

BUDIDAYA TANAMAN HORTIKULTURA



PENULIS:

- Silvia Permata Sari
- Murdaningsih
- Josina Irene Brigetha
- Husainah Yusuf
- Nurlena Andalia
- Trisday Yiin Parari
- Eliyani
- Reza Zulfahmi
- Roosganda Elizabeth



BUDIDAYA TANAMAN HORTIKULTURA

**Silvia Permata Sari
Murdaningsih
Josina Irene Brigetha
Husainah Yusuf
Nurlena Andalia
Trisday Yiin Parari
Eliyani
Reza Zulfahmi
Roosganda Elizabeth**



GET PRESS INDONESIA

BUDIDAYA TANAMAN HORTIKULTURA

Penulis :

Silvia Permata Sari
Murdaningsih
Josina Irene Brigetha
Husainah Yusuf
Nurlena Andalia
Trisday Yiin Parari
Eliyani
Reza Zulfahmi
Roosganda Elizabeth

ISBN : 978-623-125-993-6

Editor : Ari Yanto., M.Pd

Penyunting : Tri Putri Wahyuni, S.Pd

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jln. Palarik Air Pacah No 26 Kel. Air Pacah
Kec. Koto Tangah Kota Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2025

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan
dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT dalam segala kesempatan. Sholawat beriring salam dan doa kita sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah atas Rahmat dan Karunia-Nya penulis telah menyelesaikan Buku Budidaya Tanaman Hortikultura ini.

Buku Ini Membahas Pengantar Tanaman Hortikultura, Konsep perkembangan hortikultura, Konsep pertumbuhan tanaman hortikultura, Teknologi Budidaya Tanaman Hortikultura Dan Jenis Faktor Pembatas, Teknologi Pada Lingkungan Kekeringan, Teknologi Pada Tanah Bermasalah, Teknologi Di Lahan Sempit, Teknologi Pasca Panen, Teknologi Dalam Pemasaran.

Proses penulisan buku ini berhasil diselesaikan atas kerjasama tim penulis. Demi kualitas yang lebih baik dan kepuasan para pembaca, saran dan masukan yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan.

Penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung dalam penyelesaian buku ini. Terutama pihak yang telah membantu terbitnya buku ini dan telah mempercayakan mendorong, dan menginisiasi terbitnya buku ini. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia.

Padang, Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 PENGANTAR TANAMAN HORTIKULTURA	1
1.1 Pendahuluan.....	1
1.2 Definisi dan Ruang Lingkup Tanaman Hortikultura	2
1.2.1 Definisi Tanaman Hortikultura.....	2
1.2.2 Ruang Lingkup Tanaman Hortikultura.....	2
1.3 Sejarah Budidaya Tanaman Hortikultura.....	3
1.4 Konsep Dasar Budidaya Tanaman Hortikultura	4
1.5 Jenis Tanaman Hortikultura yang Biasa Dibudidayakan	6
1.6 Teknik Budidaya Tanaman Hortikultura.....	7
1.7 Peran Tanaman Hortikultura dalam Pertanian, Ekonomi, Lingkungan dan Masyarakat	7
1.7.1 Peran Tanaman Hortikultura dalam Pangan.....	7
1.7.2 Peran Tanaman Hortikultura dalam Ekonomi	8
1.7.3 Peran Tanaman Hortikultura dalam Lingkungan.....	8
1.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Budidaya Tanaman Hortikultura.....	9
1.9 Sistem Klasifikasi yang Digunakan untuk Tanaman Hortikultura.....	11
1.10 Tantangan dan Peluang Yang Dihadapi Tanaman Hortikultura.....	12
DAFTAR PUSTAKA	14
BAB 2 KONSEP PERKEMBANGAN HORTIKULTURA	15
2.1 Daya Tarik Hortikultura	15
2.2 Kendala dan Tantangan Perkembangan Hortikultura	16
2.3 Konsep Perkembangan Hortikultura.....	20
2.4 Startegi Pengembangan Hortikultura.....	21
DAFTAR PUSTAKA	25
BAB 3 KONSEP PERTUMBUHAN TANAMAN HORTIKULTURA	27
3.1 Pendahuluan.....	27
3.2 Konsep <i>Greenhouse</i>	27

3.3 Konsep Hidroponik.....	28
3.4 Penutup.....	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
BAB 4 TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN	
HORTIKULTURA DAN JENIS FAKTOR PEMBATAS.....	37
4.1 Pendahuluan	37
4.2 Faktor Pembatas Produksi Tanaman Hortikultura.....	39
4.3 Strategi Mengatasi Faktor Pembatas Biotik.....	41
4.4 Strategi Mengatasi Faktor Pembatas Abiotik.....	43
4.5 Inovasi Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya.....	45
4.6 Studi Kasus Keberhasilan Teknologi Budidaya	46
DAFTAR PUSTAKA.....	49
BAB 5 TEKNOLOGI PADA LINGKUNGAN	
KEKERINGAN	51
5.1 Dampak Kekeringan terhadap Tanaman Hortikultura.....	51
5.2 Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Kering.....	53
5.3 Strategi Irigasi Efisien dan Pengelolaan Air	55
5.4 Pemilihan Varietas Tahan Kekeringan	59
5.5 Teknologi Pemulihan dan Adaptasi Tanaman	60
5.6 Praktik Budidaya di Lahan Kering.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	68
BAB 6 TEKNOLOGI PADA TANAH BERMASALAH.....	69
6.1 Pendahuluan	69
6.2 Tanah Bermasalah.....	70
6.3 Teknologi Budidaya pada Tanah Erosi.....	70
6.3.1 Ablasi	70
6.3.2 Deflasi.....	73
6.4 Teknologi Budidaya pada Lahan Kritis.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	80
BAB 7 TEKNOLOGI DI LAHAN SEMPIT	83
7.1 Pendahuluan	83
7.2 Teknik Budidaya di Lahan Sempit.....	84
7.2.1 Sistem Vertikultur.....	84
7.2.2 Hidroponik dan Aeroponik.....	86
7.2.3 Akuaponik	88
7.2.4 Kebun Atap (<i>Rooftop Garden</i>)	90

7.2.5 Kebun Dalam Ruangan (<i>Indoor Gardening</i>)	92
7.3 Media Tanam Alternatif	95
7.3.1 Rockwool, Cocopeat, dan Sekam Bakar	95
7.3.2 Kompos dan Pupuk Organik	97
7.3.3 Media Tanam Campuran	100
7.4 Sistem Irigasi Efektif	101
7.4.1 Irigasi Tetes (<i>Drip Irrigation</i>).....	101
7.4.2 Irigasi Otomatis.....	103
7.4.3 Pemanfaatan Air Hujan	104
7.5 Pupuk dan Nutrisi Tanaman	105
7.5.1 Jenis Pupuk Organik dan Anorganik.....	105
7.5.2 Teknik Pemupukan yang Efisien	108
7.5.3 Penggunaan Nutrisi dalam Hidroponik.....	110
7.6 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Lahan Sempit..	112
DAFTAR PUSTAKA	116
BAB 8 TEKNOLOGI PASCA PANEN	119
8.1 Pendahuluan.....	119
8.2 Tujuan dan Prinsip Penanganan Pasca Panen.....	121
8.3 Tahapan Pasca Panen.....	123
8.3.1 Pamanenan.....	124
8.3.2 Sortasi dan Grading	126
8.3.3 Pencucian dan Pembersihan.....	128
8.3.4 Pengeringan	128
DAFTAR PUSTAKA	131
BAB 9 TEKNOLOGI DALAM PEMASARAN.....	133
9.1 Pendahuluan.....	133
9.1.1 Teknologi Sebagai Pengungkit Transformasi Pemasaran Hortikultura.....	133
9.1.2 Perubahan Pola Konsumsi dan Perilaku Pasar	134
9.1.3 Teknologi sebagai Jembatan Antara Petani dan Konsumen	134
9.1.4 Meningkatkan Daya Saing Produk Hortikultura ...	135
9.1.5 Transformasi Budaya Usaha Tani.....	135
9.2 Jenis Teknologi yang Digunakan dalam Pemasaran Hortikultura.....	136
9.3 Platform Digital dan E-commerce dalam Pemasaran..	141
9.4 Sistem Informasi Pasar Digital	141

9.5 Teknologi Logistik dan Rantai Pasok.....	141
9.6 <i>Internet of Things</i> (IoT) dan Smart Marketing.....	142
9.7 Branding dan Sertifikasi Digital	142
9.8 Tantangan dan Strategi Pengembangan.....	142
9.9 Studi Kasus: Pemasaran Hortikultura Melalui Platform Digital	143
9.10 Strategi Penerapan Teknologi dalam Pemasaran Hortikultura	143
9.11 Penutup	146
9.12 Kesimpulan	147
DAFTAR PUSTAKA.....	149
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1. Tanah yang mengalami Erosi Abrasi.....	71
Gambar 6.2. Pengolahan tanah terasering pada lahan miring	71
Gambar 6.3. Contoh tanaman penutup tanah	72
Gambar 6.4. Contoh metode budidaya hortikutura di pada gurun gersang Arab Saudi.....	73
Gambar 6.5. Tanaman pemecah angin gurun	74
Gambar 6.6. Jaring penangkap uap air	74
Gambar 6.7. Sistem dripp Irrigation di lahan tandus.....	75
Gambar 6.8. Kondisi tanah kritis yang tercemari pupuk kimia	76
Gambar 6.9. Bedengan.....	77

BAB 1

PENGANTAR TANAMAN

HORTIKULTURA

Oleh Silvia Permata Sari

1.1 Pendahuluan

Tanaman hortikultura merupakan bagian yang penting dari pertanian modern yang bertujuan untuk menghasilkan tanaman berbagai jenis yang digunakan untuk konsumsi manusia, estetika, obat-obatan, dan industri. Budidaya tanaman hortikultura telah menjadi fokus penting dalam upaya memenuhi kebutuhan pangan global, meningkatkan kesehatan masyarakat, serta mendukung ekonomi lokal. Artikel ini akan memberikan gambaran pendahuluan tentang budidaya tanaman hortikultura, termasuk pentingnya, jenis tanaman yang biasa dibudidayakan, dan teknik budidaya yang umum digunakan.

Budidaya tanaman hortikultura memiliki peran penting dalam memastikan ketersediaan bahan pangan yang sehat dan bergizi bagi populasi manusia. Tanaman hortikultura seperti sayuran, buah-buahan, dan rempah-rempah menjadi sumber utama vitamin, mineral, dan serat yang diperlukan untuk menjaga kesehatan tubuh manusia. Selain itu, keindahan estetika dari tanaman hias seperti bunga dan tanaman pot juga memberikan manfaat psikologis yang signifikan bagi manusia.

Menurut Fitzpatrick et al. (2019), produksi tanaman hortikultura juga berperan penting dalam mengurangi dampak negatif pertanian konvensional terhadap lingkungan. Praktik budidaya yang berkelanjutan seperti penggunaan pupuk organik dan pengendalian hama alami dapat membantu mengurangi polusi tanah dan air serta menjaga keanekaragaman hayati.

Pada Bab 1 ini bertujuan untuk menyoroti pentingnya tanaman hortikultura dalam konteks tersebut, dengan mengeksplorasi definisi, ruang lingkup, sejarah, konsep dasar,

perannya, faktor-faktor yang mempengaruhinya, hingga tantangan dan peluang budidaya tanaman hortikultura. Dengan mengetahui dan memahami aspek-aspek tersebut, diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan pembaca mengenai budidaya tanaman hortikultura secara umum.

