab ke satu hidup untuk panen berikutnya. Pagi hari jajarkan dan bandingkan bibit tingkat atas dan tingkat bawah, dan tebak, dengan melihat panjang batang, warna dan ketebalan daun, serta kelunakan daun, mana yang menjawab dengan suara paling keras. Di atas itu, jika pada lot berikutnya menggerakkan hanya yang dicurigai dan melihat perubahan cara munculnya, penyebab utama bisa dipastikan. Jika dalam satu panen yang sama menyentuh ketiganya sekaligus, tak lagi diketahui mana yang berpengaruh. Memastikan satu per satu justru bermakna pada lot yang

berbeda.

Bagaimana memperlakukan bibit yang sudah memanjang

Bibit yang sudah memanjang sekali berubah makna langkahnya menurut tahap.

Jika pemanjangan masih di fase awal hipokotil dan daun sejati akan terbuka mulai dari sini, mengatur lingkungan cukup berharga. Sebab pemanjangan ruas ke depan bisa dihentikan, dan tersisa ruang untuk menegakkan kembali tampilan dari sisi daun sejati yang menumpuk ke atas. Sebaliknya, jika ruas sudah memanjang dan cenderung rebah, dan daun sejati pun mulai terbuka mewarisi pemanjangan, muncul pula penilaian untuk merelakan tanaman ini sebagai standar. Letakkan inti garis pada "**apakah daun sejati mewarisi pemanjangan atau tidak**", sambil melihatnya bersama titik tumbuh, hidup-matinya akar, dan tahap masa tanam. Pada fase awal pembibitan kadang efisien memindah tanam, dan jika panen sudah dekat, kadang lebih menguntungkan memanen tanaman yang teretiologi apa adanya tanpa menegakkannya paksa.

Tidak memunculkannya pada panen berikutnya: pemeriksaan sebelum semai

Jika batang yang memanjang tak kembali, nilai langkah, bagaimanapun, ada di sisi "tidak memunculkannya pada panen berikutnya". Urutan pemeriksaannya pun sama: kepadatan dulu, lingkungan kemudian.

- **Kepadatan semai dan jumlah sel:** terhadap tampilan bibit yang dibidik dan periode pembibitan, bukankah terlalu banyak disemai? selnya bukankah terlalu kecil? Ketika daun mulai bertumpang dengan tanaman tetangga atau daun bawah mulai menguning, itu saat penjarangan atau pindah tanam.
- **Cahaya:** ukur lebih dulu jumlah cahaya per posisi rak. Bahkan dengan LED yang sama, di tingkat bawah kadang sampainya turun, dan rak yang lemah membalasnya dengan pemanjangan.
- **Suhu malam:** lihat lebih dulu, per rak, cara turunnya suhu setelah padam. Tingkat bawah mudah mengurung kehangatan di malam hari.
- **Kelembapan:** cermati apakah ada rentang waktu atau rak yang dehumidifikasinya lemah.

Jika hal-hal ini dituliskan, per rak, sebelum semai, alih-alih panik setelah memunculkan etiolasi, Anda bisa membaca tempat lemah sebelum ia muncul dan bersiap. Alih-alih menyalahkan batang yang memanjang, pertama curigai kepadatan, dan yang masih tersisa, baca sebagai isyarat ke pengaturan mana bibit menjawab. Jika berpikir begitu, mata yang mengamati nampan setiap pagi mestinya berubah sedikit.

Etiolasi langsung terkait hasil. Bagaimana membaca dengan memadukan kepadatan, cahaya, suhu malam, dan kelembapan, sejauh mana memacu dan di mana merelakan—penilaian itu, begitu saja, juga cerita kelayakan untung-rugi pertanian vertikal. Bagi yang ingin menyerap lebih luas sudut pandang yang bisa dipakai di lapangan, silakan buka yang ini juga.

«172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal»

Untuk meningkatkan lebih jauh manajemen budidaya

Sampai sini, kita telah melihat sekaligus dasar manajemen budidaya: dari pemilihan tanaman hingga cahaya, air, suhu, kelembapan, CO₂, dan angin, pupuk dan larutan nutrisi, serta tip burn dan etiolasi. Meski setiap hal tampak sebagai cerita yang berdiri sendiri, di lapangan semuanya saling memengaruhi. Jika kelembapan digerakkan, ia berpengaruh pada tip burn; jika cahaya dikuatkan, suhu dan cara air dipakai berubah. Hanya dengan menyimpan "keterhubungan" ini di sudut benak, perkiraan saat masalah timbul berubah lumayan.

Tetapi, jujur saja, yang saya tulis sampai sini, lagi pula, hanyalah fondasi. Begitu turun ke lapangan, pasti muncul adegan tersesat dengan "pengetahuan ada, tetapi lalu, mulai dari apa konkretnya dan di mana menargetkan?".

Misalnya, meski dalam buku ini cahaya dan suhu bisa ditunjukkan sampai "rentang yang sesuai", di mana nilai optimal bagi pertanian vertikal Anda sendiri dan tanaman Anda sendiri, tak ada cara selain menentukannya sambil memproduksi. Bahkan saat memangkas biaya listrik atau biaya tenaga kerja, di mana memangkas agar laba tersisa tanpa menurunkan kualitas—penilaian itu baru bermakna setelah memegang dasar. Saya sendiri butuh waktu lama untuk mempelajari ini dengan meraba-raba.

Dalam buku ini, saya berfokus mengumpulkan sampai "pintu masuk cara berpikir" di hulu dari itu. Cara menentukan nilai optimal, penilaian pemangkasan biaya, penggarapan angka—langkah satu tingkat lebih dalam yang langsung terkait laba itu saya serahkan ke

«172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal» yang dirangkum terpisah. Pertama, siapkan fondasinya dengan buku ini dan, ketika muncul keinginan masuk satu tingkat lebih dalam, semoga Anda membuka yang itu.

Rangkuman Bab 2

- **Pemilihan tanaman dilihat, bukan dari jenis komoditas, melainkan dari "harga satuan saluran × putaran × kesulitan" dan "berapa per luas per hari".** Selada di pusat bukan jawaban yang menguntungkan, melainkan hasil memilih solusi yang sulit ambruk dalam format pabrik. Tanaman baru, setelah lolos pintu kelayakan untung-rugi.
- **Cahaya ditangkap sebagai perkalian ketiga—kekuatan, warna, dan waktu (DLI).** Makin terang belum tentu untung, dan titik berhenti bergerak tergantung biaya listrik.
- **Metode hidroponik (NFT/DFT) tak punya keunggulan mutlak.** Yang berpengaruh adalah pengelolaan air setelah memilih. Lencengan reversibel diterima dengan operasi, dan kecelakaan ireversibel dihapus lebih dulu dengan peralatan dan persiapan.
- **Udara tidak dilihat terpisah dalam suhu, kelembapan, dan CO₂, melainkan dari apakah sampai ke daun.** Yang dikelola adalah udara, yang menanggapi adalah daun. Kelembapan bukan sebagai proporsi, melainkan "derajat tarikan (VPD)"; CO₂ bukan sebagai konsentrasi, melainkan "apakah terangkut sampai ke dalam". Yang mengangkut semuanya bersama-sama adalah angin, dan yang berpengaruh adalah cara mendistribusikan, bukan jumlah total.
- **Untuk nutrisi, dengan EC dan pH sebagai dasar, awasi dua poin yang dengan sekadar menyetel tak cukup (oksigen terlarut dan lencengan rincian).** EC hanya bercerita soal jumlah total, dan ramuan dihitung mundur dari ion. Sanitasi bukan menghilangkan kuman sepenuhnya, melainkan "tidak menambah dan tidak menyebarkan", tanpa bersandar pada sanitasi kimia, dengan sirkulasi normal.
- **Masalah pertumbuhan tidak dipacu sendiri-sendiri.** Tip burn bukan jumlah total Ca, melainkan "distribusi"; etiolasi, kepadatan dulu, lingkungan kemudian. Keduanya muncul dengan terhubungnya beberapa faktor dalam satu utas.

Meski setiap hal tampak sebagai cerita yang terpisah, di lapangan semuanya saling memengaruhi. Setelah fondasi dikokohkan dalam bab ini, berikutnya adalah tahap menggarap angka menyesuaikan pertanian vertikal Anda sendiri dan tanaman Anda sendiri. Praktik satu

langkah lebih dalam itu saya serahkan ke buku pendamping, «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Bab 3: Manajemen operasional lapangan dalam praktik

Sampai bab-bab sebelumnya, kita telah melihat bagaimana pertanian vertikal tersusun sebagai sebuah sistem. Mulai dari sini, pembicaraan berpindah ke apa yang terjadi hari demi hari di dalam kotak itu, dan ke apa yang dilakukan orang yang berdiri di lapangan. Antara mengetahui peralatan dan teorinya, dengan benar-benar mampu menjalankan lapangan, masih ada satu anak tangga jarak. Anak tangga itulah yang kita timbun di sini.

Manajemen operasional lapangan dipelajari dari mana? Tiga lapisan: bibit, angka, dan orang

«Pada akhirnya hanya bisa dipelajari lewat pengalaman.» Itulah kesimpulan yang cenderung dicapai oleh orang yang baru masuk tentang manajemen operasional lapangan. Dan separuhnya benar. Tapi kalimat itu biasanya datang satu paket dengan prasangka bahwa yang harus dipelajari adalah satu gumpalan tunggal.

Kenyataannya, manajemen operasional lapangan terbagi menjadi tiga lapisan yang berbeda sifat: membaca pertumbuhan bibit, mengawasi angka, dan menata orang serta alur kerja. Ketiganya dikuasai masing-masing terpisah, dan lapangan baru mulai berputar ketika ketiganya saling bertaut. Dari mana mulai belajar pun menjadi jelas bila dipikirkan lewat tiga lapisan ini.

Lapisan yang membaca bibit, yang mengawasi angka, dan yang menata orang

Setelah melihat banyak orang di lapangan, saya menyadari satu hal. Di antara yang baru masuk, ada yang melihat bibit lalu langsung menangkap «yang ini agak lemah». Tapi orang yang sama tidak bereaksi sama sekali terhadap perubahan EC (patokan seberapa pekat larutan nutrisi) atau angka larutan nutrisi. Sebaliknya, ada juga yang mengikuti angka dengan cermat tapi tidak merasakan apa pun saat melihat tanaman sungguhan. Awalnya saya kira soal perbedaan pengalaman, tapi tampaknya bukan satu garis.

Cara melihat bibit dan cara melihat angka adalah kekuatan yang berbeda. Melihat bibit lalu menangkap «tampak lemah» termasuk lapisan yang membaca pertumbuhan tanaman. Sebuah dunia yang dipelajari lewat pengalaman langsung: kekencangan dan warna daun,

cara pucuk memanjang. Sementara mengikuti EC dan angka larutan nutrisi termasuk lapisan yang mengawasi angka. Cara memakai kepala yang membaca bukan tanaman sungguhan, melainkan gerak sepanjang waktu. Bukan karena pengalaman dangkal maka keduanya tak bisa; karena lapisannya berbeda, keduanya dikuasai terpisah. Karena itu lazim seseorang mahir di satu dan melewati begitu saja yang lain.

Lebih repot lagi, makin seseorang kuat pada tanaman sungguhan, makin cenderung ia berkata «tak perlu lihat angka, cukup lihat daun sudah tahu». Perasaannya dimengerti, tapi di sini ada jebakan. Ada kelainan yang lebih dulu diberitahukan oleh angka, dan sebaliknya, ada kelainan yang muncul lebih dulu di daun meski semua angka normal. Misalnya tip burn (gejala pinggir daun mengering) terpicu ketika pertumbuhan mendadak membuat pembagian kalsium tak sempat sampai ke daun-daun muda di bagian dalam; meski angka kalsium di larutan nutrisi normal, jika cara membagikannya (aliran transpirasi) tak menyusul, ia muncul lebih dulu di daun. Jadi dengan salah satu saja ada yang lolos. Baru dengan melihat keduanya kelalaian mulai berkurang.

Ada satu lapisan lagi, terpisah dari pertumbuhan dan angka. Orang dan alur kerja — naluri menjalankan siapa melakukan apa dan kapan. Ada yang paham bibit, mengikuti angka, tapi tetap saja anehnya canggung memberi instruksi ke orang atau menyusun prosedur.

Sebaliknya, ada yang di budi daya biasa saja tapi di penataan luar biasa. Ini pun tak jarang.

Menata juga hal lain. Pertumbuhan dan angka berhadapan dengan tanaman, tapi penataan berhadapan dengan alur orang dan barang, dan memakai kepala secara lain. Hanya saja, meski tampak dunia naluri, sebenarnya ia sesuatu yang bisa diukur dan ditata. Saat menuliskan pekerjaan satu hari, di lapangan saya sendiri yang memakan waktu adalah segala hal di sekitar panen. Siapa masuk ke apa dan kapan, tinggi meja, di mana menaruh hasil panen — itu bisa dilihat dan diukur. Alih-alih memutuskan dengan «orang itu pandai menata», kita bisa melihat di mana orang menunggu, di mana postur dipaksakan, lalu menyusun ulang tata letak. Ini lapisan yang berbeda dari pertumbuhan dan angka: lapisan yang diukur dan ditata.

Dengan itu ketiganya lengkap. Lapisan yang membaca bibit, yang mengawasi angka, yang menata orang dan kerja. Manajemen operasional lapangan berputar dengan ketiga ini bertumpuk.

Apa yang dipelajari lebih dulu: lapisan yang bisa diserahkan di muka, dan lapisan yang dibangun di lapangan

Ketika tiga lapisan mulai terlihat, «pada akhirnya apa yang dipelajari lebih dulu» tiba-tiba menjadi konkret. Ketiganya tidak dikuasai sekaligus, karena pintu masuk tiap lapisan berbeda.

Soal urutan, hal pertama adalah memasukkan mekanisme ke kepala. Pada ketiga lapisan, pintu masuknya mencampur «bagian yang bisa diserahkan di muka sebagai pengetahuan» dan «bagian yang hanya dibangun di lapangan sendiri». Pada lapisan pertumbuhan, bagaimana cahaya dan hara diserap dan bagaimana daun terbentuk, alur itu bisa dibaca dan dihafal. Pada lapisan angka pun: apa yang diwakili EC dan pH, dan apa yang dicurigai bila bergerak dengan cara tertentu, cara membaca itu sendiri bisa diserahkan di muka. Pada lapisan penataan, gagasan menuliskan pekerjaan lalu mengukurnya juga bisa diajarkan. Sampai di sini adalah bagian yang bisa diserahkan sebelum menginjak lapangan.

Batas antara yang bisa diserahkan dan yang harus dibangun cukup tegas. Misalnya mekanisme bahwa memperkuat cahaya menambah hasil bisa dijelaskan. Tapi di mana berhenti agar menguntungkan bergantung pada biaya listrik dan harga satuan Anda sendiri, dan itu tak bisa diserahkan sebagai angka. Nilai EC optimal pun bergerak bila tanaman atau sistem berbeda, jadi nilai orang lain tak bisa dipakai apa adanya. Karena itu «mekanisme dan cara membaca» diserahkan di muka sebagai pengetahuan, dan «dengan nilai berapa disetel ke kondisi sendiri» dibiarkan dibangun dengan membandingkannya pada hasil layak jual lapangan sendiri. Memikirkannya dengan membagi lewat garis ini berjalan baik.