1.2 Definisi dan Ruang Lingkup Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura merupakan bagian penting dari kehidupan manusia, mencakup berbagai jenis tanaman yang memiliki nilai konsumsi, estetika, dan ekonomi. Tanaman hortikultura, termasuk buah-buahan, sayuran, bunga, dan tanaman hias, telah menjadi bagian penting dari budaya manusia sejak zaman kuno. Namun, definisi dan ruang lingkupnya sering kali ambigu bagi banyak orang. Artikel ini bertujuan untuk merangkum secara komprehensif apa yang dimaksud dengan tanaman hortikultura dan bagaimana cakupannya mempengaruhi kehidupan kita sehari-hari.

1.2.1 Definisi Tanaman Hortikultura

Definisi tanaman hortikultura dapat bervariasi tergantung pada konteks dan pandangan budaya. Secara umum, tanaman hortikultura mencakup berbagai jenis tanaman yang ditanam dan diolah untuk tujuan konsumsi manusia, keindahan estetika, dan manfaat lainnya. Menurut (García et al., 2020), tanaman hortikultura sering kali diklasifikasikan menjadi empat kategori utama: buah-buahan, sayuran, tanaman hias, dan rempah-rempah. Setiap kategori ini mencakup berbagai spesies dan varietas tanaman yang memiliki karakteristik unik dan nilai tambah dalam kehidupan manusia.

1.2.2 Ruang Lingkup Tanaman Hortikultura

Ruang lingkup tanaman hortikultura mencakup berbagai aspek yang terkait dengan produksi, pengolahan, pemasaran, dan manfaat tanaman tersebut. Ini mencakup praktik pertanian, analisis pasar, dan dampak lingkungan, seperti yang dijelaskan oleh (Adinugroho, 2018). Ruang lingkup tanaman hortikultura juga mencakup aspek sosial, seperti keamanan pangan dan pembangunan

komunitas. Secara khusus, ruang lingkup tanaman hortikultura dapat dibagi menjadi beberapa bidang utama:

1. **Pertanian:** Meliputi praktik budidaya tanaman hortikultura mulai dari persiapan lahan hingga panen. Ini mencakup pemilihan varietas tanaman, pemeliharaan tanaman, pengendalian hama dan penyakit, serta teknik pengolahan tanah.
2. **Ekonomi:** Memperhatikan aspek-aspek ekonomi produksi, distribusi, dan konsumsi tanaman hortikultura. Ini termasuk analisis pasar, harga, biaya produksi, dan keuntungan bagi produsen dan konsumen.
3. **Lingkungan:** Mempertimbangkan dampak lingkungan dari produksi tanaman hortikultura, termasuk penggunaan air, penggunaan pestisida, dan pemulihan lahan yang terdegradasi. Ini juga mencakup konservasi sumber daya alam dan keberlanjutan pertanian.
4. **Sosial:** Mengidentifikasi manfaat sosial dari tanaman hortikultura, termasuk kesehatan dan kesejahteraan masyarakat, keamanan pangan, serta pembangunan komunitas dan budaya.

Jadi, tanaman hortikultura memiliki definisi yang luas dan ruang lingkup yang mencakup berbagai aspek kehidupan manusia. Dengan memahami definisi dan ruang lingkungannya, kita dapat lebih menghargai nilai dan kontribusinya dalam mencapai ketahanan pangan, membangun ekonomi yang berkelanjutan, dan melestarikan keanekaragaman hayati.

1.3 Sejarah Budidaya Tanaman Hortikultura

Budidaya tanaman hortikultura memiliki sejarah yang kaya dan kompleks yang bermula sejak zaman peradaban kuno. Selama ribuan tahun, manusia telah secara selektif membiakkan dan membudidayakan tanaman untuk berbagai keperluan, termasuk makanan, obat-obatan, dan ornamen. Asal usul praktik hortikultura dapat ditelusuri ke masyarakat agraris awal seperti bangsa Mesopotamia, Mesir, dan Tiongkok, yang

mengembangkan teknik-teknik canggih untuk mengelola lahan dan menanam tanaman.

Peradaban kuno sangat mengandalkan pengetahuan hortikultura untuk mempertahankan populasi mereka dan memajukan masyarakat mereka. Sebagai contoh, bangsa Mesir terkenal dengan penguasaan mereka terhadap sistem irigasi dan metode budidaya, yang memungkinkan mereka berkembang di sepanjang Sungai Nil dan mendirikan salah satu peradaban yang paling bertahan dalam sejarah (Smith et al., 2019). Demikian pula, bangsa Tiongkok membudidayakan berbagai jenis tanaman hortikultura, termasuk beras, teh, dan sutra, yang memainkan peran penting dalam ekonomi dan budaya mereka (García et al., 2020).

Perkembangan praktik hortikultura terus berkembang sepanjang zaman, dengan kemajuan signifikan terjadi selama Renaisans dan Era Penjelajahan. Penjelajah Eropa seperti Christopher Columbus dan Vasco da Gama memperkenalkan tanaman hortikultura eksotis dari Dunia Baru dan Hindia Timur ke Eropa, yang mengarah pada pendirian jaringan perdagangan global dan pertukaran pengetahuan botani (Ghimire et al., 2021). Periode penjelajahan dan penemuan ini mendorong budidaya berbagai jenis tanaman hortikultura, mengubah lanskap dan pola makan di seluruh dunia.

Di era modern, budidaya tanaman hortikultura menjadi semakin canggih dan spesialis, didorong oleh kemajuan dalam ilmu pengetahuan, teknologi, dan globalisasi. Saat ini, para ahli hortikultura menggunakan teknik-teknik mutakhir seperti rekayasa genetika, hidroponik, dan pertanian presisi untuk mengoptimalkan hasil panen dan mengatasi tantangan kontemporer seperti perubahan iklim dan ketahanan pangan (Brown & Miller, 2018). Meskipun ada kemajuan ini, sejarah panjang budidaya tanaman hortikultura tetap membentuk pemahaman kita tentang pertanian dan dunia alam.

1.4 Konsep Dasar Budidaya Tanaman Hortikultura

Memahami konsep dasar budidaya tanaman hortikultura sangat penting untuk praktik pertanian yang berhasil. Bagian ini

menggali prinsip-prinsip inti dan teknik yang terlibat dalam budidaya tanaman hortikultura, mencakup aspek seperti persiapan tanah, metode perbanyakan, pengelolaan hama dan penyakit, dan teknik panen.

Persiapan tanah merupakan aspek yang sangat penting dalam budidaya tanaman hortikultura, karena ini membentuk dasar untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Teknik manajemen tanah yang tepat, termasuk pengujian tanah, aplikasi amandemen, dan penjadwalan irigasi, sangat penting untuk mengoptimalkan kesuburan tanah dan ketersediaan nutrisi (Brown & Miller, 2018). Selain itu, memahami sifat fisik dan kimia tanah penting untuk memilih tanaman yang sesuai dan mengoptimalkan kondisi tumbuh.

Metode perbanyakan memainkan peran penting dalam budidaya tanaman hortikultura, memungkinkan petani untuk memperbanyak tanaman dengan efisien dan menjaga keragaman genetik. Teknik seperti perkecambahan biji, perbanyakan vegetatif, dan kultur jaringan memungkinkan petani untuk memperbanyak tanaman dari biji, setek, atau sampel jaringan, tergantung pada spesies dan hasil yang diinginkan (García et al., 2020). Dengan menerapkan metode perbanyakan yang sesuai, petani dapat memastikan produksi tanaman yang sehat dan kuat.

Pengelolaan hama dan penyakit merupakan komponen kritis dari budidaya tanaman hortikultura, karena hama dan penyakit dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada tanaman jika dibiarkan tidak terkendali. Strategi pengelolaan hama terpadu (IPM), yang menggabungkan metode kontrol budaya, biologis, dan kimia, digunakan untuk meminimalkan wabah hama dan penyakit sambil meminimalkan dampak lingkungan (Ghimire et al., 2021). Pemantauan secara teratur, intervensi tepat waktu, dan rotasi tanaman adalah praktik penting untuk mengelola hama dan penyakit secara efektif pada tanaman hortikultura.

Teknik panen merupakan langkah terakhir dalam budidaya tanaman hortikultura, menandai akhir siklus pertumbuhan. Waktu dan teknik panen yang tepat sangat penting untuk memastikan hasil dan kualitas optimal. Faktor seperti

tahap kematangan, kondisi cuaca, dan praktik penanganan pascapanen mempengaruhi waktu dan metode panen (Smith et al., 2019). Dengan menerapkan praktik panen yang efisien, petani dapat memaksimalkan hasil tanaman dan meminimalkan kerugian pascapanen.

Secara keseluruhan, menguasai konsep dasar budidaya tanaman hortikultura sangat penting untuk produksi tanaman yang berhasil. Dengan memahami dan menerapkan persiapan tanah, metode perbanyakan, pengelolaan hama dan penyakit, dan teknik panen, petani dapat mengoptimalkan pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman, berkontribusi pada praktik pertanian yang berkelanjutan dan ketahanan pangan.

1.5 Jenis Tanaman Hortikultura yang Biasa Dibudidayakan

Tanaman hortikultura mencakup berbagai jenis tanaman yang dibudidayakan untuk kepentingan konsumsi, keindahan, atau kegunaan industri. Beberapa jenis tanaman hortikultura yang paling umum dibudidayakan meliputi:

- 1. Sayuran:** Termasuk sayuran hijau seperti bayam, selada, dan brokoli, serta sayuran akar seperti wortel dan kentang. Sayuran merupakan sumber utama vitamin, mineral, dan serat dalam pola makan sehat.
- 2. Buah-buahan:** Meliputi buah-buahan seperti apel, jeruk, pisang, dan anggur. Buah-buahan kaya akan antioksidan dan nutrisi penting lainnya yang mendukung kesehatan jantung dan sistem kekebalan tubuh.
- 3. Rempah-rempah:** Seperti jahe, kunyit, dan lada hitam. Rempah-rempah digunakan sebagai bumbu dalam masakan dan juga memiliki berbagai manfaat kesehatan.
- 4. Tanaman Hias:** Termasuk bunga-bunga seperti mawar, anggrek, dan tulip, serta tanaman pot seperti kaktus dan tanaman air. Tanaman hias digunakan untuk dekorasi ruangan, taman, dan acara-acara spesial.

Menurut Kliebenstein (2020), diversifikasi tanaman hortikultura juga penting dalam memperkuat ketahanan pangan global terhadap perubahan iklim dan penyakit tanaman.

1.6 Teknik Budidaya Tanaman Hortikultura

Teknik budidaya tanaman hortikultura bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan kondisi lingkungan tempat tanaman dibudidayakan. Namun, beberapa teknik budidaya umum yang sering digunakan meliputi:

1. **Pemilihan Lokasi:** Memilih lokasi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, termasuk pencahayaan, drainase tanah, dan perlindungan dari angin dan hama.
2. **Pemilihan Varietas:** Memilih varietas tanaman yang sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan pasar.
3. **Penggunaan Pupuk dan Pestisida:** Menggunakan pupuk organik dan pestisida alami untuk menjaga kesehatan tanaman dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan.
4. **Pengairan:** Menyediakan jumlah air yang cukup sesuai dengan kebutuhan tanaman, baik melalui irigasi atau sistem pengairan tetes.

Menurut Sadras dan Richards (2014), penggunaan teknologi dan inovasi dalam budidaya tanaman hortikultura dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen serta mengurangi kerugian akibat faktor lingkungan dan penyakit tanaman. Oleh karena itu, melalui penggunaan praktik budidaya yang berkelanjutan dan penerapan teknologi yang tepat, budidaya tanaman hortikultura dapat menjadi salah satu solusi dalam menghadapi tantangan pertanian modern.

1.7 Peran Tanaman Hortikultura dalam Pertanian, Ekonomi, Lingkungan dan Masyarakat

1.7.1 Peran Tanaman Hortikultura dalam Pangan

Tanaman hortikultura menyediakan berbagai macam pangan yang kaya akan gizi, termasuk buah-buahan, sayuran, dan rempah-rempah. Konsumsi buah dan sayuran telah terbukti memiliki manfaat kesehatan yang signifikan, seperti mengurangi

risiko penyakit jantung, diabetes, dan obesitas. Penelitian telah menunjukkan bahwa pola makan yang kaya akan buah dan sayuran dapat meningkatkan kualitas hidup dan menurunkan angka kematian akibat penyakit kronis.

Menurut (Smith et al., 2019), konsumsi buah dan sayuran yang memadai juga berkontribusi pada keberhasilan program pangan dan gizi di berbagai negara. Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya pola makan sehat, permintaan akan tanaman hortikultura berkualitas tinggi juga meningkat. Oleh karena itu, pengembangan dan promosi produksi tanaman hortikultura yang beragam dan berkualitas tinggi sangat penting untuk memenuhi kebutuhan pangan dan gizi masyarakat secara luas.

1.7.2 Peran Tanaman Hortikultura dalam Ekonomi

Selain memberikan pangan, tanaman hortikultura juga memiliki peran yang signifikan dalam perekonomian lokal dan global. Sektor hortikultura menciptakan lapangan kerja bagi jutaan orang di seluruh dunia, mulai dari petani hingga pekerja di industri pengolahan dan distribusi. Menurut (García et al., 2020), sektor hortikultura telah menjadi tulang punggung perekonomian di banyak negara, menyumbang pendapatan yang substansial dan membuka peluang bisnis baru.

Selain itu, (Brown & Miller, 2018) mencatat bahwa perdagangan internasional tanaman hortikultura juga memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian global. Ekspor dan impor buah-buahan, sayuran, dan bunga menghasilkan pendapatan yang signifikan bagi negara-negara yang terlibat dalam perdagangan ini. Oleh karena itu, investasi dalam pengembangan dan pemasaran tanaman hortikultura dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi dan mengurangi kemiskinan di berbagai negara.

1.7.3 Peran Tanaman Hortikultura dalam Lingkungan

Selain manfaat ekonomi dan gizi, tanaman hortikultura juga memberikan manfaat lingkungan yang penting. Tanaman

hortikultura, terutama jenis-jenis tanaman asli atau endemik, dapat berperan sebagai habitat bagi keanekaragaman hayati lokal. Mempertahankan keberadaan dan keberagaman tanaman hortikultura dapat membantu menjaga keseimbangan ekosistem dan mencegah kepunahan spesies.

Selain itu, menurut (Ghimire et al., 2021), tanaman hortikultura juga memiliki potensi untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Tanaman hortikultura yang dikelola dengan baik dapat berperan dalam menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan memperbaiki kualitas tanah. Oleh karena itu, mempromosikan praktik pertanian berkelanjutan dan konservasi tanaman hortikultura dapat menjadi strategi yang efektif dalam mitigasi perubahan iklim.

1.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Budidaya Tanaman Hortikultura

Memahami beragam faktor yang memengaruhi budidaya tanaman hortikultura sangat penting untuk praktik pertanian yang sukses. Bagian ini mengeksplorasi berbagai faktor biotik dan abiotik yang memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman hortikultura, meliputi aspek seperti iklim, kondisi tanah, ketersediaan air, tekanan hama dan penyakit, dan praktik agronomi.

Iklim memainkan peran penting dalam menentukan kesesuaian tanaman hortikultura untuk dibudidayakan di daerah tertentu. Suhu, curah hujan, kelembaban, dan tingkat sinar matahari secara langsung mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman, fenologi, dan potensi hasil (García et al., 2020). Tanaman yang berbeda memiliki kebutuhan iklim spesifik, dan petani harus memilih varietas tanaman dan waktu tanam yang sesuai dengan kondisi iklim lokal untuk mengoptimalkan produksi (Adinugroho, 2018).

Kondisi tanah secara signifikan memengaruhi pertumbuhan dan performa tanaman hortikultura. Tekstur tanah, struktur, pH, kesuburan, dan karakteristik drainase mempengaruhi ketersediaan nutrisi, perkembangan akar, dan retensi air (Brown & Miller, 2018). Praktik manajemen tanah

seperti olah tanah, penambahan bahan organik, dan penutupan tanah dapat digunakan untuk memodifikasi sifat tanah dan menciptakan kondisi tumbuh optimal untuk tanaman.

Ketersediaan air adalah faktor kritis dalam budidaya tanaman hortikultura, terutama di daerah yang rentan terhadap kekeringan atau kelangkaan air. Penjadwalan irigasi yang tepat, praktik konservasi air, dan teknologi penggunaan air yang efisien penting untuk memastikan tingkat kelembaban yang memadai bagi pertumbuhan tanaman sambil meminimalkan pemborosan air (Ghimire et al., 2021). Petani harus memantau secara cermat tingkat kelembaban tanah dan menyesuaikan praktik irigasi sesuai untuk mencegah stres air dan mengoptimalkan hasil.

Tekanan hama dan penyakit merupakan tantangan besar dalam budidaya tanaman hortikultura, yang dapat menyebabkan kerugian hasil dan kerusakan ekonomi. Strategi manajemen hama terpadu (IPM), termasuk metode kontrol kultural, biologis, dan kimiawi, digunakan untuk mengurangi wabah hama dan penyakit sambil meminimalkan dampak lingkungan. Pemantauan rutin, deteksi dini, dan intervensi yang ditargetkan penting untuk manajemen hama dan penyakit yang efektif pada tanaman hortikultura.

Praktik agronomi seperti kepadatan tanam, pemupukan, pemangkasan, dan rotasi tanaman juga memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman hortikultura. Praktik manajemen agronomi yang optimal dapat meningkatkan serapan nutrisi, meminimalkan persaingan antar tanaman, dan memaksimalkan efisiensi penggunaan sumber daya. Petani harus menyesuaikan praktik agronomi untuk memenuhi persyaratan tanaman spesifik, kondisi lingkungan, dan tujuan produksi untuk mencapai kinerja tanaman yang optimal.

Jadi, pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi budidaya tanaman hortikultura penting untuk pengembangan sistem pertanian yang berkelanjutan dan tangguh. Dengan mempertimbangkan iklim, kondisi tanah, ketersediaan air, tekanan hama dan penyakit, dan praktik agronomi, petani dapat mengoptimalkan produksi tanaman,

meminimalkan risiko, dan berkontribusi pada ketahanan pangan global

1.9 Sistem Klasifikasi yang Digunakan untuk Tanaman Hortikultura.

Klasifikasi tanaman hortikultura memainkan peran penting dalam memahami keragaman dan karakteristik berbagai spesies tanaman yang dibudidayakan untuk tujuan pertanian. Tanaman hortikultura mencakup berbagai jenis tanaman, termasuk buah-buahan, sayuran, tanaman hias, dan tanaman obat, masing-masing dengan fitur botani dan kebutuhan agronomi yang unik.

Salah satu sistem klasifikasi yang banyak digunakan didasarkan pada taksonomi biologis, yang mengkategorikan tanaman ke dalam tingkatan hierarkis seperti kerajaan, divisi, kelas, ordo, famili, genus, dan spesies (Smith et al., 2019). Sistem ini mengandalkan karakteristik morfologi, anatomi, dan genetik untuk mengelompokkan tanaman ke dalam kategori yang berbeda, memudahkan identifikasi dan studi sistematis tentang tanaman hortikultura.

Pendekatan klasifikasi lain melibatkan pengelompokan tanaman hortikultura berdasarkan penggunaan atau tujuan pasar mereka. Misalnya, tanaman dapat dikategorikan sebagai buah-buahan, sayuran, tanaman obat, atau tanaman hias, tergantung pada penggunaan atau nilai ekonomi mereka (García et al., 2020). Sistem klasifikasi ini memberikan wawasan praktis bagi petani, pemasar, dan konsumen, membantu dalam manajemen tanaman, strategi pemasaran, dan preferensi konsumen.

Selain itu, tanaman hortikultura dapat diklasifikasikan berdasarkan kebiasaan pertumbuhan mereka, termasuk tanaman tahunan, dua tahunan, dan tahunan, serta bentuk pertumbuhan seperti pohon, semak, tanaman merambat, dan tanaman herbal (Ghimire et al., 2021). Memahami kebiasaan dan bentuk pertumbuhan tanaman hortikultura penting untuk perencanaan tanaman, jarak tanam, dan praktik pengelolaan dalam sistem pertanian.

Selain itu, sistem klasifikasi juga dapat mempertimbangkan faktor-faktor ekologis seperti preferensi habitat, persyaratan iklim, dan toleransi tanah dari tanaman hortikultura. Klasifikasi ekologis ini memberikan wawasan tentang adaptasi dan kesesuaian tanaman terhadap kondisi lingkungan tertentu, membimbing pemilihan tanaman dan praktik budidaya (Brown & Miller, 2018).

Sebagai kesimpulan, berbagai sistem klasifikasi digunakan untuk mengkategorikan tanaman hortikultura berdasarkan taksonomi biologis, penggunaan, kebiasaan pertumbuhan, dan faktor-faktor ekologis. Sistem-sistem klasifikasi ini merupakan alat berharga bagi peneliti, petani, dan pemangku kepentingan di industri hortikultura, memfasilitasi identifikasi tanaman, praktik pengelolaan, dan proses pengambilan keputusan pertanian.

1.10 Tantangan dan Peluang Yang Dihadapi Tanaman Hortikultura

Tanaman hortikultura menghadapi sejumlah tantangan dan peluang dalam lanskap pertanian saat ini, yang memerlukan pemahaman yang mendalam tentang hambatan dan potensi jalur pertumbuhan dan inovasi. Bagian ini mengulas tantangan dan peluang kunci yang dihadapi oleh tanaman hortikultura, mulai dari dampak perubahan iklim hingga dinamika pasar dan kemajuan teknologi.

Perubahan iklim menjadi ancaman signifikan bagi produktivitas dan keberlanjutan tanaman hortikultura, dengan pergeseran pola suhu, curah hujan yang tidak teratur, dan peristiwa cuaca ekstrem yang memengaruhi hasil panen dan kualitasnya (Ghimire et al., 2021). Peningkatan frekuensi dan keparahan kekeringan, banjir, dan gelombang panas menimbulkan tantangan besar bagi petani, memerlukan adopsi varietas tanaman yang tangguh dan praktik manajemen yang adaptif untuk mengurangi risiko dan memastikan keamanan pangan.

Dinamika pasar dan preferensi konsumen juga membentuk lanskap bagi tanaman hortikultura, memberikan

tantangan dan peluang bagi petani dan pemasar (García et al., 2020). Perubahan kebiasaan makanan, globalisasi perdagangan pangan, dan evolusi preferensi konsumen untuk makanan organik, lokal, dan berkelanjutan menciptakan peluang baru untuk ekspansi pasar dan diferensiasi, tetapi juga memerlukan adaptasi dan inovasi dalam sektor hortikultura.

Kemajuan teknologi menawarkan peluang menjanjikan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan produksi tanaman hortikultura (Smith et al., 2019). Inovasi seperti pertanian presisi, sensor jarak jauh, bioteknologi, dan pertanian lingkungan terkendali memungkinkan petani untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, meminimalkan dampak lingkungan, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap tekanan biotik dan abiotik. Mengadopsi dan mengintegrasikan teknologi ini ke dalam praktik hortikultura dapat membuka kemungkinan baru untuk peningkatan hasil dan viabilitas ekonomi.