Lalu, lapisan mana giliran Anda mengembangkan. Ini tidak diputuskan oleh apa yang Anda kuasai atau tidak. Melainkan ditarik mundur dari di mana Anda benar-benar tersendat di lapangan sekarang: pada lapisan mana bertumpu keterlambatan dan kerja ulang. Jika Anda sudah bisa melihat tanaman maupun angka, yang tersumbat biasanya bagian penataan, dan di situlah muncul lapisan yang kini harus dikembangkan orang itu. Ambil satu contoh kerja ulang yang paling kelihatan, lihat ia paling dekat ke pintu masuk lapisan mana, lalu pilih dari situ. Itu cukup.

Dan menjadi nomor satu di satu hal saja tak membuat lapangan berputar. Justru karena tiga lapisan dikuasai terpisah, di lapangan ketiganya baru berbuah ketika bertaut. Sekalipun Anda membaca pertumbuhan dengan sempurna, Anda tak bisa menjaga hasil layak jual bila orang yang mengawasi angka dan penataannya tak ada di tempat. Mengoptimalkan satu lapisan

saja tak menjamin keseluruhan menjadi optimal — ini muncul dalam bentuk yang sama di pabrik ukuran berapa pun.

Cara menyusuri bab ini

Mulai dari sini, bab ini menyusuri tiga lapisan ini secara berurutan. Rencana produksi memutuskan penataan keseluruhan; penyemaian, pembibitan, pindah tanam, penanaman akhir, dan panen menyusuri proses membesarkan bibit. Pekerjaan pascapanen menyampaikan kualitas sebagai produk; manajemen dan pelatihan karyawan, serta manajemen higiene sanitasi, menata fondasi orang dan lapangan. Terakhir, analisis data menyambungkan catatan sejauh ini ke penilaian.

Tak perlu mencoba memasukkan semua ke kepala sekaligus. Ingat tiga lapisan, baca dari lapisan tempat Anda tersendat sekarang, lapisan yang jadi giliran Anda, lalu coba sekali di lapangan besok. Cara maju inilah yang, pada akhirnya, paling melekat.

Perlu dicatat bahwa yang dibahas di sini hanya sampai «mekanisme dan cara membaca». Penilaian yang langsung terkait laba — nilai optimal ditaruh berapa, bagaimana menimbanginya dengan biaya, bagaimana menjual — melampaui cakupan buku ini. Bila Anda merasakan pintu masuk pertanyaan-pertanyaan itu, masuklah ke buku pendamping, «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal».

Penyusunan rencana produksi

品目			フリル		フリル		フリル		フリル	
パネル穴数			300 穴		300 穴		120 穴		40 穴	
栽培工程			暗所発芽		育苗		生育1		生育2	
日数			1 日		12 日		7 日		7 日	
作業			播種	苗取出し	苗移動	苗取出し	移植1	苗取出し	移植2	苗取出し
12/01	水		3600							
12/02	木		3600	3600	3600					
12/03	金		3600	3600	3600					
12/04	土		3600	3600	3600					
12/05	日		3600	3600	3600					
12/06	月		3600	3600	3600					
12/07	火		3600	3600	3600					
12/08	水		3600	3600	3600					
12/09	木		3600	3600	3600					
12/10	金		3600	3600	3600					
12/11	土		3600	3600	3600					
12/12	日		3600	3600	3600					
12/13	月		3600	3600	3600					

Dari tiga lapisan, kita mulai dengan memutuskan penataan keseluruhan — «apa, kapan, berapa banyak dibuat». Mulai dari sini, kita lihat satu per satu isi tugas pengelolaan sebuah

pertanian vertikal. Yang pertama adalah rencana produksi.

Mengapa rencana produksi diperlukan

Cara pertanian konvensional yang bergerak mengikuti musim dan cuaca tak berlaku di pertanian vertikal. Sebagai imbalan bisa membuat lingkungan sendiri, Anda perlu memutuskan di muka apa, kapan, berapa banyak yang dibuat.

Jika berjalan tanpa rencana, biasanya tersandung dalam tiga bentuk. Pasokan dan permintaan meleset lalu yang dibuat tak laku. Biaya listrik, air, tenaga kerja, dan bahan keluar lebih dulu lalu laba tak tersisa (biaya bahan dan tenaga kerja disiapkan sebelum tanam, jadi tanpa perkiraan, pengeluaran tak terencana membengkak). Pengelolaan lingkungan dan kerja jadi seadanya lalu hasil akhir keluar tak seragam. Semuanya bisa dihindari dengan memutuskannya di muka.

Menyusun mundur dari pengiriman

Saya lama menggeluti produksi dan penyalan sayuran daun seperti selada di pertanian vertikal berpencahayaan buatan (PFAL), dan urutan saya memikirkan rencana hanya satu: menjadikan pengiriman titik awal, lalu dari situ menyusuri budi daya mundur. Jika berpikir «susun memakai penuh kapasitas peralatan, dan biar pengiriman menyesuaikan», untuk memulai saja tak berputar. Jika kapasitas dijadikan dasar, muncul bergantian minggu yang bisa dibuat tapi tak laku, dan minggu yang ingin dijual tapi tak cukup.

Alur mundurnya begini.

1. **Prakiraan permintaan:** membaca kapan, berapa banyak, pada harga berapa kemungkinan laku. 2. **Penyusunan rencana produksi:** dari volume pengiriman itu, menarik mundur jumlah tanam yang diperlukan dan jadwal budi daya. 3. **Pengelolaan kemajuan dan peninjauan:** sambil berjalan, melihat penyimpangan dan mengoreksinya sering-sering.

Langkah 1. Prakiraan permintaan

Pertama, pahami ke mana, berapa banyak, pada harga berapa akan dijual. Apakah supermarket, restoran, atau perorangan; di saluran penjualan itu laku berapa; permintaan bergerak bagaimana menurut musim; pesaing yang membuat tanaman sama bagaimana. Dibaca dengan merujuk data penjualan lampau dan gerak pasar, tapi tak seorang pun tahu jawaban «buat ini pasti laku». Terimalah semata sebagai pekerjaan menyusun hipotesis.

Langkah 2. Penyusunan rencana produksi

Turunkan permintaan yang dibaca ke rencana konkret. Tentukan tanaman dengan tiga titik — kebutuhan pasar, periode budi daya, dan profitabilitas — dan taruh target produksi yang tak dipaksakan dari skala fasilitas, kapasitas peralatan, tenaga kerja, dan saluran penjualan. Lalu sesuaikan waktu panen dengan permintaan pasar, tarik mundur periode budi daya, dan tetapkan tanggal penyemaian. Terakhir, perkirakan benih-bibit, pupuk, bahan, personel, listrik, dan air. Saat menyusuri mundur dari sisi pengiriman, urutan ini keluar dengan sendirinya.

Langkah 3. Pengelolaan kemajuan dan peninjauan

Rencana tak selesai begitu disusun. Ia sesuatu yang dikoreksi sambil berjalan. Amati dan catat pertumbuhan secara berkala, pastikan apakah laku sesuai rencana dan apakah stok memadai, dan bila penyimpangan muncul cari sebabnya, jika perlu koreksi jadwal atau volume produksi.

Menyimpang bukan soal ketelitian

Di sini ada cara pandang yang saya ingin Anda pegang sejak masih pemula. Ketika tak berputar sesuai jadwal, banyak orang berpikir «rencananya asal-asalan», «harusnya kususun lebih rinci». Tapi seberapa pun dirincikan, kadang penyimpangan tak hilang. Itu karena, di dalam satu rencana, **tercampur hal-hal yang kecepatannya berbeda**.

Pengiriman, ditarik permintaan, berayun halus mingguan. Budi daya adalah siklus makhluk hidup, jadi jauh lebih lambat. Untuk selada daun sekitar 35 hari dari penyemaian ke panen. Sekalipun hari ini Anda menambah penanaman akhir, tanaman itu naik ke rak satu siklus kemudian. Dan pasang-surut tenaga kerja bergerak pada puncak yang berbeda dari keduanya. Jika Anda mencoba menaruh ketiganya pada skala yang sama dari satu jadwal, menyesuaikan ombak cepat mengombang-ambingkan budi daya, menyesuaikan siklus lambat membuat pengiriman lolos. Jadi penyimpangan bukan masalah ketelitian, melainkan masalah struktural memaksa menyinkronkan hal yang seharusnya berputar terpisah; begitu saya memandangnya.

Lalu apa artinya berputar terpisah? Yaitu dengan sengaja menaruh **peredam (bantalan)** di antara ketiganya. Bantalan sisi pengiriman adalah lebar masa yang tepat untuk menunggu panen di rak, dan ayunan naik-turun kelas yang bisa dikirim. Bantalan sisi budi daya adalah lebar jarak langkah penyemaian dan penanaman akhir. Bantalan sisi tenaga kerja adalah

kelonggaran. Sayuran daun segar berumur pendek dan sulit ditahan sebagai stok sehari-hari, jadi sisi pengiriman memegang bantalannya lewat «seberapa jauh masa tepat panen bisa diayun maju-mundur» ketimbang «menebalkan stok».

Dan yang dilihat bukan jadwal itu sendiri, melainkan **seberapa banyak bantalan itu tersisa sekarang**. Ombak pengiriman diterima dengan lebar masa tepat panen, dan ketika kelonggaran itu hampir habis, tangan diulurkan ke langkah budi daya. Hanya saja, budi daya sendiri tak sempat bila menunggu peredam habis. Sekalipun Anda menambah penyemaian setelah kelonggaran untuk menerima pengiriman mengering, tanaman itu naik sekitar 35 hari kemudian. Karena itu, hanya penyesuaian budi daya yang bergerak **lebih awal**, memperhitungkan waktu tunggu sampai panen.

Ke sumbu yang paling sulit digerakkan justru paling bisa ditambahkan bantalan. Yang menarik, budi daya, yang paling sulit digerakkan dari ketiganya, justru tempat bantalan bisa ditambahkan. Siklus tumbuhnya satu tanaman itu sendiri tak bisa diubah. Tapi «kapan menyemai» dan «disemai dalam berapa kali» bisa diubah. Jika menyemai banyak sekaligus, panen pun terpusat di satu titik dan tak ada cara menyesuaikannya dengan ombak pengiriman. Tapi jika waktunya digeser dan disemai sedikit demi sedikit, di rak berbaris menyerupai tangga «tanaman yang hampir masuk masa tepat panen» dan «tanaman yang segera naik». Minggu yang pengirimannya naik lebih awal, minggu yang ingin ditahan sedikit lebih lambat. Lebar itu lahir. Yang keras adalah siklus tiap tanaman; yang lentur adalah bagaimana Anda menaburnya di sumbu waktu. Dengan menggeser dan menumpuk unit yang tak bisa digerakkan, secara keseluruhan menjadi bantalan.

Irama peninjauan diubah menurut kecepatan ombak. Frekuensi melihat pun bisa diubah menurut sumbu. Lebar masa tepat panen yang menerima pengiriman menerima ombak cepat, jadi setiap hari atau setiap beberapa hari dilirik «berapa tanaman yang bisa diayun ada di rak sekarang». Sisi budi daya tak membalas jawaban meski diukur tiap minggu, jadi sekali dalam beberapa minggu diperiksa setelan itu sendiri: «apakah jarak langkah penyemaian sekarang ini baik». Jika interval disamakan, di sisi cepat ada yang terlewat, dan yang lambat diayun sia-sia.

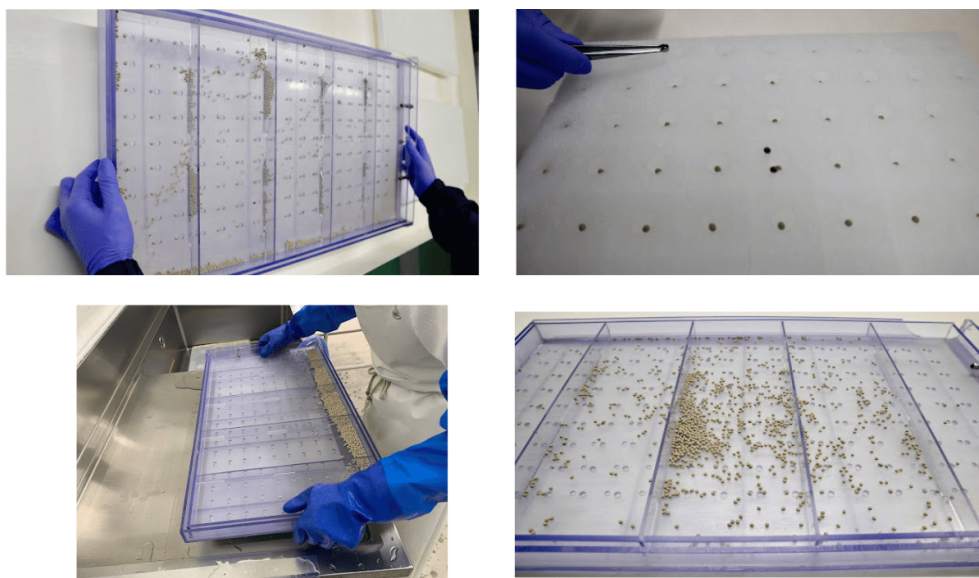
Dan bantalan mana yang berkurang menunjuk langsung ke letak sebab. Jika lebar masa tepat panen selalu menipis, jarak langkah penyemaian tak menyusul irama ombak pengiriman. Jika

kelonggaran orang selalu mepet, perkiraan personel tak menyerap puncak panen. Alih-alih menaruh penyimpangan dalam satu karung sebagai «kelonggaran rencana», Anda bisa memisahkannya menurut sumbu mana yang mulai runtuh. Inilah manfaat praktis terbesar melihatnya terbagi tiga. Bahkan penyimpangan pertama bisa dilihat dengan tenang, bukan sebagai kegagalan, melainkan sebagai tanda ketiga jam itu mulai berputar.

Perlu dicatat, menyusun ini dari nol tiap kali itu merepotkan. Saya menerbitkan templat jadwal budi daya yang saya pakai di lapangan, jadi pakailah sebagai pegangan untuk menangkap bagaimana rumus disusun. Jumlah tanaman, perputaran, dan hasil layak jual berbeda menurut pabrik, jadi premisnya bukan memakainya apa adanya, melainkan membuatnya ulang sesuai lingkungan Anda sendiri.

Dari sini ke depan, penilaian yang langsung terkait laba-rugi — «kalau begitu penyemaian secara konkret berjarak berapa hari», «bagaimana menentukan kepadatan tanam seimbang dengan volume panen», «bagaimana memproduksi sambil menekan biaya listrik» — adalah wilayah yang diasah dengan angka pabrik Anda sendiri. Saya tinggalkan pintu masuk cara berpikir sampai di sini dan serahkan penilaian yang lebih mendalam kepada «172 Kiat». Rencana produksi adalah bagian yang menjadi sumbu bagi operasi pertanian vertikal.

Penyemaian



Ketika rencana menetapkan tanggal penyemaian, Anda akhirnya masuk ke proses membesarkan bibit. Mulai dari sini, kita lihat berurutan pekerjaan lapangan membesarkan sayuran secara nyata. Yang pertama adalah penyemaian, yaitu proses menyemai benih.

Penyemaian adalah langkah pertama manajemen budi daya. Pertanian vertikal tak memakai tanah. Disemai pada media tanam — bahan yang menopang akar menggantikan tanah dan memasok air serta hara. Alurnya sendiri sederhana. Media diletakkan di baki khusus dan direndam air secukupnya, lalu benih ditaruh dengan pinset presisi atau mesin semai. Setelah disemai, untuk mencegah kekeringan dan hanyutnya benih, kelembapan dijaga dengan tutup atau penutup, air disemprotkan lembut dengan penyemprot kabut, dan perkecambahan ditunggu sambil mengelola suhu, kelembapan, dan cahaya. Kepadatan penyemaian berbeda menurut tanaman.

Saat semula, di sini Anda mungkin diajari memperhatikan «tingkat perkecambahan». Berapa persen bertunas. Jika keluar mendekati 90%, Anda puas sekali: «angkatan ini bagus». Itu sendiri tak salah. Hanya saja, ketika saya meninjau di lapangan angkatan yang hasil layak jualnya biasa-biasa, yang lebih terpikir ketimbang rendahnya tingkat perkecambahan adalah «waktu itu tidak seragam». Pergeseran sudut pandang yang ingin Anda pelajari di sini adalah ini: **yang benar-benar harus dilihat pada penyemaian bukan «berapa persen bertunas» melainkan «seberapa seragam mereka bangkit».**

Angka tingkat perkecambahan tak memantulkan «keseragaman»

Tingkat perkecambahan hanya menghitung apakah benih bertunas atau tidak. Angka yang menjumlahkan pilihan bertunas-tak-bertunas, dan di dalamnya tak ada informasi waktu «kapan bertunas». Karena itu, baki yang bangkit serentak, seragam, dan baki yang keluar setetes-setetes selama tiga hari, jika keduanya mencapai 90% pada akhirnya, berbaris sebagai 90% yang sama.

Tapi kedua ini benar-benar berbeda setelahnya. Jika tingkat perkecambahan adalah «tinggi», keseragaman adalah «lebar»: sebaran saat tiap benih bertunas. Pada tinggi yang sama, lebar sempit atau lebar mengubah kemudahan menangani proses berikutnya. Baki yang tak keluar seragam, dengan selisih waktu, jadi sulit ditangani sejak sekitar pindah tanam. Jika disesuaikan ke bibit besar, yang kecil tertinggal; jika menunggu yang kecil, seluruh angkatan molor.

Inilah yang penting. Penyemaian dan perkecambahan tampak proses yang tertutup dalam beberapa hari, tapi keseragaman bibit yang Anda buat di situ menyeret ekornya — lewat pindah tanam dan pertumbuhan — sampai ke hasil layak jual beberapa minggu kemudian.

Perkecambahan bukan tujuan, melainkan pintu masuk proses panjang yang berlanjut sampai panen. Karena itu melihat keseragaman, ketimbang menambah satu indikator, adalah menggeser mundur saat menilai baik-buruknya penyemaian: dari tepat setelah perkecambahan ke hasil layak jual proses berikutnya.

Keseragaman diputuskan di «pintu masuk»

Lalu, apakah keseragaman yang tersebar bisa dikejar di proses berikutnya? Di sini bisa ditarik garis tegas. **Tidak bisa.**

Karena keseragaman bukan «selisih» ukuran, melainkan «selisih waktu». Bibit yang perkecambahannya terlambat setengah hari bukan sekadar kecil; dalam perkembangan ia setengah hari di belakang. Lebih muda dari yang mendahului. Sekalipun Anda tambahkan pupuk atau cahaya kemudian, keseluruhan hanya maju sebanyak itu, dan antara pemuka dan ekor barisan jaraknya tetap terbuka sambil maju. Selisih waktu yang sekali tercap tak bisa diputar mundur, berikut waktunya, di proses berikutnya.

Ada cara «menyerapnya» dengan seleksi atau lebar panen: menjarangkan individu terlambat untuk menyejajarkannya ke pemuka, memilah dengan citra, mengambil jendela panen lebar — ini proses standar lapangan, bukan tipuan. Hanya saja yang sama adalah bahwa itu tak menghapus selisih waktu itu sendiri. Jika Anda jarangkan, nasib bibit itu dibuang; jika Anda perlebar lebar panen, perputaran rak jadi berjarak. Artinya, angkatan yang tampak diseragamkan ulang biasanya sedang membayar biaya — pada hasil layak jual atau pada tenaga — untuk menyerap selisih waktu; sebaran tak lenyap jadi tiada.

Karena itu keseragaman bukan «nanti diperbaiki saja» melainkan «menyerapnya nanti memakan uang». Biaya itu tak muncul di nota sebagai «biaya cacat keseragaman». Tenaga menjarangkan bibit terlambat, penyulaman menutup kekurangan, jam kerja seleksi sebelum pindah tanam — makin buruk keseragaman suatu angkatan, makin menumpuk pelan-pelan biaya tak kelihatan ini. Keseragaman, buatlah di pintu masuk. Itulah cara paling andal mengurangi di muka biaya tak kelihatan yang dibayar kemudian.

Mencatat keseragaman sebagai «lebar bangkit»

Lebar cukup ditangkap dengan dua catatan. Lihat baki sekali sehari, pada jam tetap, dan catat dua titik: «hari tunas pertama keluar» dan «hari kira-kira semuanya keluar». Selisih keduanya

adalah lebar yang dihabiskan bangkit. Ketimbang menaikkan ketelitian pengamatan, melihat tiap kali pada jam yang sama dan menyeragamkan kondisi jauh lebih ampuh, karena memungkinkan membandingkan angkatan yang disemai dengan penggaris yang sama.

Ada satu kiat. «Hari kira-kira semuanya keluar» sebaiknya diambil sebagai «hari kira-kira 80% keluar», bukan 90%. 10% terakhir ditarik butir yang datang telat atau yang akhirnya tak keluar, dan tanggalnya mudah kabur. Dan 80% ini bukan angka untuk pencatatan saja. Penutup penjaga kelembapan (kubah) yang Anda pasang tepat setelah penyemaian dilepas ketika kira-kira 80% berkecambah. Jika terlambat melepasnya, cahaya tak sampai dan bibit etiolasi menjadi tipis panjang, dan dengan kelembapan berlebih penyakit pun mudah keluar. Aba-aba kerja «lepas penutup di 80%» dan aba-aba pengamatan «catat di 80% hari semuanya keluar» bertumpang di titik yang sama. Jika Anda catat tanggal sambil melepas penutup, operasi dan pencatatan selesai dalam satu sapuan.

Hari tunas pertama dan hari 80%. Hanya dengan membariskan selisih dua titik ini dari angkatan ke angkatan, angkatan yang keluar seragam dan yang tersebar mulai terpisah cukup jelas. Pengamatan rinci cukup dilakukan setelah muncul angkatan yang mengganggu.

Untuk sebab sebaran, curigai suhu lebih dulu

Di antara sebab bangkit tersebar, yang paling mudah ditangani di lapangan adalah ketaksamaan lingkungan. Perbedaan individu benih itu sendiri memang ada, dan ini menetapkan «lantai» keseragaman. Sesoragam apa pun kondisi disamakan, tak akan lebih seragam dari sebaran benih. Hanya saja, sejauh yang saya lihat di pembibitan pertanian vertikal berpencahayaan buatan, angkatan yang tersebar lebih sering belum menekan lingkungan sampai lantai itu. Suhu dan kelembapan setelah disemai tak sama antara tepi dan tengah baki, maupun antara tingkat atas dan bawah rak. Di dalam baki yang sama, satu butir dalam kondisi saklar perkecambahan menyala, satu lagi belum. Itu keluar menjadi selisih waktu.

Karena itu, soal urutan, coba dulu menghancurkan ketaksamaan lingkungan. Untuk menaksir dari yang dekat, pertama suhu. Suhu optimal perkecambahan berbeda menurut tanaman, dan dari pengalaman saya membesarkan sayuran daun, ada selisih sebesar bahwa mizuna dan komatsuna bangkit lebih seragam pada pita yang sedikit lebih tinggi dari selada. Ketimbang menghafal angka rinci, pada angkatan yang perkecambahannya lambat, pantas dicurigai lebih

dulu apakah keluar dari pita optimal tanaman yang Anda pakai. Ketaksamaan kelembapan pun berpengaruh pada keseragaman, tapi suhu dan kelembapan mudah berkait — tempat hangat lebih cepat kering — jadi jika Anda lihat dulu ketaksamaan suhu, kelembapan pun kira-kira tertaksir. Kelembapan masa penyerapan sangat berpengaruh, jadi di awal resapkan baik-baik dan turunkan sedikit setelah perkecambahan dipastikan. Jika naik-turun ini keluar tak sama menurut tempat, ia pun berkait ke selisih bangkit.

Soal tempat yang dilihat, tak perlu mengukur semua. Cukup dua titik yang paling mungkin memunculkan selisih. Pada rak, tingkat atas dan bawah; pada satu baki, tepi dan tengah. Ini tempat yang secara struktural mudah memunculkan selisih. Taruh satu termometer di masing-masing dan bandingkan dengan lebar bangkit. Jika angkatan yang cenderung terlambat terpusat pada tingkat tertentu, pada posisi tertentu, itulah identitas ketaksamaannya. Sisanya adalah menaikkan suhu tingkat yang terlambat, menukar tempat, dan untuk ketaksamaan yang tetap tak bisa diratakan, menggerakkan udara dengan kipas sirkulasi, lalu mengulang angkatan dengan penggaris yang sama.

Menu penanggulangan itu sendiri — menghancurkan ketaksamaan suhu dan meninjau lot benih — tak berbeda dari biasanya. Yang berbeda adalah waktunya. Sampai kini, menyadari ketaksamaan suhu biasanya setelah bibit tersebar dan menyusahkan di pindah tanam — kasip. Jika Anda lihat lebar bangkit di pintu masuk, Anda bisa memainkan kartu yang sama lebih awal, sebelum bibit terlanjur besar. Inilah manfaat memiliki satu sudut pandang bernama keseragaman.

Sebaran yang tetap tersisa meski ditekan adalah soal lot benih

Sekalipun ketaksamaan suhu dihancurkan tuntas, tetap ada sebaran yang tersisa. Itu rantai kemampuan benih itu sendiri, dinding yang tak terlewati oleh cara menyemai. Jika sampai ditekan sejauh itu angkatan tetap tersebar, itu bukan lagi masalah cara menyemai, melainkan beralih ke hal yang dilihat dari sisi lot benih dan pengadaan. Sebaiknya garis ditarik antara penanggulangan lapangan dan hal yang dilihat di pembelian dan pemilihan lot.

Untuk itu pula, jaga penyimpanan pada dasar suhu rendah, kelembapan rendah, dan naungan, terapkan tuntas masuk-pertama-keluar-pertama dengan memakai stok lama lebih dulu, dan catat nomor lot. Benih bisa kehilangan vigor tanpa tampak dari luar, dan itu keluar kemudian sebagai perkecambahan buruk. Ketika keseragaman tersebar, untuk memisahkan

apakah itu cara menyemai atau lot, jika tak tersisa catatan lot mana dipakai kapan, urusan bahkan tak dimulai.

Sampai di sini, inilah sudut pandang yang ingin Anda kuasai pada penyemaian. Sampai mana mengasah kondisi perkecambahan optimal dan pemilihan benih untuk mengubahnya jadi laba — penilaian itu wilayah yang dipecahkan lapangan demi lapangan, jadi dalam buku ini saya hanya berhenti di pintu masuk. Penilaian mendalam saya serahkan kepada «172 Kiat».

Pembibitan



Ketika penyemaian selesai dan tunas keluar, Anda masuk ke periode membesarkan tunas itu sampai bibit yang tahan pindah tanam. Inilah «pembibitan». Sebagai proses ia tahap sederhana yang terjepit antara penyemaian dan pindah tanam, tapi kualitasnya praktis memutuskan hasil pertumbuhan berikutnya. Saat semula, panen dan pindah tanam tampak lebih mencolok, tapi dari pengalaman panjang di lapangan, petak yang tersandung di tahap bibit sering tak terkejar sampai akhir. Menurut pabrik, disiapkan ruang atau rak pembibitan khusus, dan hanya di sini lingkungan digarap saksama.

Mengapa sebegitu peduli pada bibit? Alasannya sederhana: bibit yang kokoh membuat semua sesudahnya lebih mudah. Bibit dengan akar terjulur baik mudah menyesuaikan lingkungan tujuan pindah tanam dan cepat berakar. Pertumbuhan pun maju lancar apa adanya, jadi periode sampai panen memendek. Bibit dengan kondisi gizi baik juga kuat terhadap penyakit. Sebaliknya, jika Anda kirim apa adanya bibit tipis lemah, ia tersebar setelah pindah tanam, penyakit mudah keluar, dan pada akhirnya berimbas ke hasil. Anggap pembibitan investasi untuk mengangkat hasil akhir dari bawah.

Yang paling harus dijaga dalam membibit adalah tidak membiarkannya etiolasi. Etiolasi adalah keadaan hanya batang yang memanjang tipis panjang lalu melemah. Sebabnya sebagian besar kurangnya cahaya dan suhu terlalu tinggi. Setelah perkecambahan, pada fase kotiledon membuka dan mulai fotosintesis, jika Anda terlambat memberi pencahayaan, mereka etiolasi seketika. Jika Anda punya operasi yang tak memberi cahaya selama perkecambahan, begitu kotiledon membuka mulailah pencahayaan sebelum terlambat. Waktu di sini adalah titik yang harus diasah di lapangan.

Titik lingkungan yang harus dikendalikan bersambung dengan yang di penyemaian: keempatnya suhu, kelembapan, cahaya, dan larutan nutrisi.

- **Suhu:** disesuaikan dengan tanaman dan fase pertumbuhan. Untuk selada, lazim mengelola suhu udara ruang bibit (bukan suhu air) sekitar 25 °C pada siang (karena ingin menekan etiolasi, malam diturunkan sedikit untuk mengencangkan). Bibit kecil lemah terhadap suhu rendah, jadi jangan turunkan berlebihan.
- **Kelembapan:** jika terlalu tinggi, penyakit mudah keluar. Kelembapan relatif sekitar 60–70% adalah patokan.
- **Cahaya:** yang ampuh mencegah etiolasi adalah cahaya. Meski banyak varietas tak butuh cahaya untuk perkecambahan itu sendiri, begitu kotiledon membuka pastikan tingkat cahaya yang memadai. Jika mulai pencahayaan terlambat, hanya dengan itu keluar bibit lemah.
- **Larutan nutrisi:** selagi bibit kecil, dasarnya menahan konsentrasi larutan nutrisi (EC) rendah dan menaikkannya seiring pertumbuhan. Meski begitu, dari pengalaman saya, bila pengelolaan sulit, mengoperasikan EC yang disetel rendah secara tetap tak jadi masalah dalam praktik (bukan berarti menahannya tetap pada EC tinggi seperti di area budi daya utama, melainkan menahannya tetap pada nilai rendah-sampai-sedang).

Yang dituju dalam membibit bukan sekadar bibit besar, melainkan bibit seragam. Jika pertumbuhan tersebar di dalam baki yang sama, waktu pindah tanam tak bisa disamakan dan pengelolaan berikutnya merepotkan terus. Penyiraman tak rata, cahaya atau suhu tak rata menurut posisi rak, sebaran kepadatan penyemaian — sebab ketidakseragaman kira-kira di sekitar ini. Saat menarik satu baki, bisa menciptakan tiap kali keadaan yang tinggi bibit dan bentangan daunnya tampak seragam. Di sinilah keterampilan pembibitan menunjukkan diri.

Ketika bibit tumbuh dan mulai bertumpang dengan daun tetangga, itulah tanda proses berikutnya, pindah tanam.

Pindah tanam dan penanaman akhir



Bibit yang selesai dibibitkan dipindahkan ke ruang yang lebih luas. Jika Anda biarkan apa adanya bibit yang daunnya mulai bertumpang dengan tetangga, cahaya tak sampai baik, akar sempit dan tak menyerap hara cukup. Dengan memindahkannya ke ruang luas, cahaya yang diterima per tanaman kembali dan pertumbuhan melaju lagi. Mengulang pemindahan ini bertahap, menanam pada akhir dengan jarak yang membawanya sampai panen adalah penanaman akhir.