Selain itu, tanaman hortikultura memainkan peran penting dalam mengatasi tantangan global seperti ketahanan pangan, gizi, dan keberlanjutan lingkungan (Adinugroho, 2018). Dengan mendiversifikasi sistem pertanian, mempromosikan biodiversitas, dan meningkatkan layanan ekosistem, tanaman hortikultura berkontribusi pada sistem pangan yang tangguh dan berkelanjutan yang dapat memenuhi kebutuhan populasi yang bertambah sambil menjaga sumber daya alam dan integritas ekologis.

Sebagai kesimpulan, meskipun tanaman hortikultura menghadapi sejumlah tantangan termasuk dampak perubahan iklim, dinamika pasar, dan kompleksitas teknologi, mereka juga memberikan peluang signifikan untuk inovasi, adaptasi, dan pembangunan berkelanjutan. Dengan mengatasi tantangan ini secara proaktif dan memanfaatkan peluang yang muncul, para pemangku kepentingan di sektor hortikultura dapat berkontribusi pada masa depan pertanian dan produksi pangan yang lebih tangguh, adil, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugroho, W. (2018). Kontribusi Budidaya Tanaman Hortikultura terhadap Perekonomian Lokal. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(2), 78-86.
- Brown, C., & Miller, S. (2018). Economic Importance of Horticulture. *Horticultural Reviews*, 1-61.
- Fitzpatrick, C. R., Copeland, J., Wang, P. W., Guttman, D. S., Kotanen, P. M., & Johnson, M. T. J. (2019). Assembly and ecological function of the root microbiome across angiosperm plant species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(17), 804–813.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1816684116>
- García, F., López, M., & Pérez, A. (2020). Horticulture: From a traditional activity to an economic powerhouse. *Journal of Economic Studies*, 45(2), 321-335.
- Ghimire, R., Lamichhane, R., & Shrestha, S. (2021). The Role of Horticultural Crops in Climate Change Mitigation and Adaptation. *HortScience*, 56(3), 283-291.
- Kliebenstein, D. J. (2020). A role for gene duplication and natural variation of gene expression in the evolution of metabolism. *PLoS ONE*, 15(5), e0232618.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232618>.
- Sadras, V. O., & Richards, R. A. (2014). Improvement of crop yield in dry environments: Benchmarks, levels of organisation and the role of nitrogen. *Journal of Experimental Botany*, 65(7), 1981–1995. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert029>.
- Smith, J., Johnson, A., & Brown, K. (2019). Horticulture as a solution for global malnutrition. *Journal of Food Security*, 5(2), 89-101.

BAB 2

KONSEP PERKEMBANGAN HORTIKULTURA

Oleh Murdaningsih

2.1 Daya Tarik Hortikultura

Hortikultura merupakan salah satu sub sektor pertanian yang potensial dan digalakkan untuk meningkatkan kesejahteraan petani, perekonomian lokal dan nasional, serta meningkatkan devisa negara melalui ekspor (Kementerian Koordinator Perekonomian, 2021). Sesuai fungsinya, hortikultura dapat meningkatkan gizi masyarakat dan meningkatkan pendapatan petani (Pasanda et al., 2021). Selain itu, Budidaya hortikultura dapat memperluas kesempatan kerja dan memenuhi kebutuhan akan keindahan dan kelestarian lingkungan.

Daya tarik Hortikultura memiliki keanekaragaman jenis yang sangat luas, termasuk jenis buah-buahan, sayuran, bunga hias, tanaman obat, dan rempah-rempah. Keanekaragaman ini menarik perhatian para petani, konsumen dan investor, karena memberikan beragam pilihan untuk dibudidayakan, konsumsi atau digunakan sebagai dekorasi.

Produk hortikultura dari kelompok buah-buahan dan sayur-sayuran dianggap sebagai sumber pangan sehat dan bernilai gizi tinggi. Untuk itu konsumen semakin tertarik untuk mengkonsumsi produk hortikultura agar tetap sehat dan mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan. Kelompok tanaman hias dan bunga yang dapat menambah keindahan visual dan meningkatkan estetika tampilan ruang seperti rumah, perkantoran, taman kota, dan area publik lainnya. Permintaan terhadap produk hortikultura yang terus meningkat baik di pasar domestik maupun global dapat menciptakan peluang usaha yang menjanjikan bagi para petani dan pelaku usaha di bidang hortikultura.

Demikian pula, praktik hortikultura yang ramah lingkungan, seperti penggunaan pupuk organik, pengelolaan hama dan penyakit

terpadu, dan pengelolaan air yang efisien, juga menarik perhatian produsen dan konsumen yang sadar lingkungan. Oleh karena itu diperlukan upaya perbaikan cara budidaya hortikultura untuk menjamin produksi yang optimal dan petani dapat menanam tanaman hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi sesuai permintaan pasar, namun tetap harus memperhatikan lokasi geografis (Tanaya, 2020)

Upaya pengembangan teknologi di bidang hortikultura seperti hidroponik, budidaya vertikal, sensor tanah, dan pengelolaan data pertanian. Hal ini merangsang minat para inovator dan investor untuk berpartisipasi dalam pengembangan hortikultura dengan menawarkan solusi baru.

Dengan memanfaatkan secara efektif daya tarik hortikultura melalui pemasaran yang tepat dan inovasi dalam produksi dan manajemen, sektor hortikultura dapat berkembang dan memberikan manfaat yang komprehensif kepada masyarakat, lingkungan dan perekonomian. Karena hortikultura merupakan sub sektor pertanian yang mempunyai potensi besar (Anonim, 2021). Dan produk hortikultura merupakan salah satu produk pertanian yang mempunyai potensi dan peluang untuk dikembangkan menjadi produk unggulan yang dapat meningkatkan kesejahteraan petani Indonesia.

2.2 Kendala dan Tantangan Perkembangan Hortikultura

Aspek hortikultura yang perlu diperhatikan adalah karakteristik produk hortikultura, seperti tidak dapat disimpan dalam waktu lama, memerlukan ruang penyimpanan yang besar (*bulky*), produk mudah rusak dalam pengangkutan (*perishable*) dan tinggi rendahnya hasil per musim berhubungan dengan Perbedaan musim menyebabkan fluktuasi harga yang besar. Meskipun produk hortikultura sangat bernilai ketika masih segar, namun umumnya produk hortikultura cepat rusak dan memerlukan penanganan khusus untuk menjaga kualitas produk. Kegiatan pasca panen yang perlu dilakukan antara lain penyortiran, grading, dan pengemasan untuk menjaga kualitas produk. Produk hortikultura cepat rusak (menurunnya berat dan kualitas), sehingga dapat layu atau

menyusut sebelum sampai ke konsumen atau selama penyimpanan. Namun, kelembapan yang tinggi selama penyimpanan seringkali menyebabkan tumbuhnya jamur yang merusak penampilan produk. Oleh karena itu, perlu diperhatikan pengelolaan kebersihan, kelancaran sirkulasi udara di ruang penyimpanan dan pengurangan pengembunan pada produk kemasan serta Penguapan di tempat penyimpanan.

Pengembangan potensi tanaman hortikultura tidak hanya terkait dengan hambatan internal terhadap pengembangan ke depan, namun juga daya saing produk, baik kualitas maupun kuantitas, agroekologi, stabilitas harga dan pasokan, pemuliaan dan konservasi, dan lain-lain, yang erat kaitannya dengan berbagai tantangan dalam bidang pertanian. Selain menyediakan varietas, juga perlu menyediakan lahan, infrastruktur dan modal untuk mendukung produk pasca panen dan menjaga keterkaitan strategis, baik regional maupun internasional. (Pitaloka, 2020).

Faktor yang mempengaruhi berkembangnya usaha hortikultura antara lain faktor internal berupa hobi sebagai pendorong berkembangnya tanaman pekarangan rumah dan faktor eksternal berupa kebijakan pemerintah sebagai faktor pendukung, misalnya bantuan penyaluran benih, polibag, dan aktivitas penyuluhan. (Jumiyati, 2018)

Tantangan dalam pengembangan pertanian hortikultura adalah menyeimbangkan penggunaan bahan organik dan anorganik (Susanti et al., 2023). Tantangan yang dihadapi petani lahan kering antara lain adalah tingkat pengetahuan dan keterampilan petani, serta relatif rendahnya partisipasi petani khususnya dalam penanganan tanaman hortikultura (Jayaputra et al., 2022).

Usahatani hortikultura pada umumnya masih bercirikan dengan skala kecil, bersifat usaha sampingan dan belum berskala agribisnis, namun umumnya dengan lahan yang terbatas (Nuddin dkk., 2021). Sebaliknya, pola tanam campuran dengan varietas berbeda dan cara pengelolaan tanaman berbeda ditandai dengan kualitas produk yang rendah dan teknik tradisional dengan cara panen dan pengolahan pasca panen yang kurang optimal. Ada dua kendala dalam pengembangan Hortikultura, salah satunya adalah

petani tidak hanya berfokus pada hortikultura dan usahatani dalam skala kecil dan belum berorientasi pada bisnis.

Meskipun terdapat banyak kemungkinan dan daya tarik hortikultura, pengembangan hortikultura juga menghadapi berbagai kendala dan tantangan yang perlu diatasi. Beberapa kendala dan tantangan yang biasa dihadapi dalam pengembangan hortikultura antara lain:

1. Perubahan iklim. Hal ini dapat mempengaruhi pola cuaca, curah hujan, suhu, dan kelembapan, yang dapat berdampak negatif pada produksi tanaman hortikultura. Perubahan iklim yang ekstrim seperti banjir, kekeringan dan meningkatnya penyebaran hama dan penyakit merupakan tantangan besar sehingga perlu dilakukan pemilihan waktu tanam dan teknik budidaya tanaman yang tepat, serta pemilihan jenis tanaman berdasarkan agroklimatologi tanaman.
2. Sumber daya yang terbatas, karena usahatani hortikultura memerlukan sumber daya yang memadai seperti air, tanah subur, pupuk, dan pestisida. Keterbatasan sumber daya dapat menjadi hambatan terhadap peningkatan produksi yang berkelanjutan, terutama di wilayah yang mengalami kelangkaan air dan degradasi lahan.
3. Pencemaran dan degradasi lingkungan hidup. Penggunaan pestisida dan pupuk kimia yang berlebihan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dan penurunan kualitas tanah dan air. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan untuk mewujudkan sistem pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.
4. Ketidakstabilan Harga: Hal ini disebabkan karena harga produk hortikultura seringkali mengalami fluktuasi yang tidak terduga, antara lain disebabkan oleh faktor cuaca, permintaan pasar, infrastruktur, masalah distribusi. Ketidakstabilan harga dapat mengurangi keuntungan bagi petani dan pelaku usaha hortikultura.
5. Akses pasar yang terbatas, lokasi usaha Petani hortikultura sebagian besar berlokasi di daerah pedesaan, seringkali memiliki akses terbatas terhadap pasar yang besar dan

- permintaan yang stabil. infrastruktur transportasi yang buruk, kurangnya akses informasi pasar dan birokrasi yang kompleks dapat menjadi hambatan akses pasar
6. Persaingan internasional di era globalisasi. Pasar global untuk produk hortikultura sudah terbuka, namun persaingan dengan produk serupa dari negara lain juga meningkat. Standar mutu, harga yang kompetitif, dan kebijakan perdagangan internasional merupakan faktor yang mempengaruhi daya saing produk hortikultura.
 7. Ketergantungan pada varietas unggul dan monokultur. Penggunaan varietas tanaman berkualitas tinggi dan monokultur dapat meningkatkan risiko penyebaran penyakit dan kerusakan ekosistem. Oleh karena itu, perlu dilakukan diversifikasi tanaman dan mengikuti praktik pertanian berkelanjutan untuk mengurangi risiko.
 8. Kesulitan teknis dan teknologi. Penggunaan teknologi modern seperti irigasi tetes, hidroponik, dan pengelolaan data pertanian seringkali memerlukan investasi modal dan pengetahuan teknis yang besar. Petani dan perusahaan hortikultura memerlukan pelatihan dan dukungan yang tepat.