Jarak tanam diputuskan bukan dari «kemudahan menanam» melainkan dari «pengiriman»

Pada penanaman akhir, «berapa tanaman ditaruh per m^2 », bukankah Anda memutuskannya dari kemudahan kerja saat itu — apakah cepat ditanam, apakah keluar kerugian? Berapa baki ditangani satu orang, berapa yang dijatuhkan saat berakar. Penggaris itu sendiri penting. Hanya saja kepadatan tanaman saja, jika Anda putuskan berdasarkan rasa cepat-lambat kerja itu, kemudahan panen dan berat layak jual per rak terkikis dari belakang.

Saat menanam terasa enak bisa menaruhnya cepat dan rapat, tapi tangan panen jadi lambat kemudian. Rak rapat tampak penuh di mata dan seolah berhasil, tapi tiap tanaman naik kecil dan saat ditimbang «tanaman yang mencapai ukuran incaran» keluar lebih sedikit dari sangkaan. Jarak tanam berpengaruh bukan hanya pada kemudahan kerja saat itu, melainkan pada berat layak jual yang akhirnya Anda timbang.

Mengapa begitu? Jumlah cahaya yang jatuh ke rak tak bertambah meski Anda naikan kepadatan. Pada akhirnya cahaya tetap itu hanya dibagi antara jumlah tanaman. Jadi saat

tanaman ditambah, bagian tiap tanaman berkurang dan naik kecil. Di sini mudah keliru: total panen per satuan luas — berat kotor — justru terus naik, sampai kepadatan tertentu, seiring Anda menambah jumlah tanaman. Yang mentok bukan total, melainkan «berat yang mencapai ukuran jadi incaran dan bisa dikirim sebagai kelas = berat layak jual». Tampak penuh sementara berat yang bisa dipakai tak tumbuh biasanya bukti bahwa tanaman kecil yang jatuh di bawah kelas bertambah.

Sebaliknya, jika Anda ambil jarak tanam terlalu lebar, ruang budi daya terbatas tak termanfaatkan dan volume panen per satuan luas turun. Pertanian vertikal adalah sistem yang menumpuk bedeng budi daya secara tegak untuk menaikkan efisiensi produksi, jadi ruang ingin dipakai maksimal. Tapi jika terlalu rapat, pertumbuhan terganggu. Memadukan keduanya adalah inti penanaman akhir.

Karena itu balikkan urutannya. Pertama taruh di depan ukuran jadi incaran per tanaman dan celah tempat tangan panen masuk dengan enak. Tarik mundur jaraknya dari situ, dan kecepatan menanam dikompromikan terakhir. «Bukan batas atas dari sisi yang menanam, melainkan ditarik dari sisi yang memanen dan dari berat layak jual per rak» — dipikirkan dalam urutan ini, kepadatan cukup berubah cara ia tampak.

Perlu dicatat, «terlalu rapat itu rugi» ini mengandaikan sayuran daun berkrop atau bertajuk besar yang dikirim dengan ukuran jadi satu tanaman. Pada komoditas yang dijual dengan jumlah atau volume total, seperti baby leaf, kerugian satu tanaman jatuh di bawah kelas lebih sulit keluar, jadi kepadatan yang pas condong ke sisi yang lebih rapat. Hanya saja titik keseimbangannya berbeda menurut komoditas.

Lihat bukan dengan jumlah, melainkan dengan «lingkaran yang dibentangkan satu tanaman»

Meski begitu, tangan lapangan cenderung tertarik ke «kalau dirapatkan sedikit lagi bisa dapat jumlah». Ini bukan karena serakah. Berapa tanaman Anda tanam bisa dihitung saat itu juga, tapi detik panen dan berat yang mencapai kelas baru keluar jauh kemudian. Anda hanya terkekang oleh angka yang ada di depan.

Karena itu yang sebaiknya dipegang bukan jumlah, melainkan citra «lingkaran yang dibentangkan satu tanaman». Saat menanam, gambar di kepala, tanaman per tanaman, lingkaran bentangan daun pada ukuran incaran, dan lihat hanya seberapa lingkaran itu

bertumpang dengan tetangga. Ketika lingkaran berbenturan dan mulai menggigit, itulah utang yang harus Anda bayar belakangan atas dua hal: «memperebutkan cahaya lalu jatuh di bawah kelas» dan «tangan panen tak masuk». Jika ingin meninggalkan sesuatu lebih sebagai penanda fisik, gambar di panel penanaman akhir satu lingkaran berdiameter sama dengan bentangan daun ukuran incaran. Tiap kali menanam, bandingkan lingkaran itu dengan jarak tanam di depan Anda, dan jadikan penanda yang berkata dalam sekali pandang: jika lebih rapat dari lingkaran, Anda sedang berutang pada proses berikutnya. Meski pitch lubang tetap dan tak bisa digerakkan saat itu, ia jadi patokan saat memutuskan panel mana dipakai berikutnya.

Selisih tingkat, hasil layak jual, dan otomasi adalah cerita lain

Satu ganjalan yang lazim, saya singgung sekilas. «Meski ditanam dengan jarak sama, tingkat atas dan bawah naik agak berbeda.» Biang selisih ini biasanya bukan cahaya. Rak pertanian vertikal berpencahayaan buatan umumnya dirancang dengan premis bahwa tiap tingkat dipasang panel sama pada tinggi sama dan cahaya seragam tanpa memandang tingkat. Yang tersisa dan bekerja adalah ketaksamaan suhu dan aliran udara — panas cenderung menumpuk di tingkat atas, dan cara angin dan CO₂ berputar tak seragam menurut tingkat dan posisi. Jadi jika satu tingkat selalu naik kecil, mencoba menyusulkannya dengan mengutak-atik kepadatan tingkat demi tingkat cenderung merumitkan pengelolaan penanaman akhir dan panel, sementara sebab pentingnya tetap tak tersentuh. Itu diperbaiki bukan dengan jarak tanam, melainkan dengan HVAC, embusan udara, dan peralatan.

Satu hal lagi: saat dirapatkan dan daun saling bertaut, udara yang mendorong transpirasi lebih sulit sampai ke bagian dalam tanaman, dan menurut varietas ujung daun bagian dalam mengering — kemunculan bertipe tip burn bertambah. Varietas yang daunnya tegak dan menyisakan celah pada jarak tanam bertahan meski dirapatkan sedikit, tapi varietas yang daunnya rebah dan menggulung mudah tertutup di tengah dan lemah terhadap rapat. Karena itu «makin rentan runtuh suatu varietas, makin besar Anda melihat lingkaran dan berhenti sebelum bertumpang». Penilaian merapatkan kepadatan dan pemilihan varietas adalah hal yang dilihat tersambung.

Ketika biaya tenaga kerja mulai membebani, pembicaraan cenderung mengarah ke «sekalian otomatisasi pindah tanam», tapi di sini lebih aman melihatnya dengan menurunkan

ekspektasi satu tingkat. Yang cepat pada mesin adalah «kecepatan menanam», dan luas penerimaan cahaya serta celah panen yang memutuskan hasil — kualitas tata letak — tak membaik dengan sendirinya karena ditanam cepat.

Mengasah jarak tanam optimal, penilaian investasi peralatan untuk menutup selisih tingkat, apakah otomasi pindah tanam sepadan — wilayah ini baru bisa dinilai setelah diukur nyata dengan penggaris berat pengiriman per rak. Prosedur mengukur tiga keluaran (berat yang mencapai kelas, detik panen, hasil layak jual) secara terkait, pemilahan menurut varietas, dan penilaian realistis atas otomasi dibahas rinci di «172 Kiat». Sebagai pemula di lapangan, bawa pulang dulu kebiasaan sekejap membandingkan lingkaran panel dengan jarak tanam di depan Anda tiap kali menanam — itu cukup.

Panen dan pemangkasan



Ketika tanaman yang ditanam-akhir tumbuh tuntas, tibalah proses terakhir budi daya — panen dan pemangkasan. Inilah saat benih yang Anda semai sendiri jadi sayuran, tapi sekaligus titik awal proses baru menuju penjualan.

Saya lebih dari sepuluh tahun menggeluti panen sayuran daun di pertanian vertikal berpencahayaan buatan (PFAL). Konsultasi yang paling banyak saya terima pada proses ini adalah tarik-tambang «kalau memotong cepat kualitas turun, kalau bekerja saksama jumlah tak keluar». Jika Anda susun lini yang memotong cepat, saat sampai di rak toko ujung daun sudah rusak. Jika Anda kendurkan tangan agar tak rusak, kali ini hasil hari itu tak mencapai target. Banyak yang mengenali rasa bahwa apa pun yang Anda topang, yang lain runtuh.

Tapi ini tampak dilema hanya karena Anda menaruh efisiensi dan kualitas pada satu timbangan. Jika dilihat baik-baik, panen punya beberapa kenop yang diputar masing-masing.

Kapan memotong, bagaimana bergerak, dengan apa memotong — begitu Anda pisahkan, gerakan bertambah. Sekalipun perangkat besar seperti cahaya dan suhu ditaruh dulu di samping, hanya dengan yang bisa digerakkan di lapangan sejak hari ini, pembicaraan tak lagi satu «cepat atau kualitas».

Sebelum memutar kenop, ratakan lantai hygiene

Sebelum memutar kenop, ada satu hal lagi yang ditaruh lebih dulu. «Lantai kualitas». Mencuci dan mengeringkan alat dan wadah panen, membereskan air dan sampah area panen sering-sering — pada sayuran daun hidroponik, ini jadi fondasi kualitas sebelum potongan. Jika Anda kemas dengan air masih menempel, itu jadi pintu masuk jamur dan pembusukan. Ini pula yang saya tekankan di lapangan sampai serak.

Mencuci, mengeringkan, membereskan tak memakan uang, bisa dilakukan sejak hari ini, dan bisa diulang. Karena itu ia pula kenop yang bisa diputar paling awal. Jika Anda bicara potongan selagi ini kendur, pijakan tetap kosong. Gagasan hygiene itu sendiri kita bahas bersama nanti di «Ketuntasan manajemen hygiene sanitasi», tapi di lapangan panen, ketimbang «memutus mikroba dari suatu tempat», sikap tak meninggalkan air dan sisa, tak menambahnya, tak menyebarkannya, sudah cukup.

Kapan memotong: pita waktu dan hari potong

Pertama, pita waktu dalam sehari. Di lapangan yang saya lihat, begitu tiba sore kelelahan keluar, dan yang dipotong ditemukan kemudian, pada tahap pengardusan, potongannya kasar, panjangnya tak seragam. Sebaliknya dari awal kerja sampai tengah hari konsentrasi bertahan, dan meski tangan cepat keluar seragam.

Namun pita mana yang mengasar berbeda menurut lapangan dan orang. Pasti ada lapangan yang di jam pertama pagi tangan dan mata dingin dan jam pertama paling kasar. Karena itu ketimbang memastikan pita, lihat di lapangan Anda sendiri kapan mengasar, dan curahkan hanya pita itu ke keseragaman. Setelah tahu pita yang mengasar, anggap waktu itu sesuatu yang terpisah: turunkan dulu kenop kecepatan dan fokus hanya menyeragamkan panjang. Saat kondisi sedang di atas, meski dinaikkan kecepatannya keluar seragam. Pada panen yang sama pun, sasaran dipisah menurut pita waktu.

Yang menarik, ketika kualitas pita yang mengasar stabil, kecepatan sesudahnya justru juga bertambah. Karena kerja ulang yang diperbaiki di tahap pengardusan berkurang, proses berikutnya menjadi cepat. Ketimbang membenturkan kecepatan dan kualitas berhadapan, jika Anda putuskan di muka mana didahulukan menurut pita waktu, ada pita yang keduanya datang dengan sendirinya.

Pada «hari potong» pun — hari ke berapa memotong — satu tingkat lebih lambat, ada yang bekerja. Anda geser tanggal panen terjadwal satu hari, dan sementara hari sebelumnya bercampur tanaman kecil, hari berikutnya seragam dan memotong maupun mengardus selesai lancar. Bukankah pernah punya pengalaman itu? Hanya saja, jika Anda geser satu hari dengan firasat saja, tak menjadi penataan yang bisa diulang. Pada dasarnya keseragaman tanaman sebagian besar diputuskan oleh kepadatan penanaman akhir, proses sebelumnya, dan menyusur mundur, oleh keseragaman perkecambahan, jadi bukan urusan sisi potong saja. Meski begitu, memilih hari seragam untuk memotong adalah hal yang bisa dilakukan di lapangan panen.

Bagaimana bergerak: keseragaman potongan berubah dengan jalur gerak

Sore, saat lelah, Anda memotong hanya dengan pergelangan, sekenanya. Sambil menumpuk potongan di tangan kiri, gerakan mengulurkan tangan ke tanaman berikutnya ada canggungnya. Padahal pagi, saat kondisi naik, Anda berputar dengan seluruh lengan, dengan seluruh tubuh menghadap tanaman. Padahal orang yang sama. «Bagaimana Anda bergerak» itu bekerja pada keseragaman potongan.

Potongan pergelangan yang sekenanya mengasar mungkin karena jangkauan potong terlalu lebar dan Anda hanya mengulurkan tangan ke tanaman jauh. Karena itu, pada situasi memindahkan tanaman ke meja kerja atau konveyor untuk memprosesnya, setel tinggi meja agar siku sedikit menekuk dan persempit jangkauan mengulur tangan ke satu langkah. Potong hanya jangkauan yang Anda capai, lalu dekatkan dengan seluruh tubuh. Dengan begitu sudut masuknya bilah seragam tiap kali, dan potongan lebih sulit tersebar — sebuah rasa yang berkali-kali saya lihat di lapangan sayuran daun pertanian vertikal berpencahayaan buatan.

Bahwa beban postur turun juga diukur dalam riset. Dalam laporan yang menganalisis gerak panen sayuran daun di pertanian vertikal, dibanding berdiri atau meja tinggi, duduk sambil menyetel meja ke tinggi siku dan mempersempit jangkauan kerja menurunkan baik sudut

menengadahkan leher ke belakang maupun sudut menjulurkan bahu ke depan. Namun, ini mengukur situasi duduk di meja mandiri, jadi tak langsung berlaku pada situasi memotong di tempat di tingkat atas rak bertingkat. Yang bekerja adalah situasi memindahkan tanaman ke meja atau konveyor untuk memproses atau menyeleksinya.

Dengan apa memotong: ketimbang alat, ketetapan gerakan

Soal alat. Saat memotong sayuran daun, ada yang memakai gunting, ada yang menarik lembut dengan bilah seperti pisau. Ketimbang gunting atau pisau yang memutuskan keseragaman, pada keduanya yang lebih bekerja adalah «apakah bilah masuk pada sudut sama di posisi sama». Gunting mudah menetapkan posisi tutup, jadi panjang mudah diseragamkan. Penampang kadang keluar lebih mulus dengan menarik lembut. Bukan soal mana yang lebih unggul, melainkan gagasan memilih yang cocok dengan jalur gerak Anda sendiri.

Di sekitar alat ada satu hal lagi, hygiene terlibat. Pisau, gunting, dan wadah panen, begitu dipakai segera dicuci dan dikeringkan. Bukan hanya untuk menjaga ketajaman, melainkan sebagai dasar lapangan untuk memutus kotoran yang tak ingin dibawa masuk ke sayuran daun hidroponik.