Untuk mengatasi hambatan dan tantangan tersebut, pemerintah, lembaga penelitian, pelaku ekonomi, dan masyarakat lokal perlu bekerja sama untuk mengembangkan strategi yang komprehensif dan berkelanjutan untuk pengembangan sektor hortikultura. Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini diperlukan beberapa langkah penting, termasuk inovasi teknologi, praktik pertanian ramah lingkungan, penguatan pasar lokal dan global, dan peningkatan kapasitas produksi petani.

Pengembangan produk hortikultura yang berkelanjutan yang dibutuhkan masyarakat Indonesia dan dunia. Jumlah penduduk Indonesia yang besar memang menjadi peluang dan potensi pengembangan pasar dalam negeri. Namun membanjirnya impor membuat produk lokal kurang kompetitif dan merusak citra internasional Indonesia sebagai negara hortikultura tropis

2.3 Konsep Perkembangan Hortikultura

Konsep pengembangan hortikultura mencakup berbagai aspek yang ditujukan untuk pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan dengan manfaat ekonomi dan sosial yang signifikan. Konsep pembangunan hortikultura yang dapat dijadikan landasan strategis pengembangan antara lain:

1. Keanekaragaman dan diversifikasi tumbuhan: Keanekaragaman jenis tanaman hortikultura seperti buah-buahan, sayuran, tanaman hias, rempah-rempah, tanaman obat, dll. Inisiatif untuk mendorong peningkatan di dalam Diversifikasi tanaman tidak hanya mengurangi risiko kerugian akibat serangan hama dan penyakit, namun juga menawarkan peluang usaha yang lebih luas.
1. 2. Praktik Pertanian Berkelanjutan: Mengembangkan praktik pertanian berkelanjutan yang mengintegrasikan prinsip-prinsip lingkungan, sosial, dan ekonomi. Diantaranya adalah penggunaan pupuk organik, pengendalian hama dan penyakit terpadu, praktik pengelolaan tanah yang baik, dan praktik pertanian ramah lingkungan lainnya.
2. Penerapan teknik pertanian modern: Memanfaatkan teknik pertanian modern seperti irigasi tetes, sensor tanah, kecerdasan buatan, dan pemantauan basis data untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida. Teknologi modern ini juga membantu dalam mengambil keputusan yang lebih akurat dan tepat.
3. Pemasaran dan Promosi Produk: Mengembangkan strategi pemasaran yang efektif untuk meningkatkan visibilitas dan daya tarik produk hortikultura baik di pasar lokal maupun global. Mempromosikan produk-produk berkualitas tinggi, berkelanjutan dan bersertifikat dapat meningkatkan daya saing dan nilai jual produk hortikultura.
4. Kemitraan dan kerjasama: Mendorong terbentuknya kemitraan antara pemerintah, lembaga penelitian, universitas, pelaku ekonomi dan masyarakat lokal dalam pengembangan hortikultura. Kolaborasi ini memfasilitasi pertukaran pengetahuan, sumber daya dan pengalaman untuk mencapai tujuan pembangunan bersama.

5. Inovasi dan Penelitian: Mendukung penelitian dan pengembangan inovasi di bidang hortikultura seperti: Pengembangan varietas unggul, teknik pertanian baru, metode pengolahan produk, dan strategi pemasaran inovatif. Inovasi ini akan meningkatkan daya saing dan ketahanan sektor hortikultura terhadap perubahan iklim dan pasar.

Tujuan utama pengembangan hortikultura adalah untuk meningkatkan hasil produksi dan keanekaragaman produk, yang dapat dicapai melalui strategi pemberdayaan petani dan teknologi ramah lingkungan dengan menciptakan sinergi antar faktor yang berperan paling besar (Nugrahapsari et al., 2021)

Berdasarkan Penerapan Konsep pembangunan hortikultura yang terpadu dan berkelanjutan memberikan manfaat ekonomi yang luas dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan dan kesejahteraan sosial masyarakat petani, sehingga diharapkan dapat terus membawa perkembangan positif hortikultura.

2.4 Startegi Pengembangan Hortikultura

Pendampingan pegembangan berbagai tanaman hortikultura dan beberapa tanaman unggulan lokal sesuai karakteristik wilayah dan kesesuaian agroekosistem tanaman, mulai dari dataran rendah, sedang, dan tinggi dengan tanaman hortikultura (Sarjan et al., 2021). Dari hasil Penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan usaha tani sayuran berdasarkan jenis tanaman yang ditanam, 90% responden menyatakan setuju bahwa tanaman pekarangan sangat mudah dikembangkan dan perawatan tanamannya mudah (83,33%), peminatnya sangat tinggi 76,67%) dan keuntungan sangat tinggi (90%). (Jumiyati, 2018)

Strategi pengembangan hortikultura mencakup berbagai aspek seperti peningkatan produksi, efisiensi penggunaan sumber daya, pemasaran produk, dan pengembangan inovasi teknologi. Beberapa strategi yang dapat digunakan untuk mengembangkan hortikultura:

1. Meningkatkan produksi dengan cara:
 - a. Mendorong penggunaan varietas unggul yang produktif, tahan hama, dan adaptif terhadap lingkungan.

- b. Menerapkan pertanian ramah lingkungan melalui penggunaan pupuk organik, pengelolaan air yang efisien, dan pengelolaan hama dan penyakit terpadu.
 - c. Mempromosikan teknik pertanian modern seperti hidroponik, aeroponik, dan budidaya vertikal untuk meningkatkan produksi di lahan terbatas atau kecil.
2. Penggunaan sumber daya secara efisien:
- a. Mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk dengan menggunakan teknologi canggih seperti sensor tanah, irigasi tetes, dan pemantauan cuaca.
 - b. Memanfaatkan energi terbarukan seperti panel surya dan energi angin untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi tradisional.
 - c. Praktek mendaur ulang sampah organik sebagai bahan baku pupuk atau kompos untuk mengurangi sampah dan meningkatkan kesuburan tanah.
3. Tenaga Pemasaran dan Penjualan:
- a. Memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk menciptakan rantai pasokan yang efisien dari petani hingga konsumen akhir.
 - b. Membangun kemitraan strategis dengan pasar lokal, restoran, hotel dan supermarket untuk meningkatkan akses pasar produk hortikultura.
 - c. Meningkatkan citra dan nilai jual kembali produk dengan menerapkan label kualitas, sertifikasi organik, atau branding yang kuat.
4. Pengembangan inovasi teknologi melalui:
- a. Mendorong penelitian dan pengembangan bioteknologi untuk menghasilkan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap perubahan iklim, penyakit, dan hama.
 - b. Menggunakan teknologi digital seperti analisis data, kecerdasan buatan, dan blockchain untuk meningkatkan efisiensi produksi, manajemen inventaris, dan transparansi rantai pasokan.
 - c. Melanjutkan pelatihan dan pendidikan petani mengenai teknologi baru dan praktik pertanian modern.

5. Kemitraan dan kerjasama dengan cara:

- a. Menjalin jaringan kemitraan antara pemerintah, industri, lembaga penelitian, perguruan tinggi, dan organisasi nirlaba untuk mendukung pengembangan hortikultura.
- b. mendukung pelatihan dan pendampingan petani, khususnya petani yang berada di daerah pedesaan dan yang memiliki akses terbatas terhadap sumber daya dan informasi.
- c. Memfasilitasi pertukaran pengetahuan dan pengalaman antara petani dengan praktisi dan ahli di bidang hortikultura.

Dalam mengembangkan hortikultura di lahan marginal perlu dilakukan strategi kesesuaian lahan dan mengetahui faktor pembatasnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan lahan dengan memperhatikan kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, pH, dan C-Organik. Upaya perbaikan yang perlu dilakukan dengan penambahan bahan organik, pemberian pupuk yang sesuai, pembuatan teras bangku atau penanaman sejajar garis kontur (Liuto et al., 2022). Upaya pengelolaan lahan untuk memperbaiki faktor pembatas lahan hortikultura meliputi penyediaan air irigasi, pengelolaan lahan dan pembuatan saluran drainase, pemberian kapur dan bahan organik tanah, urea, SP-36, pupuk KCL atau Ponska (pupuk majemuk) dan pembangunan bendungan (Teapon & Hadun, 2021)

Strategi Untuk mengatasi permasalahan pengembangan hortikultura lahan kering, perlu dilakukan upaya inovatif melalui pengembangan tanaman hortikultura ramah lingkungan dengan mengatur sistem tanam dan memperbaiki teknik budidaya untuk meningkatkan pendapatan petani. Penyuluhan dan pelatihan untuk meningkatkan teknik budidaya dan mengatur pola tanam hortikultura, dan areal percontohan (Jayaputra et al., 2022)

Penerapan inovasi teknologi dalam perencanaan lahan merupakan sistem usaha tani yang dapat dijalankan sepanjang tahun dengan mengoptimalkan pemanfaatan khususnya pada pengembangan tanaman hortikultura dengan melakukan inovasi

teknologi berbasis tata letak lahan dengan metode Surjan pada lahan basah dataran rendah. Tanaman Hortikultura yang berumur satu musim seperti cabai, tomat, terong, mentimun, labu kuning, oyong, pare, dan kubis ditanam dibagian bawah, sedangkan tanaman kebun tahunan seperti jeruk manis (Siam) dan rambutan ditanam di bagian Surjan (Simatupan & Lina, 2020).

Memanfaatkan lahan kosong untuk menanam tanaman hortikultura merupakan strategi pembangunan yang paling sederhana (Musa et al., 2020). Begitu pula dengan pertanian perkotaan (urban farming) yang merupakan strategi pengembangan tanaman hortikultura, mempunyai kekuatan internal sehingga perlu memanfaatkan kekuatan yang ada dan memanfaatkan peluang yang ada untuk mendapatkan strategi pengembangan usaha (Ikhsan, 2021)

Pengembangan hortikultura di Indonesia memiliki prospek yang sangat bagus. Pemerintah, peneliti dan lembaga pendidikan khususnya di bidang pertanian hendaknya lebih proaktif dalam mengembangkan hortikultura agar mampu bersaing dengan produk luar negeri dan memenuhi kebutuhan masyarakat (Pitaloka, 2020). Dengan menerapkan strategi tersebut secara holistik dan berkelanjutan, diharapkan sektor hortikultura akan mencapai perkembangan yang lebih baik dalam hal produktivitas, efisiensi, keberlanjutan dan daya saing pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2021). Pengembangan Hortikultura Berorientasi Ekspor Tingkatkan Produktivitas, Kualitas, dan Kontinuitas Produk Hortikultura. *Kemenko Perekonomian*.
- Ikhsan, M. N. (2021). Strategi Pengembangan Pertanian Perkotaan (Urban Farming) Tanaman Hortikultura di Medan Johor. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*.
- Jayaputra, J., Jaya, I. K. D., & Santoso, B. B. (2022). Pengembangan Hortikultura Lahan Kering dan Penerapan Teknologi Budidaya Ramah Lingkungan untuk Meningkatkan Pendapatan Petani Di Desa Sukadana Lombok Utara. *Jurnal Gema Ngabdi*. <https://doi.org/10.29303/jgn.v4i3.291>
- Jumiyati, I. (2018). Persepsi Wanita Tani Terhadap Pengembangan Hortikultura Sayuran Di Kecamatan Mpunda Kota Bima. *Artikel Ilmiah*.
- Kemenko Perekonomian. (2021). Pengembangan Hortikultura Berorientasi Ekspor Tingkatkan Produktivitas, Kualitas, dan Kontinuitas Produk Hortikultura. *Kemenko Perekonomian*.
- Liuto, R., Katili, H. A., & Puspapratiwi, D. (2022). Penilaian Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Hortikultura Di Desa Potil Pololoba Kabupaten Banggai Laut. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian*. <https://doi.org/10.52045/jimfp.v2i2.336>
- Musa, N., Nurdin, & Rahim, Y. (2020). Pemanfaatan Lahan Kosong Dan Pekarangan Melalui Pemberdayaan Petani Hortikultura Di Desa Huntu Barat Kabupaten Bone Bolango. *Abdi Insani*. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v7i3.337>
- Nuddin, A., Jamil, M. H., & Laapo, A. (2021). Strategi Pengembangan Agribisnis Hortikultura di Luwu Utara : Suatu Pendekatan Kelembagaan dan Eko-Geografi. *Jurnal Galung Tropika*.
- Nugrahapsari, R. A., Prabawati, S., Hayati, N. Q., Mulyono, D., Hardiyanto, N., & Maryana, Y. E. (2021). Analisis Struktur Hierarki Strategi Pengembangan Hortikultura di Lahan Rawa, Kabupaten Banyuasin, Sumatra Selatan (Hierarchy Structure Analysis of Horticulture Development Strategy in Swamp Land, Banyuasin Regency, South Sumatra). *Jurnal Hortikultura*.