Pemangkasan: proses yang menata menciptakan nilai produk

Setelah selesai memotong, tiba pemangkasan. Pemangkasan adalah pekerjaan menata sayuran yang dipanen. Bukan sekadar soal tampilan, melainkan menyentuh nilai produk itu sendiri. Sayuran yang bentuknya tertata dan dipangkas bersih tampak segar dan menggugah selera, memberi rasa tenang, dan menyampaikan kesan berkualitas tinggi. Pada sayuran daun, beberapa daun luar yang rusak dan pangkalnya dijatuhkan, dan daun bersih di tengah disisakan. Kriteria jumlah daun, panjang, berat, dan bentuk kadang ditetapkan rinci menurut pabrik atau tujuan penjualan.

Yang ingin disadari di sini, pemangkasan bila dilakukan berlebihan justru bekerja sebaliknya. Ia pekerjaan menjatuhkan daun luar yang rusak dan pangkal, tapi jika Anda buang berlebihan, berat layak jual berkurang begitu saja — bekerja ke arah menurunkan hasil layak jual.

Sebaliknya, jika Anda buat luka atau merobek daun, nilai produk turun. Dan kerja serampangan menimbulkan kerja ulang dan pada akhirnya memakan waktu. Karena itu jika pada seleksi Anda tetapkan kriteria ukuran dan kualitas di muka lalu golongkan menurut kelas,

penilaian tak goyah dari orang ke orang.

Yang tampak sebagai selisih keterampilan, dan yang bisa diangkat desain dari bawah Terakhir, tersisa satu kesadaran. Ketika selisih volume panen atau kualitas muncul antara veteran dan pemula, Anda cenderung memutusnya dengan «keterampilan orang itu belum matang». Tapi, berpijak pada pembicaraan sejauh ini, mungkin itu bukan masalah keterampilan, melainkan sekadar tinggi meja tak pas, penataan hari potong tak seragam dari orang ke orang, prosedur higiene belum dibagikan.

Di sini kita pisahkan dua hal. Desain — tinggi meja, penataan hari potong, prosedur higiene dan pemangkasan — mengangkat dari bawah «lantai» baik veteran maupun pemula. Jika prosedur dibagikan dalam satu lembar kertas, garis minimal pemula naik. Di sisi lain «langit-langit», yaitu keluaran orang yang mahir, penilaian dalam situasi sulit, takaran tenaga, itu sisi yang diputuskan keterampilan. Menyeragamkan desain tak menghapusnya, dan bukan pula sesuatu yang harus dihapus.

Mencampuradukkannya adalah rugi. Jika Anda putus dengan «keterampilan orang itu belum matang» selisih tingkat yang sebenarnya bisa diperbaiki desain, Anda melewatkan selisih yang bisa ditutup satu lembar kertas. Karena itu angkat dulu lantai dengan desain, dan pada selisih yang tetap tersisa, baru saat itu sebut keterampilan. Urutannya begitu.

Perlu dicatat, dari sini ke depan ada pula kenop yang tak bisa digerakkan dari lapangan panen saja. Persiapan menekan pemupukan beberapa hari sebelum memotong untuk menurunkan nitrat daun, tukar-tebus yang menaikkan hasil menurunkan nilai gizi — seperti pada cahaya dan larutan nutrisi — dan penilaian memasukkan mesin otomatisasi atau tidak: semuanya pendalaman yang langsung terkait hasil dan laba-rugi, dan menuntut hitungan «mulai berapa sepadan». Karena ini melampaui pintu masuk panen, saya taruh hanya pintu masuk cara berpikir dan serahkan rinciannya kepada «172 Kiat». Perbaiki proses panen, pada akhirnya, bekerja pada laba pabrik secara keseluruhan.

Pekerjaan pascapanen



Sayuran yang dipotong bukan sesuatu yang bisa dibiarkan begitu saja. Sayuran kehilangan kesegaran sejak saat dipanen. Dari luar kehilangan kesegarannya dan layu, pada rasa aromanya menurun dan pahit serta getir bertambah, dan nilai gizi pun turun. Rangkaian pekerjaan sampai pengiriman memutuskan sampai mana kesegaran ini bisa dijaga.

Pekerjaan pascapanen secara garis besar empat hal. **Pengangkutan** dari area budi daya ke area kerja (menjaga suhu selama pengeluaran dan meredam benturan dengan wadah dan trolis). **Penimbangan dan penyortiran** untuk menyeragamkan ukuran, bentuk, dan berat ke kelas. **Pengemasan dan pembungkusan** ke kantong dan pak. Dan **penyimpanan**, mendiamkannya pada suhu-kelembapan yang sesuai. Sebagai prosedur, mengalir dalam urutan ini.

Hanya saja, di sini ada satu hal yang cara pandangnya ingin saya ubah di muka.

Saat Anda memastikan kualitas dan saat pelanggan memastikannya

Anda menimbang, mengemas, memeriksa, dan mengirim. Anda menjalankan tiap langkah dengan cermat. Dan tetap saja, setelah pengiriman, datang keluhan: «daunnya layu», «rusak oleh tetesan air». Penimbangan sesuai kelas, pengemasan dan pemeriksaan sesuai prosedur. Dan tetap saja Anda ditegur di tujuan.

Bila dipikir baik-baik, saat terakhir Anda memastikan kualitas adalah meja pemeriksaan, dan saat pertama pelanggan memastikannya adalah ketika ia membuka kotak yang tiba. Di antara keduanya terbaring, seutuhnya, durasi pengangkutan, suhu, dan guncangan. Jika di pemeriksaan Anda melewatkan tetesan air lalu meloloskannya, di dalam kotak yang tersegel kelembapan itu kehilangan jalan keluar dan mengukus daun sepanjang pengangkutan. Meski

pada saat pengiriman tak ada masalah, saat tiba sudah rusak.

Artinya, pekerjaan pascapanen bukan proses yang hanya memastikan keadaan saat ini, melainkan proses yang memutuskan di sini dan kini keadaan beberapa jam kemudian, beberapa hari kemudian. Karena itu kriteria pemeriksaan pun ditarik ulang: bukan hanya «apakah dalam kelas», melainkan ditarik mundur dari «bagaimana keadaannya saat dibuka».

Langkah pertama penarikan mundur itu adalah menjadikan diri Anda pelanggan. Ambil satu kotak dari pengiriman hari ini. Alih-alih membiarkannya di rak pengiriman, diamkan selama durasi pengangkutan yang sama, pada pita suhu yang sama, dan buka sendiri pada jam pihak seberang akan membukanya. Dengan begitu «tak masalah saat pengardusan, tetesan air setelah setengah hari, layu setelah sehari», berbaris di sumbu waktu dengan apa yang terjadi di keluaran proses Anda sendiri. Ini bukan menebak sampai melampaui logistik. Ini verifikasi sangat murah untuk memisahkan hanya kerusakan yang sudah Anda tanam di dalam proses sendiri, sebelum menyerahkan ke logistik.

Tiga tipe kerusakan

Kerusakan yang muncul seiring waktu sebaiknya tak semuanya dimasukkan ke karung «kesegaran turun». Diraba dengan tangan, ia terbagi menjadi beberapa tipe. Karena fisika yang terjadi berbeda pada masing-masing.

Layu (dehidrasi) daunnya tanpa kekencangan dan ringan. Jika ditimbang, mestinya di bawah saat pengiriman. Ini tanda bahwa, pada tahap sebelum pendinginan, air lolos dari daun. Ketika layu keluar di lapangan saya, umumnya waktu daun dibiarkan telanjang di udara kering antara panen dan pradingin serta pengemasan telah memanjang. Gerakannya: jangan biarkan mengering sebelum mendinginkan dan sebelum mengemas, dan kencangkan proses yang memaparkan daun. Jika cenderung layu sebelum pengemasan, melembapkan untuk menekan kekeringan di sekitar daun juga bekerja. Hanya saja perlu hati-hati: pelembapan ini hanya bekerja «sebelum pengemasan, di sisi layu». Jika Anda kurung kelembapan setelah memasukkan ke kantong dan menutupnya, kali ini condong ke dua tipe berikut. Meski «air» yang sama, menurut situasi gerakannya terbalik.

Tetesan air (kondensasi) muncul dalam bentuk butir menempel di dalam kantong. Ini tipe menutup selagi hangat. Jika Anda masukkan ke kantong dan tutup daun yang belum dingin sampai inti, kelembapan di dalam kehilangan jalan keluar dan menjadi embun di sisi dalam.

Gerakannya: turunkan suhu sampai tuntas sebelum menutup, atau ganti ke kemasan yang meloloskannya. Sebaliknya, jika Anda tutup setelah mendinginkan sampai inti, penutupan justru punya sisi yang menguntungkan dengan menahan kelembapan. Bukan penutupan itu sendiri yang buruk, melainkan menutup sebelum dingin tuntas yang bekerja.

Pembusukan (pengukusan) cenderung muncul di lapisan dasar dan pusat kotak. Ini tipe menumpuk sebelum dingin dan panas pusat tak keluar. Gerakannya: turunkan suhu inti sebelum menumpuk, tumpuk dengan cara yang meloloskan angin. Di sini ada satu jalur lagi yang tak dijelaskan oleh suhu dan cara menumpuk saja. Pada pembusukan berpengaruh pula jumlah mikroba yang sedari awal ada di permukaan daun. Jika alat atau wadah kotor, ia mengambil mikroba di situ, lalu kelembapan dan suhu di dalam kantong menjalankannya maju. Karena itu penanggulangan pembusukan bukan memasukkan peralatan sanitasi khusus — pertama, pembersihan biasa: mencuci dan mengeringkan alat dan wadah yang dipakai, mengelap air meja, tak membiarkan remah yang keluar menumpuk. Mikroba sedari awal di mana-mana dan tak bisa dinolkan. Karena itu ketimbang «tak memasukkannya», «tak menambahnya, tak menyebarkannya». Ini rutinitas higiene yang termasuk rantai kualitas, bahkan sebelum bicara tipe.

Pada berapa derajat dan berapa menit sebuah tipe beralih bergerak menurut tanaman, menurut kemasan, dan menurut kondisi logistik. Di sini tak bisa dipastikan. Menyusuri satu kotak di lapangan Anda sendiri dan memastikan di mana tipe muncul itulah yang andal.

Urutkan gerakan sebagai «operasional → bahan habis pakai → peralatan»

Setelah mengeluarkan gerakan tipe demi tipe, kali ini bariskan pada sumbu lain. Menurut besar tenaga dan uang yang dituntut untuk mengubahnya, gerakan terbagi menjadi tiga lapisan.

Yang pertama, lapisan **urutan, waktu, dan jalur gerak**. Urutan mendinginkan, cara menumpuk, waktu daun terpapar bisa diubah dengan operasional sejak hari ini. Tak memakan uang, cukup memutuskan dan menjalankan. Urutan mengeluarkan stok juga di sini. Yang masuk pertama keluar pertama. Jika Anda langgar ini dan biarkan stok lama mandek di rak, Anda memberinya persis waktu tambahan itu agar dehidrasi dan pembusukan maju. Higiene mencuci alat dan membereskan air juga berbaris di lapisan gratis ini.

Yang kedua, tingkat **bahan habis pakai dan perkakas bantu**. Mengganti bahan kemasan dengan yang meloloskan kelembapan, mengubah tinggi rak, menambah pendingin. Bisa dicoba dengan investasi kecil dan tetap dalam jangkauan bahan habis pakai.

Yang ketiga, lapisan **peralatan dan kontrak**. Ruang pradingin, mesin pengemas, pita suhu angkutan logistik adalah perkara yang dibawa ke atas.

Yang penting adalah urutan. Pertama kencangkan tuntas operasional lapisan pertama. Tipe yang lenyap dengan itu tak butuh peralatan. Balikkan urutannya dan beli ruang pradingin lebih dulu untuk tipe yang sebenarnya bisa dihapus operasional, maka seberapa pun uang dikeluarkan tipe itu tak lenyap. Meski begitu, ini bukan berarti «hanya dengan operasional semua lenyap». Ada pula tipe yang tak tercapai sentuhan operasional, seperti kecepatan menurunkan suhu inti atau cara menutup. Karena itu memulai dari operasional bukan karena dengan operasional semua lenyap, melainkan untuk memisahkan murah, sebelum membeli, «tipe mana lenyap dengan operasional dan tipe mana butuh peralatan». Dan jika Anda punya catatan lapisan pertama yang memisahkan tipe, saat membawa perkara peralatan atau kontrak ke atas pun Anda bisa berkata «untuk menghentikan kerusakan mana, berapa». Bahan penilaian terkumpul.

Kerusakan yang bisa dicegah pascapanen dan kerusakan yang diputuskan di hulu
Meski dikencangkan lapisan demi lapisan, tetap tersisa satu pertanyaan. Proses pascapanen tak memutuskan «semuanya».

Cara membedakannya begini. Susuri satu kotak: tak masalah saat pengiriman, dan setelah setengah hari, setelah sehari, muncul sebuah tipe. Layu, kondensasi, pengukusan. Ini sisi yang bisa diubah pascapanen. Kerusakan yang muncul seiring waktu diciptakan penanganan Anda sendiri. Sebaliknya, begitu Anda buka potongannya sudah cokelat, daun sudah ada kerusakan, kekencangannya sedari awal lemah dan langsung layu. Ini bukan muncul seiring waktu, melainkan sudah ada di dalam sejak awal. Pemilihan varietas, waktu panen, cara memotong — diputuskan pada panen itu sendiri atau sebelumnya, dan sehati-hati apa pun Anda menanganinya pascapanen tak terkejar. Kerusakan yang masuk di hulu, kembalikan ke hulu.

Pekerjaan pascapanen bukan tempat memikul semuanya. Yang diputuskan di hulu, harga dan merek, tak bisa diubah di sini. Tapi jangkauan yang Anda finalkan di sini — keadaan saat

pelanggan membuka kotak — hanya itu, buat sampai tuntas dengan bersih. Apakah muatan yang sekali dibeli dipilih lagi berikutnya, atau menjadi keluhan dan bisnis menipis: yang memisahkan keduanya adalah apakah tiba dalam keadaan yang dijanjikan saat dibuka.

Perlu dicatat, jika Anda punya keluaran yang mengarahkan daun yang tak mencapai kelas ke penggunaan potong atau bahan baku olahan alih-alih ke buangan, bagian yang tak bisa Anda cegah tuntas dengan operasional tak tinggal sebagai kerugian murni. Sampai mana bisa dipulihkan bergantung pada bagaimana Anda menyusun saluran penjualan, tapi desain keluaran ini dan hitungan ke tipe mana mengarahkan investasi peralatan adalah penilaian yang langsung terkait laba. Saya taruh di sini hanya pintu masuk cara berpikir dan serahkan pengasahan mendalam kepada «172 Kiat».

Manajemen dan pelatihan karyawan

Sampai di sini fokus ada pada bibit dan angka. Mulai dari sini kita masuk ke lapisan terakhir dari tiga lapisan: lapisan orang dan alur kerja. Hanya dengan teknik dan peralatan, pertanian vertikal tak berputar. Yang menggerakkannya adalah orang, dan bagaimana Anda membina orang diam-diam menguasai hasil lapangan. Dibanding investasi peralatan tampak sederhana, tapi kenyataannya di sinilah yang paling bekerja.

Saat mengajar, dinding pertama adalah «naluri orang itu». Hasil tak stabil. Anda menyusuri sebabnya dan pada akhirnya selalu sampai ke penilaian seseorang tertentu. Menurut hari orang itu ada atau tidak, lapangan berubah. Anda tambah personel tapi keterulangan tak keluar, Anda coba mengajar tapi orangnya sendiri tak pandai menuangkan ke kata — di akar kegelisahan ini mungkin ada satu prasangka. Prasangka bahwa naluri adalah pengalaman dan akal budi individu, seutuhnya miliknya, dan tak bisa dikeluarkan. Mari lepaskan prasangka itu sekali.

Naluri bisa dibagi menjadi tiga lapisan

Veteran tiba-tiba memutuskan kapan memanen. Bagaimana Anda menyerahkan penilaian itu ke orang berikutnya. Bukan perkara yang selesai dengan membuat manual, tapi dengan «lihat dan pelajari» pun tidak, karena lapangan berhenti saat orang itu pergi.

Coba tanya «apa yang kamu lihat untuk memutuskan?», yang kembali biasanya «begitu saja, dengan naluri». Tapi jika diamati baik-baik, warna daun, postur tanaman, selisih pertumbuhan

tingkat demi tingkat rak — orangnya sendiri melihat beberapa hal. Hanya saja tak menuangkannya ke kata; ia melihat petunjuk yang tetap. «Begitu saja, dengan naluri» ini bukan bohong bukan malas dan mungkin sebuah fakta, tapi «tak bisa dituangkan ke kata» dan «tak bisa dijadikan pola» tidaklah sama.

Saya memikirkan penilaian veteran terbagi menjadi tiga lapisan menurut kemudahan pembakuan.

- **Lapisan pertama: nilai yang dibaca alat.** Tinggal sebagai angka, apa adanya, tanpa lewat perasaan orangnya sendiri. Hanya saja bagaimana membaca angka itu — apakah terkalibrasi, di mana diukur, bagaimana menangani selisih antar-tingkat bila rak bertingkat — sudah perkara lapisan berikutnya. Bahkan pada sayuran daun pertanian vertikal berpencahayaan buatan, di ruang yang sama pertumbuhan berbeda antara tingkat tempat aliran udara mandek dan yang tidak, dan dengan angka satu titik saja kenyataan lolos.
- **Lapisan kedua: penilaian yang bercabang menurut kondisi.** Bagian percabangan «jika warna daun begini, pada periode ini, untuk tujuan pengiriman ini, maka dipanen». Meski orangnya tak pandai mengatakannya, jika di sampingnya ditanya berkali-kali «kenapa tadi tidak dipanen», kandidat petunjuk terkumpul. Hanya saja penjelasan yang dibuat belakangan kadang menyimpang dari penilaian nyata, jadi dibandingkan pada beberapa kesempatan dan dengan beberapa orang.
- **Lapisan ketiga: rasa tangan.** Bagian yang sungguh sulit dikuantifikasi, yang tersisa di tangan sampai akhir.

Kuncinya, jangan mencoba menjadikan semua pola sejak awal. Karena Anda menaruh tiga lapisan bersama di karung «naluri», ia jadi sulit diserahkan. Jika Anda ambil dulu bagian yang bisa dituangkan ke kata di lapisan pertama dan kedua, sebagian besar naluri bisa didekatkan ke butir serah-terima biasa. Yang tersisa hanya lapisan ketiga, yang tinggal di tangan. Karena Anda tak memisahkan itu dan berkata «lihat dan pelajari semua», ia berhenti saat orangnya pergi.

Penilaian waktu panen justru situasi tempat ketiga lapisan ini bertumpang. Ada patokan yang dekat ke alat: hari pertumbuhan sejak penyemaian dan penanaman akhir (lapisan pertama). Tapi pada akhirnya Anda melihat tampilan — warna daun, postur tanaman — dan memutuskan memanen sekarang atau menunggu sehari. Pembacaan tampilan ini tak bisa dituangkan tuntas ke kata dan cenderung tinggal di tangan (lapisan ketiga). Menaruh angka

sebagai fondasi lalu menyerahkan penilaian akhir di samping dengan peragaan langsung — dilihat terpisah, tertata sampai sini tanpa susah.

Menuangkan ke kata dilarutkan ke laporan harian masa normal

Mengeluarkan garis besar lapisan kedua dengan menanya di samping berpuluh kali memakan cukup banyak waktu dan tenaga. Dan jika Anda tak melakukannya selagi veteran masih di lapangan, Anda tak sempat. Padahal lapangan cenderung mulai tergesa-gesa hanya ketika diketahui orang itu akan pergi.

Karena itu, alih-alih menyusunnya sebagai proyek khusus, larutkan ke pekerjaan harian. Jika Anda hentikan lapangan dan dudukkan veteran di samping untuk mengambil keterangan, orangnya jadi tegang dan tak berlanjut. Alih-alih itu, pada satu baris laporan harian atau serah-terima, tambahkan satu alasan **hanya pada hari penilaian bercabang**. «Hari ini tak kupanen, karena warna daunnya belum keluar.» Jika Anda coba menulis tiap hari, di musim sibuk itu yang pertama dihilangkan. Jika satu baris, ia berputar sebagai perpanjangan kerja sehari-hari.

Soal siapa yang menulis, ketimbang membuat veteran sendiri menuangkan ke kata, lebih berjalan jika anak muda yang bekerja di sampingnya mencatat «apa, kapan, bagaimana ia melakukannya» dalam satu baris. Karena orangnya hanya bisa berkata «begitu saja, dengan naluri», pihak yang memegang pertanyaan yang mencatat. Hanya saja bagian «mengapa» tak terisi jika veteran tak menjawab satu kata di tempat, jadi majukan selagi masih masa normal dan ia masih kooperatif. Setelah menumpuk, baca ulang sesekali alasan yang berulang untuk mengelompokkannya ulang jadi percabangan menurut kondisi, dan baris yang ditulis anak muda, mintalah veteran memastikan kemudian dengan satu kata «apakah pemahaman itu benar». Ketimbang sempat, ini menciptakan keadaan sempat pada masa normal.

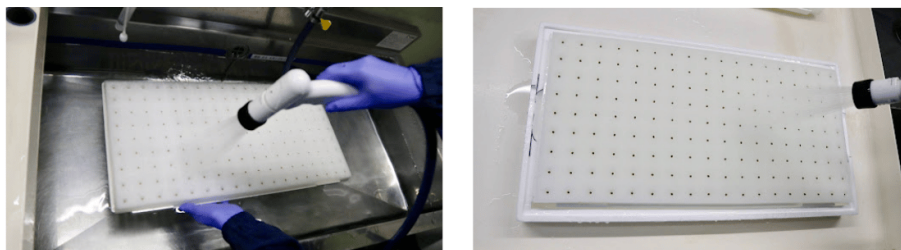
Pelatihan pemula pun bertumpu di atas pemisahan ini. Dasar untuk semua: beda pertanian vertikal dengan pertanian konvensional; dasar manajemen budi daya seperti suhu, kelembapan, cahaya, CO₂, dan larutan nutrisi; prosedur tiap proses; manajemen higiene sanitasi; kendali mutu; manajemen keselamatan. Selagi bergabung ke kerja, minimum pengetahuan wajib, dan higiene serta mutu terutama dengan penekanan. Kekhususan lebih jauh — teknik budi daya, manajemen peralatan, analisis data — diserahkan bertahap kepada yang menyelesaikan dasar. Bagian kekhususan inilah justru wilayah tempat lapisan kedua

dan ketiga tadi menumpuk.

Ada satu hal yang ingin saya taruh dengan jujur. Sebelum menanya «bagaimana menyerahkan naluri», ada pula gerakan menanya apakah tak bisa lepas tanpa menyerahkannya. Menambah bagian yang bisa diukur alat lalu mendorong lapisan kedua ke pertama. Merancang ulang kerja untuk mengurangi situasi yang menuntut penilaian. Menyederhanakan kriteria agar mendarat pada prosedur yang sama siapa pun yang melakukannya. Jika dengan begitu volume naluri itu sendiri bisa dikurangi, tenaga menyerahkannya pun tak lagi perlu. Ini arah yang benar sebagai garis utama, dan yang bisa dikurangi, lebih baik dicondongkan ke sana. Hanya saja, bagian yang tak tercapai tuntas oleh otomasi dan pembakuan tetap tersisa bagaimanapun. Karena itu di sini ditangani «setelah mencondongkan yang bisa, bagaimana menyerahkan yang tetap tersisa». Sampai mana dicondongkan ke sistem dan di mana menghabiskan orang dan biaya — penilaian itu adalah penilaian menekan opex itu sendiri, dan cara berpikir mendalam saya serahkan kepada «172 Kiat».

Ketika pemisahan ini berhasil, naluri tak lagi «sesuatu yang lenyap bersama tiap orang».

Ketuntasan manajemen higiene sanitasi



Setelah menata orang, Anda berpindah ke fondasi lapangan tempat orang-orang itu bekerja — higiene. Lapangan pertanian vertikal selalu menyeret hubungan dengan patogen dan hama. Yang paling detersandungi pemula adalah manajemen higiene sanitasi ini. Karena, jika Anda yakin higiene adalah soal jumlah pembersihan «berapa banyak dicuci», suatu hari Anda pasti membentur dinding tempat, seberapa pun Anda mencuci, angka tak turun. Saya taruh dulu sikap saya tertulis. Mikroba tak bisa dinolkan. Seberapa pun Anda mengisolasi gedung, ada bagian yang masuk bercampur sedikit ke air keran dan air larutan nutrisi, dan di mana suhu dan air berkumpul, selalu ada di suatu tempat. Karena itu bagi saya, menetapkan «dari mana masuk» mikroba tak banyak menemukan makna. Yang harus dikendalikan hanya dua.

Apakah Anda menciptakan tempat mikroba itu bertambah (sarang). Dan apakah Anda menyebarkan ke tempat yang seharusnya bersih kontaminasi yang memekat di satu titik. Manajemen higiene sanitasi mulai dari mengganti pola pikir: bukan pekerjaan menambah jumlah cucian, melainkan pekerjaan tak menambah, tak menyebarkan.

Alasan mentok meski jumlah cucian ditambah

«Kunaikkan dari tiga kali seminggu ke tiap hari, tapi angka mikroba area budi daya tak berubah dari sebelumnya.» Anda menebalkan buku prosedur, menambah tempat yang dilap, dan lagi-lagi mentok di angka yang sama tanpa turun. Saat pemula, di sini Anda cenderung cemas «apakah pembersihanku serampangan», tapi biasanya bukan masalah jumlah pembersihan.

Saat berjalan di lapangan, Anda menyadari sesuatu yang aneh. Meja yang Anda lap tiap hari cukup bersih, sementara di bawah rak yang jarang disentuh orang atau di sambungan pipa — tempat yang tak masuk prosedur pembersihan — angka mikroba lebih buruk. Tempat yang Anda cuci dan tempat mikroba bertambah sedari awal meleset. Ketimbang cucian kurang, saya memandangnya begini: di tempat yang menumpuk kondensasi dan bahan organik lalu tak mengering, mikroba mudah menetap. Sayuran daun memakai air. Tak terhindarkan, di tempat rendah, sambungan, dan sekitar saluran buang menumpuk sisa air dan larutan nutrisi. Di situ suhu dan kelembapan pun nyaman bagi mikroba. Anda menebalkan buku dan menambah tempat yang dilap, tapi jika sarang perbanyakkan itu sendiri tersisa, ia mentok — ini berkali-kali saya lihat di lapangan. Karena itu yang dilihat pertama bukan jadwal pembersihan, melainkan «di mana air berhenti dan tak mengering». Jika dirancang agar mengering, sedari awal tak sampai ke perlombaan jumlah cucian.

Pada hidroponik, ada satu hal lagi yang diwaspadai. Yaitu peringatan bahwa berputarnya larutan nutrisi di dalam fasilitas itu sendiri bisa menjadi struktur yang mendorong perbanyakkan mikroba yang bisa bergerak di dalam air. Hanya saja, di sini mudah disalahpahami: sirkulasi itu sendiri bukan keburukan. Selama Anda menjamin laju aliran cukup dan menjalankannya normal tanpa kemandekan, bukan berarti sirkulasi melambungkan risiko; itu penilaian saya. Yang jadi masalah adalah tempat aliran berhenti dan air mandek, yang tak pernah mengering. Apakah mikroba mudah bertambah di sistem larutan nutrisi bergantung besar, sebelum jumlah cucian, pada sisi struktural apakah air mengalir sebagaimana mestinya dan apakah tak

mandek.

Tak membawa kontaminasi pekat ke zona bersih: bibit dan jalur gerak

Setelah mengendalikan tempat ia bertambah, yang bekerja berikutnya adalah di mana Anda memekatkan mikroba itu dan ke mana Anda menyebarkannya. Mikroba itu sendiri di mana-mana, tipis dan sedikit. Masalahnya, apakah tersisa di fasilitas sebuah jalur tempat mikroba, yang seharusnya tipis, memekat di satu titik lalu dibawa ke area budi daya yang seharusnya bersih.

Pembawa secara garis besar dua. Yang satu bibit. Media tanam dan sekitar akar sedari awal tempat pekat dengan mikroba lebih banyak. Jika Anda masukkan apa adanya ke area budi daya, Anda menaruh kontaminasi pekat di tempat yang seharusnya bersih. Seberapa pun Anda mencuci ruang, bagian yang menempel ikut bibit tak berkurang dengan jumlah cucian. Yang satu lagi jalur gerak orang dan barang. Pembibitan, pindah tanam, panen, pengemasan — ruang yang seharusnya berbeda kebersihannya dilintasi bolak-balik oleh troli dan orang. Roda troli, sepatu bot, sarung tangan membawa apa adanya mikroba pekat dari sisi kotor ke sisi bersih. Karena itu titik yang dikendalikan adalah struktur menetapkan tempat menerima bibit pada satu titik dan menyusun jalur gerak satu arah, dari yang lebih bersih ke yang kurang bersih. Tak membiarkan mengalir balik, tak membiarkan kembali. Tak memasukkan mikroba tempat pekat ke tempat tipis. Jika Anda kendalikan itu dengan desain, pembersihan berikutnya jadi jauh lebih mudah.

Saat memeriksa jalur gerak, jika Anda bagi fasilitas sekali menjadi tiga menurut derajat kebersihan, mulai terlihat di mana ia bersilangan.

| Zona | Kebersihan | Tempat utama | Titik yang dikendalikan | | --- | --- | --- | --- | | Zona terkontaminasi | Rendah | Pintu masuk fasilitas, kantor, toilet, ruang istirahat | Menghentikan kontaminasi yang dibawa dari luar | | Zona transisi | Sedang | Ruang penyiapan bahan, tempat ganti baju dan cuci tangan | Tak memindahkan kontaminasi ke zona bersih | | Zona bersih | Tinggi | Area penyemaian, budi daya, dan panen | Menjaga ini sebersih mungkin |

Tetapkan jalur gerak satu arah: zona terkontaminasi → zona transisi → zona bersih. Sebelum masuk zona bersih, selalu lewati zona transisi dan masuk setelah menjatuhkan kotoran dengan ganti baju dan cuci tangan. Tak masuk zona bersih dengan melewati begitu saja zona transisi, itulah dasarnya. Jika Anda lihat di fasilitas sendiri, titiknya kira-kira sudah tentu.

Apakah orang dan barang pergi sebagaimana mestinya satu arah, dari ruang lebih bersih ke yang kurang bersih. Apakah ada situasi troli atau orang mengalir balik kembali dari sisi rendah ke tinggi. Apakah pintu penerimaan bibit tetap pada satu titik, atau masuk dari sana-sini. Sekadar menjadikan batas kelihatan dengan kode warna di lantai dan papan tanda pun mengubah gerak orang. Dengan karyawan yang hanya «berhati-hati», lingkungan higiene cepat berantakan. Menatanya dengan aturan dan struktur itulah yang realistis.