- <https://doi.org/10.21082/jhort.v30n2.2020.p185-196>
- Pasanda, E., Beloan, B., Randa, F. X. R., Patinggi, A. G., Pabutungan, R. I., & Zeptian, Z. (2021). Pengembangan Hortikultura Dalam Meningkatkan Pendapatan Masyarakat Desa Pana Kecamatan Alla Kabupaten Enrekang. *Batara Wisnu : Indonesian Journal of Community Services*. <https://doi.org/10.53363/bw.v1i3.42>
- Pitaloka, D. (2020). Hortikultura: Potensi, Pengembangan Dan Tantangan. *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech*. <https://doi.org/10.33379/gtech.v1i1.260>
- Sarjan, M., Nikmatullah, A., Windarningsih, M., & Hadi, A. P. (2021). Pendampingan Pengembangan Komoditas Hortikultura Unggulan di Dataran Medium Desa Stiling, Lombok Tengah. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. <https://doi.org/10.29303/jpmipi.v4i2.644>
- Simatupang, R. S., & Rina, Y. (2020). Perspektif Pengembangan Tanaman Hortikultura di Lahan Rawa Lebak Dangkal (Kasus di Kalimantan Selatan). *Jurnal Sumberdaya Lahan*. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v13n1.2019.1-15>
- Susanti, R., Christijanti, W., Habibah, N. A., Mustikaningtyas, D., Sasi, F. A., Galih, D., Mumtaz, S., & Puspitasari, A. D. S. (2023). Pengembangan Taman TOGA Untuk Peningkatan Kesehatan Warga Panti Asuhan Yafikhi Semarang. *ABDIMASKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. <https://doi.org/10.33633/ja.v6i1.1066>
- Tanaya, I. G. L. P. (2020). Motivasi Petani Dalam Mengusahakan Tanaman Hortikultura di Lahan Kering. *AGROTEKSOS: Agronomi Teknologi Dan Sosial Ekonomi Pertanian*. <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v30i1.548>
- Teapon, A., & Hadun, R. (2021). Evaluasi Potensi Lahan Untuk Pengembangan Tanaman Hortikultura. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*

BAB 3

KONSEP PERTUMBUHAN TANAMAN HORTIKULTURA

Oleh Josina Irene Brigetha Hutubessy

3.1 Pendahuluan

Perkembangan pangan dimasyarakat akan berkembang dan berubah sejalan dengan keinginan dan tuntutan masyarakat terhadap nilai gizi, cita rasa, tampilan dan ketersediaan pangan terutama tanaman hortikultura akan terus meningkat. Hortikultura adalah : tanaman budidaya dikebun dengan jenis tanaman sayur-saruran, tanaman hias, obat, semusim, rimpang (Setiawan *et al.*, 2021) dan (Tando, 2019). Tanaman hortikultura terpisah dari jenis tanaman pangan, tanaman perkebunan, tanaman industri dan tanaman lainnya.

Produk hortikultura merupakan salah satu komoditi pertanian yang mempunyai potensi serta peluang untuk dikembangkan sehingga menjadi produk unggulan yang mampu meningkatkan kesejahteraan petani di Indonesia, baik produk hortikultura yang tergolong produk buah-buahan, sayur-sayuran, obat-obatan maupun tanaman hias.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman : Cahaya, suhu, kelembaban, sinar matahari, air, tanah dan nutrisi, sehingga perlu melihat konsep tumbuh tanaman dengan beberapa metode tanaman diantaranya dalam *greenhouse* dan sistem hidroponik.

3.2 Konsep Greenhouse

Greenhouse merupakan suatu lingkungan tumbuh tanaman yang bersifat terkendali/terkontrol. Pengembangan *greenhouse* untuk budidaya hortikultura sangat penting sebagai penjamin keberhasilan tumbuh dari pengaruh lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas matahari, dan hama penyakit

(Setiawan *et al.*, 2021). Konsep dari *greenhouse* adalah modifikasi kondisi lingkungan hidup tanaman yang bisa dikondisikan dari faktor-faktor keberhasilan pertumbuhan tanaman itu sendiri, dimana jika perubahan iklim musim kemarau dan hujan diperpanjang dengan konsep *greenhouse* tanaman bisa tumbuh, berkembang dan produksi yang baik. Penelitian pertumbuhan tanaman bawang merah (*Allium cepa*) didalam *greenhouse* untuk mengendalikan faktor lingkungan (suhu, kelembaban udara dan intensitas cahaya) menggunakan *internet of things* (iot) faktor lingkungan ini bisa bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya dan bisa dipantau dimanapun sepanjang masih terhubung dengan internet (Putra and Faiza, 2022).

Keuntungan dari budidaya dengan konsep *greenhouse* ;

1. Produksi sepanjang tahun karena faktor lingkungan bisa terkontrol,
2. Menghemat air dan pupuk
3. Penggunaan pestisida sedikit/menekan serangan hama penyakit



Sumber : (Faizal, 2019)

3.3 Konsep Hidroponik

Hidroponik salah satu teknik budidaya dengan menggunakan media air sebagai wadah pertumbuhan tanaman (Trina E Tallei,

Inneke F.M. Rumengan, 2017) dan (Roidah, 2014). Selain air sebagai media tumbuh, media yang dapat digunakan adalah : sekam bakar, cocopeat, kompos daun bambu dan kompos jerami (media organik) dan zeolit, busa dll (media anorgnik), bisa juga menggunakan pasir vulkanik , serbuk gergaji yang sudah dicuci bersih dengan air, batu apung berasal dari laut (Qurrohman, 2021). Media tanam berfungsi sebagai tempat berpegangnya akar tanaman yang ditanam dan untuk menyerap larutan nutrisi saat disiramkan atau diteteskan, nutrisinya yang diberikan akan diserap akar. Keberhasilan budidaya hidroponik, selain ditentukan oleh medium yang digunakan, juga ditentukan oleh larutan nutrisi yang diberikan, karena tanaman tidak mendapatkan unsur hara dari medium tumbuhnya (Purnomo, Harjoko and Sulisty, 2018). Pada dasarnya hidroponik ini dapat memanfaatkan pekarangan kecil dan hidroponik dapat di lakukan di *greenhouse* .Teknologi hidroponik berkembang sejalan dengan penelitian yang dilakukan. Jenis tanaman yang dapat digunakan adalah : tanaman buah (tomat, melon, stroberi, semangka, mentimun) sayur / tanaman semusim (kangkung, terung, sawi, seledri, bayam popcoy dll), bunga (krisan, angrek dll). Faktor penting hidroponik untuk tanaman tumbuh dan berkembang (Natalia, Kusumarini and Poillot, 2017)(1)unsur hara, unsur hara merupakan kunci penting untuk keberhasilan dalam hidroponik, dan (2) media tanam

Keuntungan dan kelemahan hidroponik (Roidah, 2014) :

1. Keuntungan :

- a. Pertumbuhan tanaman terkontrol
- b. Pertumbuhan dan keberhasilan produksi aman dan terjaga
- c. Gangguan hama bisa terkontrol dan mudah
- d. Efisien dalam penggunaan pupuk
- e. Lebih muda sulam tanaman yang rusak
- f. Standarisasi yang aman, hemat dan kebutuhan tenaga kerja lebih sedikit
- g. Perkembangan pertumbuhan cepat dalam kondisi lingkungan bersih
- h. Produksi tinggi dan setiap waktu
- i. Nilai jual tinggi
- j. Jenis tanaman tertentu diluar musim bisa dibudidaya

k. Aman dalam kondisi lingkungan yang ekstrim

2. Kelemahan

- a. Biaya mahal
- b. Membutuhkan skill
- c. Sangat sulit dalam tingkat pemeliharaan

Ada beberapa sistem hidroponik

1. Sistem Aeroponic, cara budidaya di udara tanpa menggunakan nutrisi. Kelembaban dan temperature adalah faktor penting dalam sistem aeroponic. (Subandi and Widodo, 2016). Dalam penelitian (Dwi *et al.*, 2022) pertumbuhan bawang merah, dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan nutrisi.



Sumber : (Rohmi Nuraida, 2020)

2. Sistem Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*) Pemberian air pada irigasi tetes dilakukan dengan menggunakan alat aplikasi (*applicator, emission device*) yang dapat memberikan air dengan debit yang rendah dan frekuensi yang tinggi (hampir terus-menerus) disekitar perakarn tanaman atau pemberian air lewat pipa-pipa.

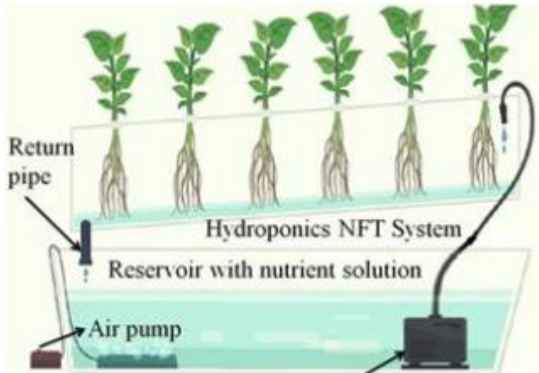


Sumber : (Agrozine, 2020)

Kelebihan irigasi tetes: (1) meningkatkan nilai guna air, (2) meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, (3) menekan resiko pemupukan garam, (4) menekan pertumbuhan gulma dan (5) hemat tenaga kerja. Sedangkan kelemahan irigasi tetes; (1) biaya mahal. (2) perawatan yang intensif.

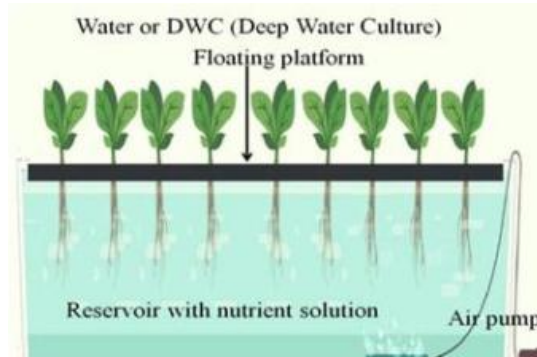
Penelitian dengan sistem irigasi tetes pada tanaman melon (*Cucumis melo* L.) varietas modesta dengan menggunakan media cocopeat dan pasir memberikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman terbaik (Nora *et al.*, 2020) dan penelitian untuk tanaman cabe dengan sistem irigasi tetes di dalam *greenhouse* memberikan pertumbuhan baik hal ini disebabkan waktu pemberian nutrisi dan air bisa terkontrol (Ekaputra *et al.*, 2016).