Masalah yang dihapus struktur dan masalah yang digerakkan operasional

Sampai di sini, baik tempat mikroba bertambah maupun jalur tempat kontaminasi pekat menyebar mulai terlihat sebagai di sisi struktural fasilitas. Lalu yang bekerja berikutnya adalah menarik garis. Yang di depan Anda sekarang, apakah «masalah yang tak lenyap kecuali Anda memperbaiki struktur», atau «masalah yang tercapai dengan mengubah cara membersihkan atau mendisinfeksi»?

Yang berguna di sini adalah urutan «pukul dulu». Sekalipun Anda bicara struktur dulu, dinding fasilitas yang ada tak bisa digerakkan seketika. Karena itu coba dulu mengubah cara mencuci dan mengeringkan yang tak memakan uang dan bisa digerakkan sejak hari ini. Jika angka turun tanpa perlawanan, itu masalah yang dicapai operasional. Sebaliknya, jika sekalipun pembersihan dilipatgandakan tetap kambuh setia di tempat tertentu, di musim tertentu — misalnya kembali ke lini sisi selatan yang sama hanya di musim hujan — itu saya pandang sebagai tanda sisi struktural. Bahwa ia keluar di tempat yang sama seberapa pun Anda pukul, kementokan itulah yang mengajari Anda bahwa sarangnya di sisi struktural. Petunjuk lain, apakah ia keluar dengan cara sama di tempat sama meski Anda ganti penanggung jawab. Jika berubah saat orang berganti, sisi pekerja; jika keluar di tempat sama siapa pun yang melakukan, sisi struktural — itulah pemisahannya.

Sekalipun Anda tahu itu sisi struktural, menarik ulang sekat atau kemiringan di fasilitas yang ada mendekati pembangunan ulang. Tak bisa disentuh seketika. Saat itu, jadikan operasional bekerja «menggantikan struktur». Tetapkan tempat memasukkan bibit pada satu titik, dan pisahkan troli antara sisi lebih bersih dan kurang bersih tanpa mencampurnya. Meski tanpa dinding fisik, pemasukan dan persilangan bisa dikendalikan dengan itu. Atau bagi dengan waktu. Kumpulkan kerja bersih di pagi dan kerja yang mengotori di sore, menciptakan satu arah dengan waktu. Hanya saja, jika Anda tak menyelipkan pembersihan dan pengeringan

untuk mereset setelah kerja kotor sore, kotoran itu terbawa ke pagi berikutnya dan satu arah pecah. Membagi lalu mereset sekali tanpa gagal — sampai sini satu paket. Di sekitar air pun, meski Anda tak bisa memperbaiki kemiringan atau saluran buang seketika, sekadar menguras dan mengeringkan pipa dan tangki yang tak lagi dipakai setelah kerja serta air mandek di tempat rendah pun cukup melemahkan bagian yang mandek dan bertambah.

Disinfeksi bukan obat mujarab: manajemen sirkulasi normal ketimbang sanitasi

Ada situasi menaruh disinfeksi (ozon, UV, klorinasi larutan nutrisi) di atas pembersihan dan pengeringan. Pembersihan adalah proses menyapu kotoran secara fisik; disinfeksi adalah proses sesudahnya membunuh patogen yang tersisa meski dicuci dengan bahan kimia. Urutan tak boleh dibalik. Karena jika Anda semprotkan disinfektan selagi bahan organik dan sisa tanaman masih ada, efeknya jatuh besar.

Hanya saja ada satu hal yang ingin saya katakan dengan tegas di sini. Disinfeksi bukan gerakan obat mujarab yang dipasang lalu selesai. Disinfeksi seperti klor, klorin dioksida, UV, dan ozon memang bisa mengurangi mikroba. Tapi cara kerjanya berubah besar menurut jenis mikroba lawan dan menurut konsentrasi serta waktu kontak bahan, dan tak ada perlakuan baku yang bekerja pada semua dengan satu hal. Terlebih ada efek samping. Perlakuan ozon bisa menurunkan besi dan mangan di larutan nutrisi, atau mengurangi bukan hanya patogen yang disasar melainkan juga mikroorganisme bermanfaat yang bekerja berguna di dalam larutan nutrisi. Mikroba yang disasar dikurangi, tapi «sisi yang membesarkan» — hara larutan nutrisi dan keseimbangan mikroba — terkikis.

Karena itu saya berdiri di sisi menerapkan tuntas manajemen sirkulasi normal, ketimbang menekan dengan peralatan sanitasi. Menjamin laju aliran cukup, menjalankannya normal tanpa kemandekan, mencuci dan mengeringkan. Di atas fondasi itu, menaruh hanya disinfeksi yang perlu. Urutan, di atas segalanya, itu. Ketimbang bersandar tuntas pada disinfeksi, tambahkan disinfeksi sebagai bantu di tempat Anda memutus sarang dan jalur dengan struktur. Bukan «aman karena memasang peralatan sanitasi», melainkan «terjaga bersih karena berputar normal» — pikirkan dalam urutan itu.

Tiga lapisan yang dihipunkan kata «keamanan»

Jika Anda mendalami manajemen higiene sanitasi, cepat atau lambat Anda membentur pertanyaan «apakah sayuran kami aman». Muncul situasi ditanya begitu oleh pembeli tujuan

pengiriman atau konsumen. Di sini ada satu hal yang ingin saya tata sejak masih pemula. Satu kata «keamanan» sebenarnya menghimpun tiga lapisan yang berbeda sifat.

Yang pertama, **lapisan tanpa pestisida**. Ini cerita «apa yang tak Anda masukkan di pintu masuk», dan dekat ke label produk. Ia hanya berkata satu titik bahwa pestisida tak dipakai. Soal air, soal serangga, soal higiene, kata «tanpa pestisida» tak menjamin apa pun. «Aman karena tanpa pestisida» bisa juga dibilang hanya menempelkan kalimat yang paling mudah diucapkan ke semua kekhawatiran.

Yang kedua, **lapisan mikroba**. Yaitu risiko operasional bahwa mikroba bertambah di dalam fasilitas dan bisa menyebar sepanjang saluran air. Sering dikatakan pertanian vertikal aman karena tertutup, tapi tertutup juga berarti bahwa ketika sesuatu terjadi di dalam, semuanya tersambung lewat air dan HVAC. Jika mikroba keluar di satu rak, ia bisa menumpang saluran air dan berputar ke lini sebelah. Satuan melihat keamanan berpindah dari «satu tanaman» ke «jangkauan yang tersambung saluran air» — itulah lapisan ini. Namun ini bukan cerita «tertutup = pasti musnah total». Justru sebaliknya: fasilitas hidroponik yang bersirkulasi normal dengan laju aliran cukup dan dikelola baik, risiko patogen mewabah sedari awal rendah. Kuncinya, yang ditanya adalah bagaimana Anda membagi saluran air itu dan bagaimana Anda menjaga sirkulasi tetap normal.

Yang ketiga, **lapisan kontrak**. Ketika sesuatu terjadi, sampai lot mana Anda menyusur mundur untuk menarik. Ketika peralatan berhenti dan satu area jadi tak terpakai, bagaimana kontrak dan asuransi bergerak. Yang benar-benar dipedulikan tujuan pengiriman bukan ada-tidaknya pestisida, melainkan biasanya ini: kesepakatan siapa menanggung sampai mana ketika menyebar.

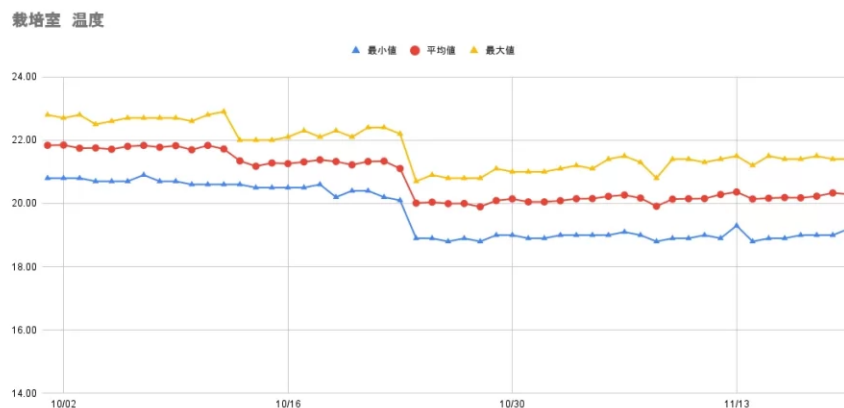
Kata «keamanan» yang sama sebenarnya menghimpun tiga hal dari lapisan yang berbeda. Karena itu, jika saat ditanya Anda menjawab dengan mencampurnya, tak bertaut. Ketika konsumen berkata «entah kenapa terasa artifisial, saya cemas» lalu Anda mengembalikan isi teknis «kami memisahkan sistem air», Anda bisa berakhir membuatnya lebih cemas: «apakah harus dikelola sampai segitu agar tak berbahaya?». Yang ingin Anda kuasai sejak masih pemula adalah sikap menarik satu sumbu dari yang dicemaskan lawan dan mengembalikan fakta hanya pada sumbu itu. Ditanya pestisida, «kami tak memakai». Ditanya air, «larutan nutrisi berisi pupuk terlarut, dan kami mengelola konsentrasi serta penggantianinya begini». Ditanya higiene, cerita zonasi dan pengeringan. Ketimbang memutuskan tegas bahwa aman,

membariskan apa yang Anda lakukan dan apa yang tidak lebih baik sampai ke kecemasan lawan.

Dan ingat pula bahwa jangkauan yang bisa Anda kembalikan dengan kata sendiri dan jangkauan yang harus diserahkan ke pemeriksaan adalah hal yang berbeda. Konsentrasi larutan nutrisi dan frekuensi penggantian, tanggal panen, lingkungan budi daya adalah catatan Anda sendiri, jadi jika ditanya bisa Anda kembalikan dengan kata sendiri. Di sisi lain, nilai analisis residu pestisida, hitungan mikroba, dan ketertelusuran asal, sekalipun Anda berkata «kami melakukannya» «kami tak memakai», itu hanya kata Anda sendiri dan tak menjadi bukti yang bisa dijadikan dasar transaksi oleh lawan. Ini jangkauan yang harus diserahkan ke pemeriksaan dan catatan pihak ketiga. Menyampaikan lebih awal «kami tak mencakup itu» untuk yang tak bisa Anda hasilkan, pada akhirnya lebih dipercaya ketimbang memaksakan dengan «aman».

Sayuran daun sering dikirim tanpa dicuci setelah panen, jadi lingkungan higiene selama budi daya menjadi apa adanya keadaan higiene produk. Manajemen higiene sanitasi adalah pekerjaan sederhana, tanpa akhir. Baik saat Anda memperoleh sertifikasi maupun saat sebuah pemeriksaan keluar negatif, bukan tujuan. Pertama cuci, keringkan, dan pukul, dan baca kementokan yang tetap tersisa sebagai tanda struktural. Putus tempat mikroba bertambah dan jalur tempat kontaminasi pekat menyebar, pisahkan yang bisa dihapus dari yang digerakkan, dan terus lihat di mana ia berulang. Sikap sederhana ini yang bekerja pada akhirnya. Perlu dicatat, bagaimana menyusun butir pemeriksaan dalam tiga tahap sebab, akibat, dan sikap, apa yang ditebalkan menurut tujuan pengiriman (ritel besar, jasa boga luar, katering institusional), pengasahan nilai acuan spesifikasi pembelian serta kontrak dan asuransi, adalah perkara yang masuk ke wilayah desain bisnis ketimbang manajemen operasional lapangan. Saya taruh di sini hanya pintu masuk cara berpikir dan serahkan praktik mendalam kepada «172 Kiat».

Analisis data



Proses-proses sampai di sini telah meninggalkan catatan sambil berputar. Terakhir, analisis data, yang menyambungkan catatan itu ke penilaian. Mendengar «analisis» mungkin Anda menegang, tapi titik awalnya bukan membeli sistem baru, melainkan jauh lebih di dekat tangan. Ini cerita urutan yang sebaiknya dikendalikan sebelum seorang pemasok berkata «pertama tambah sensor dan kumpulkan data».

Catatan menumpuk, tapi melihatnya setelah insiden

Anda mencatat suhu, kelembapan, dan volume panen di laporan harian, dan mencatat biaya listrik tiap bulan pula. Bahwa itu berlanjut, lapangan seperti itu banyak. Masalahnya setelah dicatat. Apakah ada yang melihatnya sebagaimana mestinya, meragukan. Hanya ketika panen turun Anda menyusur mundur pertama kali dan menyadari belakangan «waktu itu angkanya memang aneh». Biaya listrik pun berakhir dengan melihatnya dan «mahalnya». Data sudah berlimpah di dekat tangan, tapi melihatnya selalu «setelah sesuatu terjadi».

Yang kurang bukan sensor baru. Siapa, kapan, melihat yang sudah ada di dekat tangan — di situ yang kurang. Ada dua cara melihat: «menyusur belakangan» yang menyusur mundur setelah insiden terjadi, dan «pemeriksaan berkala» yang melihat di titik tetap pada masa normal, ketika tak ada yang terjadi. Menyusur belakangan sudah kasip, jadi hanya berguna untuk mencocokkan sebab.

Karena itu yang diputuskan sebelum membeli sistem baru adalah siapa melihat dan kapan, hanya itu. Satu cara yang saya lanjutkan di lapangan sayuran daun pertanian vertikal berpencahayaan buatan: lima belas menit pagi, satu orang membaca laporan hari sebelumnya dengan suara nyaring. Suhu, kelembapan, volume panen, tiap pagi meski tak

ada kelainan. Dengan begitu «lebih tinggi dari biasanya» tersangkut pada tahap rasa janggal kecil, sebelum menjadi insiden. Biaya listrik pun, sekadar melihatnya sepiantas tiap minggu ketimbang sekali sebulan, «hanya minggu ini anehnya tinggi» mulai terlihat sebagai HVAC yang bekerja berlebihan atau pintu yang tertinggal terbuka. Di pertanian berpencahayaan buatan yang memutar tak henti pencahayaan dan HVAC di lingkungan tertutup, di lapangan saya bagian ini yang paling awal keluar.

Angka yang sama, dilihat setelah terjadi hanyalah catatan; dilihat tiap hari pada masa normal menjadi penggaris yang mengukur «selisih dari biasanya». Pemanfaatan data maju banyak hanya dengan peralihan itu lebih dulu.

Jadikan lebar normal penggaris dan jangan bebaskan penilaian pada satu orang

Apa catatan minimum yang dikumpulkan? Dibariskan dari sudut pandang menjadi dasar penilaian manajemen, tiga jenis: produksi (volume panen harian dan, jika mungkin, hasil layak jual), biaya (biaya listrik dan penggunaan tenaga kerja serta bahan), dan mutu (kelas pengiriman dan berapa banyak keluar di luar kelas). Ini biasanya tersisa berserak masing-masing di buku dan struk berbeda, jadi ketimbang mulai mengukur sesuatu yang baru, bariskan yang sudah ada di satu tempat yang sama. Membuat set minimum mulai dari situ.

Jika Anda lanjutkan tiap hari pembacaan nyaring lima belas menit pagi, setelah beberapa waktu pembacaan menjadi ritual. Terbiasa, lalu lewat begitu saja. Sejauh yang saya lihat, ini hampir pasti terjadi. Karena itu perlu dua akal.

Yang pertama, bagaimana membuat penggaris pertama. Apa yang «berbeda dari biasanya» di awal tak seorang pun tahu. Karena itu di awal, dengan pasrah tak menilai, lakukan satu hal saja yaitu membariskan angka. Jika Anda bariskan tiap pagi suhu jam yang sama dan tempat yang sama, «kita kira-kira sekitar sini» muncul dengan sendirinya sebagai sebuah lebar. Catat lebar itu dalam satu baris di kertas — «suhu pagi sekitar sini» — dengan nilai nyata lapangan Anda sendiri. Begitu Anda menuangkan lebar normal ke huruf, penggaris keluar dari perasaan individu dan tetap sama siapa pun yang membacanya. Kiatnya, jangan mencoba memutuskan kriteria yang benar sejak awal.