3. Nutrient Film Technique (NFT) /Teknik Film Nutrisi (TFN), teknik ini sangat cocok untuk budidaya tanaman secara hidroponik, dengan cara kerja sirkulasi nutrisi dialirkan secara terus menerus melewati akar kemudian dialirkan kembali ke penampungan (Endryanto and Khomariah, 2022). Yang dimaksud dengan film adalah lapisan tipis dimana nutrisi akan dialirkan ke akar (Putri *et al.*, 2023). Kelebihan NFT menghemat nutrisi dan air dan kelemahan biaya mahal.



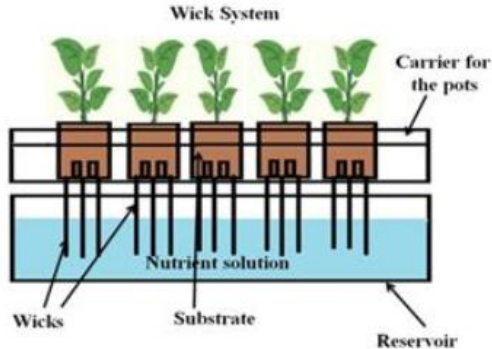
Sumber : (Link, 2020)

4. Dft (*Deep Flow Technique*)/ teknik aliran dalam; metode penanaman yang melibatkan sirkulasi cairan nutrisi tanaman secara terus-menerus dalam rangkaian sistem aliran tertutup hingga 24 jam. Metode ini memiliki keuntungan yaitu ; jika listrik padam air nutrisi didalam parit tetap ada, air yang ada ini akan menambah cadangan nutrisi dipipa/parit. Kelebihan dari sistem ini lebih mudah diterapkan dan kelemahan pipa yang dialiri air dan nutrisi cepat berlumut.
5. *Ebb and flow systems (Flood and Drain System)*/ sistem pasang surut cara kerja sama seperti sirkulasi infus, dimana bisa menggunakan dua wadah, wadah yang satu mengalirkan nutrisi bagi tanaman lewat akar kemudian mengalir lagi ke wadah penampung lainnya.
6. *Walter Culture*, system ini yang paling sederhana pada hidropnik dimana wadah penyangga tanaman adalah : Styrofoam yang mengapung diatas nutrisi, Kelebihan dari system ini media/wadah yang digunakan mudah didapatkan.



Sumber : (Link, 2020)

7. Sistem Sumbu (*Wick System*), system ini mudah dilakukan dan hemat biaya dimana bisa juga menggunakan bahan-bahan bekas (botol, ember bekas). Kelebihan dari system ini hemat biaya dan mudah dilakukan, dan kelemahan tempat bersarang jentik nyamuk sehingga hal yang perlu diatasi berikan ikan didalam wadah penampungan air atau berikan abate.



Sumber : (Link, 2020)

3.4 Penutup

Konsep pertumbuhan tanaman hortikultura bisa menggunakan beberapa metode/sistem diantaranya sistem; *greenhouse* dan sistem hidroponik dimana dengan sistem ini bisa mengatur dan kontrol. faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yaitu faktor lingkungan (media tanaman, suhu, kelembaban, cahaya, temperatur, air).

DAFTAR PUSTAKA

- Agrozone (2020) 'Mengenal Sistem Irigasi Tetes: Komponen, Kelebihan, Kekurangan', *Agrozone*. Available at: <https://agrozone.id/mengenal-sistem-irigasi-tetes-komponen-kelebihan-kekurangan/>.
- Dwi, A. *et al.* (2022) 'Sistem Kendali Parameter Suhu dan Nutrisi pada Aeroponik menggunakan Metode Regresi Linier', *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(10), pp. 4662–4671. Available at: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- Ekaputra, E.G. *et al.* (2016) '(Capsicum Annum L.) Dalam Greenhouse Di Nagari Biaro , Kecamatan Ampek Angkek , Kabupaten Agam, Sumatera Barat', *Jurnal Irigasi*, 11(2), pp. 103–112.
- Endryanto, A.A. and Khomariah, N.E. (2022) 'Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Berbasis Iot', *Konvergensi*, 18(1), pp. 25–32. Available at: <https://doi.org/10.30996/konv.v18i1.4494>.
- Faizal, M. (2019) *Konsep dan Manfaat Greenhouse*, Pusat Manajemen Pengetahuan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada. Available at: <https://kmc.tp.ugm.ac.id/kms/konsep-dan-manfaat-greenhouse/>.
- Link, T. (2020) *Mengenal 5 Jenis Sistem Hidroponik, Bisnis Agri Tidak Pernah Mati*. Available at: <https://www.tanilink.com/bacaberita/216/mengenal-5-jenis-sistem-hidroponik/>.
- Natalia, C., Kusumarini, Y. and Poillot, J.F. (2017) 'Perancangan Interior Fasilitas Edukasi Hidroponik Di Surabaya', *Intra*, 5(2), pp. 97–106.
- Nora, S. *et al.* (2020) 'Teknik Budidaya Melon Hidroponik dengan Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation)', *Agrium*, 23(1), pp. 21–26. Available at: <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/5654>.
- Purnomo, D., Harjoko, D. and Sulisty, T.D. (2018) 'Budidaya Cabai Rawit Sistem Hidroponik Substrat Dengan Variasi Media Dan Nutrisi', *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 31(2), p. 129. Available at:

- <https://doi.org/10.20961/carakatani.v3i12.11996>.
- Putra, G.M. and Faiza, D. (2022) 'Pengendalian Suhu, Kelembaban Udara dan Intensitas Cahaya Pada Greenhouse Untuk Tanaman Bawang Merah Menggunakan Internet of Things (Iot)', *pendidikan Tambusai*, 5, pp. 11404–11419.
- Putri, A. *et al.* (2023) 'Kajian Konsep Fluida Dinamis pada Optimalisasi Aliran Nutrisi Sistem Hidroponik Study of Dynamic Fluid Concepts in Optimizing Nutrient Flow in Hydroponic Systems', *Sintesis Penelitian Sains Terapan Dan Analisannya*, 4(2), pp. 120–127.
- Qurrohman, B.F.T. (2021) *Bertanam Selada Hidroponik Konsep dan Aplikasi, Pusat Penelitian dan Penerbitan UIN SGD Bandung*.
- Rohmi Nuraida, R.S.N. (2020) 'Mengenal Aeroponik, Teknik Bercocok Tanam di Udara, Apa Itu?', *Kompas.com/tren*, 15 November. Available at: <https://www.kompas.com/tren/read/2020/11/15/142000165/mengenal-aeroponik-teknik-bercocok-tanam-di-udara-apa-itu-?page=all>.
- Roidah, I.S. (2014) 'Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik', 1(2), pp. 43–50.
- Setiawan, R. *et al.* (2021) 'Penggunaan Green House untuk Budidaya Hortikultura di Halaman Sekolah SD Negeri 063 Lagi Agi', *Jurnal Lepa-lepa Open*, 1(3), pp. 480–487. Available at: <https://ojs.unm.ac.id/JLLO/article/download/18609/pdf>.
- Subandi, A. and Widodo, M. (2016) 'Rancang Bangun Sistem Aeroponik Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler', pp. 116–121.
- Tando, E. (2019) 'Review : Pemanfaatan Teknologi Greenhouse Dan Hidroponik Sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim Dalam Budidaya Tanaman Hortikultura', *Buana Sains*, 19(1), p. 91. Available at: <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.1530>.
- Trina E Tallei, Inneke F.M. Rumengan, A.A.A. (2017) *Hidroponik Untuk Pemula, Penerbit LPPM UNSRAT*.

BAB 4

TEKNOLOGI BUDIDAYA TANAMAN HORTIKULTURA DAN JENIS FAKTOR PEMBATAS

Oleh Husainah Yusuf

4.1 Pendahuluan

1. Teknologi Dasar dalam Budidaya Hortikultura

Budidaya tanaman hortikultura merupakan salah satu subsektor pertanian yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan peran strategis dalam ketahanan pangan dan gizi masyarakat. Keberhasilan budidaya hortikultura sangat dipengaruhi oleh penerapan teknologi dasar yang mencakup seluruh tahapan budidaya, mulai dari persiapan lahan hingga pascapanen. Teknologi dasar ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, memperbaiki kualitas hasil, serta mengurangi risiko kegagalan panen akibat faktor biotik dan abiotik.

2. Persiapan Lahan dan Media Tanam

Persiapan lahan yang baik merupakan fondasi utama dalam sistem budidaya hortikultura. Teknologi dasar pada tahap ini meliputi pembajakan atau pengolahan tanah untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi, serta mengendalikan gulma dan hama tanah. Penggunaan alat mekanis seperti traktor dan rotary cultivator telah menggantikan teknik tradisional, sehingga efisiensi tenaga kerja dan waktu dapat ditingkatkan secara signifikan (Wahyuni et al., 2021).

Selain itu, pemilihan dan penyesuaian media tanam juga menjadi aspek krusial, khususnya pada sistem tanam intensif seperti hidroponik dan vertikultur. Media tanam harus memiliki sifat fisik dan kimia yang mendukung

pertumbuhan akar, seperti porositas, kapasitas tukar kation (KTK), dan pH yang sesuai (Simanungkalit, 2019).

3. Benih dan Pembibitan

Pemilihan benih unggul yang memiliki daya tumbuh tinggi, tahan terhadap penyakit, serta memiliki produktivitas yang baik merupakan langkah awal penting dalam budidaya. Teknologi pemuliaan tanaman dan rekayasa genetika telah berkontribusi besar dalam menghasilkan varietas hortikultura yang adaptif terhadap lingkungan dan permintaan pasar (Sutaryo & Ramdani, 2020). Teknik persemaian modern seperti penggunaan tray semai, media steril, dan naungan plastik UV mampu meningkatkan keberhasilan pembibitan dan meminimalisasi serangan penyakit.

4. Teknologi Irigasi dan Pengairan

Irigasi yang efisien sangat penting dalam sistem hortikultura karena tanaman hortikultura umumnya memiliki kebutuhan air yang tinggi dan sensitif terhadap kekurangan air. Teknologi dasar irigasi seperti irigasi tetes (drip irrigation), irigasi sprinkler, dan sistem fertigasi memungkinkan penyediaan air dan nutrisi yang presisi langsung ke zona perakaran. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi air, tetapi juga mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman secara optimal (Nugroho, 2022).

5. Pemupukan dan Pemeliharaan Tanaman

Teknologi dasar pemupukan mencakup penentuan jenis, dosis, dan waktu aplikasi pupuk yang tepat. Pemanfaatan uji tanah dan analisis jaringan tanaman dapat membantu dalam penyusunan program pemupukan berbasis kebutuhan spesifik tanaman. Integrasi antara pupuk organik dan anorganik juga telah terbukti mampu memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas tanaman hortikultura (Putri & Kartika, 2023).

6. Pengendalian Hama dan Penyakit

Teknologi pengendalian hama dan penyakit tanaman hortikultura secara terpadu (PHT) menjadi pendekatan utama dalam sistem budidaya modern. Penggunaan pestisida dilakukan secara selektif dan terukur, dikombinasikan dengan agen hayati, teknik kultur teknis, dan pemanfaatan varietas tahan. Pendekatan ini bertujuan untuk menekan populasi hama tanpa merusak keseimbangan ekosistem dan mengurangi residu bahan kimia pada hasil panen (Hidayat & Fitriani, 2021).