Yang kedua, ketika yang melihat satu orang, perasaan menjadi bias. Pembacaan, buat satu orang melakukannya, tapi penilaian, jangan buat satu orang melakukannya. Yang membaca boleh tetap tiap hari. Hanya saja, tepat ketika ia berpikir «ini terasa berbeda dari biasanya»,

lempar saat itu ke satu orang lagi «kamu melihat ini bagaimana?». Yang mencegah terbiasa dan lewat begitu saja sebenarnya juga ini. Karena berkonsentrasi sempurna tiap hari mustahil, jadikan aturan bahwa hanya ketika sesuatu tersangkut ia diucapkan nyaring dan orang kedua dilibatkan. Gagasannya, bahkan pembacaan sepietas pun, cukup asalkan sebuah struktur yang bila satu hal tersangkut bisa berhenti.

Terbiasa itu premis. Biarkan dalam bentuk yang terpungut meski terbiasa. Operasional yang bersandar pada konsentrasi sempurna, untuk mulai saja, tak bertahan. Memutuskan terpisah siapa melihat dan siapa menilai itu sederhana, tapi titik yang bekerja.

Menambah ukur datang setelah membentur dinding pemisahan

Ketika pembacaan pagi dan biaya listrik mingguan membuat Anda memungut «berbeda dari biasanya», pasti datang dinding berikutnya. Dinding tempat selisih terlihat, tapi mengapa jadi begitu tak terpisahkan dengan catatan di tangan. Misalnya panen turun dan biaya listrik pun naik, tapi suhu laporan ada dalam lebar normal. Di sini Anda tak bisa menyebut «apakah HVAC, apakah air, apakah sesuatu yang lain». Dengan catatan di tangan, pemisahan berhenti. Di situlah untuk pertama kali tanda «menambah ukur». Sebaliknya, jika Anda tambah sensor sebelum membentur dinding itu, karena tak ada kebiasaan melihat, pada akhirnya Anda melihatnya lalu selesai. Urutannya terbalik.

Tempat urutan ini bekerja tanpa perlawanan adalah lingkungan tertutup seperti sayuran daun pertanian vertikal berpencahayaan buatan. Karena variabel relatif sedikit dan laporan harian serta biaya listrik memungut banyak. Di greenhouse yang diombang-ambingkan udara luar dan radiasi matahari, atau di wilayah sayuran buah yang variabelnya banyak, pasti ada situasi yang tanpa beberapa ukur sejak awal tak dimulai, jadi terimalah yang saya pikirkan sebagai, bagaimanapun, cerita sisi lingkungan tertutup.

Satu hal lagi: jika Anda hendak menambah ukur, lihat juga sekaligus apakah «siapa membacanya, dan kapan» bisa dinaikkan ke operasional. Ukur yang bisa ditambahkan sebagai satu baris ke bingkai lima belas menit pagi bertahan. Yang tak terlihat tanpa membuka layar khusus tiap hari terpisah, seberapa pun canggih, cepat atau lambat tak ada yang melihatnya. Ini pun berkali-kali saya lihat di lapangan. Karena itu saat menambah, pasti pikirkan apakah Anda bisa menjatuhkan satu baris lama. Bingkai pembacaan tetap lima belas menit, dan jangan tambah jumlah baris. Jika suhu yang Anda bariskan di awal stabil di

«kira-kira sekitar sini» dan tak keluar lama, tak perlu lagi mengucapkannya nyaring tiap pagi. Anda bisa menjatuhkannya ke memastikannya sesekali mingguan. Jangan tambah bingkai, ganti isinya. Penilaian menambah dan penilaian menjatuhkan adalah satu paket.

Ukur yang diputar di jalur terpisah: deteksi kerusakan dan kalibrasi

Sampai di sini cerita «ukur untuk pemisahan datang setelah membentur dinding», tapi terpisah dari itu, ada pula ukur yang diputar sejak awal.

Kelainan seperti kerusakan atau penyakit, yang saat Anda sadari sudah kasip dan tak terkejar, tak sempat dengan pembacaan masa normal. Ukur yang memantau terus-menerus dan memunculkan peringatan adalah sesuatu yang ditaruh tanpa menunggu masalah. Jam yang mata manusia tak sampai pun — malam atau saat kurang personel — alih-alih mencoba menutupnya dengan operasional manual, diserahkan ke tangan pemantauan terus-menerus.

Yang lain adalah kalibrasi penggaris itu sendiri. Jika sensor mengembalikan nilai yang melenceng, bahkan lebar normal yang bersusah payah Anda catat pun terpuntir, dan Anda menciptakan «menyusur belakangan» di sisi data. Jaminan bahwa alat mengeluarkan nilai yang benar diambil ulang secara berkala sebagai premis operasional. Bersama itu, kertas tempat Anda mencatat lebar, perbarui dan wariskan tiap kali orang berganti. Kedua hal ini adalah contoh khas tempat operasional yang bergantung orang runtuh, jadi memutuskannya sejak awal itu nyaman.

Awal bukan sensor, melainkan selembat kertas

«Kami sedari awal tak memasang sensor maupun IoT, jadi pemanfaatan data masih perkara jauh.» Ada yang merasa begitu lalu berhenti di pintu masuk, tapi awal bukan sensor, melainkan selembat kertas. Jika Anda belum mencatat apa pun, sebelum pergi membeli IoT, pilih satu angka saja yang sudah Anda pedulikan dan coba catat tiap hari pada jam yang sama. Cukup nilai termometer dan volume panen, atau bahkan hanya biaya listrik yang datang tiap bulan. Yang paling mudah dimulai adalah biaya listrik. Karena datang tiap bulan sebagai tagihan, Anda hanya mengganti «melihatnya dan mengarsipkannya» dengan «mencatat angka bulan ini di sebelah bulan lalu, berbaris di satu tempat yang sama». Dengan itu saja sudah pemanfaatan data yang layak. Pertanyaan «siapa melihat, dan kapan» mulai pada saat angka yang dibandingkan menjadi dua.

Kekuatan membaca angka yang berbaris tumbuh meski Anda mempersempit butir. Yang sering saya lihat di lapangan berpencahayaan buatan adalah proporsi sisa yang keluar pada pemangkasan. Jika Anda akhiri dengan «hari ini sisanya banyak», tak ada yang tinggal, tapi dari angka yang sama terbaca beberapa segi: kesaksamaan kerja hari itu, suatu cacat di suatu titik proses budi daya, apakah tanaman terlalu dirapatkan. Bahkan dengan satu angka, sekadar membariskannya di sebelah lebar normal dan menanya «mengapa hari ini tinggi», lebar gerakan yang bisa Anda lakukan berubah. Sebelum peralatan mahal, cara membaca inilah yang lebih bekerja.

Terakhir, garis yang jujur. Yang bisa dicakup operasional catatan di tangan adalah jangkauan «menyadari sebuah selisih dan bisa melakukan sendiri sebuah gerakan». Suhu berbeda dari biasanya, sebuah pintu terbuka, lupa menutup penyiraman — sebabnya ada di dalam operasional harian Anda sendiri, dan jika selisih terlihat Anda bisa mengulurkan tangan dan memperbaikinya. Di situlah metode ini paling bekerja, dan terlebih lebih luas dari sangkaan banyak orang.

Hanya dua tempat Anda melepas tangan. Yang satu dinding pemisahan. Ketika selisih terlihat tapi dengan catatan di tangan Anda tak bisa memisahkan sebab, dan meleset dengan firasat benar-benar memakan uang. Di situ untuk pertama kali Anda menambah ukur dan, jika mungkin, minta seorang ahli yang membaca data semacam itu sebagai profesi masuk. Yang lain, yang menyentuh kapasitas listrik, pengabelan, bahan kimia, struktur, yaitu keselamatan atau peralatan itu sendiri. Di situ, Anda sama sekali tak bereksperimen dengan penggaris Anda sendiri. Karena harga kegagalan bukan «panen turun», melainkan sesuatu yang tak terkejar. Patokannya begini. Jika membaca angka Anda paham «apa yang harus dilakukan», tinggalkan di bingkai Anda sendiri. Jika yang Anda pahami dari membacanya hanya «perlu seseorang yang lebih paham dari saya», di situlah batasnya. Dan bisa menyadari batas itu lebih awal, itu sendiri salah satu hal yang diajarkan kebiasaan melihat tiap hari.

Perlu dicatat, jika Anda kebingungan dari nol soal butir mana dibariskan dan bagaimana, saya membagikan apa adanya format pencatatan yang saya pakai di lapangan sebagai «13 templat manajemen operasional lapangan». Ketimbang sesuatu untuk diterapkan persis, saya rasa lebih baik memandangnya sebagai daftar Periksa yang menerangi apa yang kurang dan apa yang berlebih di lapangan Anda sendiri. Pembicaraan yang mendalam sampai mengasah nilai optimal dan penilaian menekan biaya, saya serahkan kepada «172 Kiat». Ketika Anda

berhasil mengubah catatan di tangan menjadi penggaris, bacalah ia sebagai langkah berikutnya.

Ringkasan Bab 3

- Manajemen operasional lapangan terbagi menjadi tiga lapisan: membaca bibit, mengawasi angka, dan menata orang serta kerja. dikuasai terpisah dan lapangan baru berputar ketika bertaut. Pertama masukkan mekanisme dan cara membaca ke kepala, dan mulai dari lapisan tempat Anda tersendat sekarang.
- Rencana produksi disusun mundur dari pengiriman. Pengiriman, budi daya, dan tenaga kerja adalah tiga jam dinding yang kecepatannya berbeda, jadi pegang peredam (bantalan) masing-masing terpisah dan hanya budi daya gerakkan lebih awal sebanyak waktu tunggu.
- Yang harus dilihat pada penyemaian bukan tingkat perkecambahan, melainkan «keseragaman». Lebar bangkit diputuskan di pintu masuk dan menyerapnya kemudian memakan uang. Untuk sebaran, curigai ketaksamaan suhu lebih dulu.
- Pembibitan adalah investasi ke hasil akhir. Jangan biarkan etiolasi; ciptakan keseragaman ketimbang ukuran. Ketika daun mulai bertumpang, itulah tanda pindah tanam.
- Jarak tanam penanaman akhir diputuskan bukan dari kemudahan menanam, melainkan ditarik mundur dari pengiriman (ukuran incaran dan berat layak jual, serta kemudahan panen).
- Panen bukan dilema «cepat atau kualitas». Pisahkan kapan memotong, bagaimana bergerak, dan dengan apa memotong, dan pertama ratakan lantai hygiene. Angkat lantai dengan desain, dan pada selisih yang tersisa baru saat itu sebut keterampilan.
- Pekerjaan pascapanen adalah proses yang memutuskan sekarang keadaan saat pelanggan membuka kotak. Bedakan kerusakan menurut tipe, dan urutkan gerakan operasional → bahan habis pakai → peralatan. Kerusakan yang masuk di hulu, kembalikan ke hulu.
- Naluri seseorang bisa dibagi menjadi tiga lapisan; nilai yang dibaca alat dan penilaian yang bercabang menurut kondisi bisa dilarutkan ke laporan harian masa normal dan diserahkan. Condongkan yang bisa ke sistem dan serahkan yang tersisa.

- Higiene bukan «menyumbat pintu masuk», melainkan «tak menambah, tak menyebarkan». Putus sarang (tempat yang tak mengering) dan pembawa (bibit, jalur gerak), dan kelola dengan sirkulasi normal ketimbang bersandar pada sanitasi.
- Untuk analisis data, «siapa melihat dan kapan» datang sebelum sensor baru. Jadikan lebar normal penggaris dan pungut rasa janggal sebelum insiden. Awal bisa selembat kertas.

Pengetahuan yang menjadi fondasi lapangan kini kira-kira terkumpul seluruhnya. Mulai dari sini, kukuhkan di lapangan Anda sendiri dasar yang Anda pelajari, dan di atasnya tumpuk «bagaimana membuat pabrik yang laba tersisa» — cara konkret membedakannya itu, saya serahkan kepada «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal» yang dihimpun berfokus pada profitabilitas. Pertama, sesapkan dasar bab ini ke tangan dan mata Anda sendiri.

Penutup

Sampai di sini, kita telah menyusuri gambaran utuh dari pekerjaan yang bernama pertanian vertikal ini dari ujung ke ujung — mulai dari masa depan industri, dasar-dasar budidaya, hingga praktik di lapangan. Kini, setelah selesai membaca, Anda bukan lagi «pendatang baru yang berdiri di lapangan tanpa tahu apa yang sedang terjadi». Entah melihat peralatan, melihat angka, atau melihat cara orang mengatur pekerjaannya, kini Anda semestinya sudah bisa memperkirakan letak setiap hal itu dalam gambaran keseluruhan. Pertama-tama, akuilah pada diri sendiri bahwa Anda telah sampai sejauh ini.

Namun, izinkan saya jujur kepada Anda. Buku ini pada akhirnya hanyalah sebuah fondasi. Apa yang saya tulis di sini, jika hanya dibaca, hanya separuh yang akan mengendap. Separuh sisanya baru masuk melalui pengulangan: besok Anda mencoba sekali di lapangan, hasilnya tidak sesuai harapan, lalu Anda mencobanya sekali lagi. Pengetahuan baru menjadi milik Anda sendiri ketika Anda menggunakannya. Itulah sebabnya buku ini saya tulis bukan untuk diselesaikan di atas meja, melainkan untuk Anda bawa ke lapangan dan Anda lusuhkan dengan tangan Anda sendiri.

Dan ketika tiba saatnya membangun di atas fondasi itu — menghadapi persoalan «bagaimana membuat pertanian vertikal yang menyisakan laba» — kiat yang lebih mendalam, yang berkaitan langsung dengan profitabilitas, telah saya rangkum dalam buku pendampingnya, «172 Kiat untuk Meningkatkan Profitabilitas Pertanian Vertikal». Di mana menaruh nilai optimal, bagaimana menimbanginya terhadap biaya — itulah yang datang setelah garis yang berkali-kali saya tarik dalam buku ini ketika saya berkata «mulai dari sini, ini adalah ranah yang Anda pertajam dengan angka-angka lapangan Anda sendiri». Dan jika Anda merasa tidak sanggup menuntaskan semuanya seorang diri, atau ingin ada yang meninjau lapangan Anda sendiri, kita juga bisa bekerja sama secara langsung melalui konsultasi saya. Jalan mana yang Anda tempuh, itu akan diputuskan oleh lapangan Anda sendiri, sebagaimana adanya hari ini.

Terakhir, satu hal. Terkadang dikatakan bahwa pertanian vertikal «tidak menghasilkan uang». Namun saya, setelah lebih dari sepuluh tahun mengamati sayuran daun di lapangan pertanian vertikal berpencahayaan buatan, yakin bahwa — tergantung cara mengerjakannya — masih ada banyak ruang untuk menjadi lebih baik. Berkali-kali saya menyaksikan sebuah perbaikan

kecil kembali dalam wujud hasil yang jauh lebih besar dari dugaan. Di lapangan tempat Anda sebentar lagi akan berdiri pun, pasti masih ada ruang yang belum tersentuh siapa pun. Menemukannya dan menggerakkannya — itulah pekerjaan mulai dari sini. Nah, berangkatlah. Saya menunggu Anda di lapangan.