7. Panen dan Pascapanen

Teknologi dasar pada tahap panen dan pascapanen mencakup metode panen yang tepat waktu dan teknik penanganan hasil agar mutu tetap terjaga. Penggunaan wadah panen yang sesuai, sistem grading, pengemasan, dan penyimpanan suhu rendah menjadi standar penting dalam menjaga kesegaran dan daya simpan produk hortikultura. Pengolahan hasil hortikultura dengan teknologi sederhana seperti pengeringan, pengasapan, dan pengalengan juga telah diterapkan untuk meningkatkan nilai tambah (Kurniawan, 2020).

4.2 Faktor Pembatas Produksi Tanaman Hortikultura

Produksi tanaman hortikultura sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berperan secara langsung maupun tidak langsung terhadap pertumbuhan dan hasil akhir tanaman. Faktor-faktor ini dapat bertindak sebagai pembatas apabila keberadaannya tidak sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman, sehingga menyebabkan penurunan produktivitas dan mutu hasil hortikultura. Secara umum, faktor pembatas dalam budidaya hortikultura diklasifikasikan ke dalam dua kelompok utama, yaitu faktor biotik dan abiotik.

Faktor biotik mencakup pengaruh organisme hidup seperti hama, penyakit, gulma, dan mikroorganisme tanah yang merugikan. Hama dan penyakit dapat menyebabkan kerusakan fisiologis, menghambat fotosintesis, dan menurunkan kualitas hasil panen. Beberapa patogen utama yang menjadi ancaman

serius dalam hortikultura antara lain *Phytophthora spp.*, *Fusarium spp.*, dan *Pseudomonas syringae*, yang menyebabkan penyakit akar, layu, dan bercak daun (Hidayat & Fitriani, 2021). Selain itu, kompetisi dari gulma terhadap air, cahaya, dan nutrisi juga memperburuk kondisi pertumbuhan tanaman hortikultura, terutama pada fase awal pertumbuhan.

Sementara itu, faktor abiotik meliputi kondisi lingkungan fisik dan kimia yang tidak mendukung perkembangan tanaman secara optimal. Parameter utama yang termasuk dalam kategori ini antara lain suhu ekstrem, curah hujan yang tidak menentu, kekeringan, banjir, intensitas cahaya yang tidak sesuai, kualitas air irigasi, serta kesuburan dan struktur tanah. Ketidakseimbangan unsur hara seperti kelebihan nitrogen atau kekurangan kalsium, dapat menyebabkan gangguan fisiologis seperti pertumbuhan vegetatif berlebihan atau kelainan pada buah (Simanungkalit, 2019).

Tanah sebagai media tumbuh utama juga berpotensi menjadi faktor pembatas. Tanah masam, salin, atau memiliki kapasitas tukar kation rendah menyebabkan penurunan efisiensi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Permasalahan tanah ini sering dijumpai pada lahan-lahan marginal yang kini banyak dimanfaatkan untuk ekspansi lahan pertanian hortikultura (Kurniawan, 2020). Selain itu, kerusakan struktur tanah akibat penggunaan alat berat secara berlebihan dan minimnya penerapan bahan organik turut memperparah kondisi fisik tanah.

Perubahan iklim global juga memperburuk faktor pembatas produksi. Ketidakpastian musim, meningkatnya suhu rata-rata, serta kejadian cuaca ekstrem menyebabkan terjadinya stres fisiologis pada tanaman dan memengaruhi siklus pertumbuhan serta fase reproduksi tanaman hortikultura (Sutaryo & Ramdani, 2020). Beberapa studi menunjukkan bahwa stres kekeringan dan suhu tinggi berdampak negatif terhadap pembentukan bunga dan pembesaran buah, yang pada akhirnya menurunkan hasil panen secara signifikan (Nugroho, 2022).

Untuk mengatasi faktor pembatas tersebut, pendekatan sistematis diperlukan dalam budidaya hortikultura, termasuk pengembangan teknologi adaptif, perbaikan varietas unggul,

penerapan sistem pertanian terpadu, serta penerapan prinsip pengelolaan hara dan air yang presisi. Identifikasi awal terhadap potensi faktor pembatas pada suatu kawasan budidaya menjadi langkah strategis dalam menyusun paket teknologi yang sesuai dan berkelanjutan.

4.3 Strategi Mengatasi Faktor Pembatas Biotik

Faktor pembatas biotik dalam budidaya tanaman hortikultura umumnya berasal dari organisme hidup yang mengganggu atau menghambat pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman. Di antara faktor tersebut adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) seperti hama serangga, patogen penyebab penyakit, gulma, serta nematoda parasit. Kerusakan yang ditimbulkan oleh faktor biotik ini dapat berdampak langsung terhadap hasil panen maupun kualitas produk hortikultura. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan terpadu yang bersifat ekologis, ekonomis, dan berkelanjutan.

Pendekatan utama dalam mengatasi faktor pembatas biotik adalah melalui Pengendalian Hama Terpadu (PHT). PHT merupakan sistem pengelolaan hama yang menggabungkan berbagai teknik pengendalian yang saling melengkapi dan berwawasan lingkungan, dengan tujuan menekan populasi OPT hingga di bawah ambang ekonomi. Komponen utama dalam PHT meliputi penggunaan varietas tahan, pengendalian hayati, pengendalian kultur teknis, pengendalian fisik dan mekanis, serta penggunaan pestisida secara selektif dan bijaksana (Hidayat & Fitriani, 2021).

Penggunaan varietas hortikultura yang tahan terhadap penyakit tertentu, seperti varietas tomat tahan layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) atau cabai tahan terhadap *Phytophthora capsici*, merupakan langkah awal yang efektif dalam mencegah infeksi patogen. Teknologi pemuliaan tanaman telah menghasilkan varietas hortikultura yang memiliki ketahanan ganda terhadap berbagai jenis hama dan penyakit, sehingga mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis (Sutaryo & Ramdani, 2020).

Strategi pengendalian hayati juga memainkan peran penting dalam mengurangi tekanan OPT. Penggunaan musuh alami seperti parasitoid (*Trichogramma spp.*), predator (misalnya *Chrysopa spp.* dan *Coccinellidae*), serta agen antagonis seperti *Trichoderma harzianum* dan *Bacillus subtilis*, terbukti mampu menekan populasi hama dan patogen dengan cara yang ramah lingkungan. Teknik ini tidak hanya aman bagi tanaman dan manusia, tetapi juga membantu menjaga keseimbangan ekosistem agroekologi (Simanungkalit, 2019).

Pengendalian secara kultur teknis mencakup praktik-praktik budidaya seperti rotasi tanaman, penanaman serempak, pengaturan jarak tanam, sanitasi lahan, serta pengelolaan air dan drainase yang baik. Langkah-langkah tersebut bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang tidak mendukung perkembangan OPT, sekaligus meningkatkan daya tahan tanaman terhadap gangguan eksternal (Kurniawan, 2020). Selain itu, pemanfaatan teknologi rumah tanam atau screen house juga menjadi solusi efektif dalam meminimalkan infestasi hama dari luar.

Meskipun penggunaan pestisida kimia masih dibutuhkan dalam kondisi tertentu, pendekatan ini sebaiknya menjadi alternatif terakhir dan dilakukan dengan prinsip 6T: tepat sasaran, tepat jenis, tepat dosis, tepat cara, tepat waktu, dan tepat frekuensi. Penggunaan pestisida secara tidak bijak dapat menyebabkan resistensi OPT, keracunan lingkungan, dan pencemaran produk hortikultura, yang pada akhirnya berdampak buruk terhadap kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan (Nugroho, 2022).

Penerapan strategi pengendalian faktor biotik secara terintegrasi memerlukan edukasi, pendampingan teknis, serta dukungan kebijakan dari pemerintah dan lembaga penelitian. Pelibatan petani dalam proses pengambilan keputusan dan evaluasi hasil pengendalian juga sangat penting guna meningkatkan keberhasilan pengelolaan hama dan penyakit secara berkelanjutan.

4.4 Strategi Mengatasi Faktor Pembatas Abiotik

Faktor pembatas abiotik merupakan kendala lingkungan non-hayati yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman hortikultura. Faktor-faktor tersebut meliputi ketersediaan air, suhu ekstrem, intensitas cahaya, kualitas tanah, tingkat keasaman (pH), salinitas, serta keberadaan unsur hara esensial. Ketidaksesuaian salah satu atau lebih dari faktor tersebut dapat menyebabkan stres fisiologis pada tanaman, menurunkan efisiensi fotosintesis, dan bahkan mengakibatkan kegagalan panen. Oleh karena itu, pengembangan strategi yang adaptif dan berbasis teknologi sangat penting dalam mengatasi pembatas abiotik secara efektif dan berkelanjutan.

Salah satu strategi utama dalam menghadapi kekeringan adalah penerapan teknologi **irigasi efisien**, seperti irigasi tetes dan irigasi sprinkler, yang memungkinkan penyediaan air secara presisi dan hemat. Sistem fertigasi, yaitu pemberian air dan pupuk secara bersamaan melalui irigasi, juga telah terbukti meningkatkan efisiensi pemupukan dan penggunaan air pada berbagai jenis tanaman hortikultura, terutama di lahan kering (Nugroho, 2022). Selain itu, penggunaan mulsa organik dan plastik dapat membantu mempertahankan kelembaban tanah, mengurangi evaporasi, serta menjaga suhu tanah tetap stabil.

Dalam menghadapi suhu ekstrem, terutama suhu tinggi yang berkepanjangan, teknik naungan buatan seperti penggunaan paranet, plastik UV, atau green house sangat efektif untuk melindungi tanaman dari radiasi sinar matahari berlebih. Pada saat yang sama, pemilihan varietas tanaman yang adaptif terhadap kondisi suhu ekstrem juga menjadi pendekatan agronomis yang penting. Pemuliaan tanaman untuk memperoleh varietas toleran panas dan dingin telah menjadi fokus penelitian hortikultura dalam konteks perubahan iklim global (Sutaryo & Ramdani, 2020).

Masalah tanah sebagai faktor pembatas abiotik juga sering ditemui di lahan marginal seperti tanah masam, tanah salin, atau tanah dengan kandungan bahan organik rendah. Untuk tanah masam, aplikasi kapur (kalsit atau dolomit) digunakan untuk

meningkatkan pH dan memperbaiki ketersediaan unsur hara. Sementara itu, tanah salin dapat direhabilitasi melalui pencucian garam (leaching) menggunakan irigasi berlimpah dan pengelolaan drainase yang baik (Simanungkalit, 2019). Penggunaan bahan pembenah tanah seperti kompos, biochar, dan pupuk kandang juga berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta memperbaiki aktivitas mikroba tanah.

Untuk mengatasi kekurangan atau ketidakseimbangan unsur hara, pendekatan pemupukan berimbang berbasis hasil analisis tanah merupakan strategi yang sangat dianjurkan. Pemanfaatan pupuk organik cair, pupuk hayati, dan mikoriza menjadi solusi alternatif dalam meningkatkan efisiensi pemupukan dan memperkuat sistem perakaran tanaman. Mikoriza, khususnya, berperan dalam memperluas area penyerapan akar dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lingkungan ekstrem, seperti kekeringan atau tanah miskin hara (Putri & Kartika, 2023).

Penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam sistem pertanian presisi juga telah memberikan kontribusi signifikan dalam deteksi dini dan manajemen stres abiotik. Sensor kelembaban tanah, suhu, dan tingkat salinitas yang terintegrasi dengan sistem pengambilan keputusan berbasis data membantu petani dalam melakukan tindakan responsif dan efisien terhadap dinamika kondisi lingkungan (Kurniawan, 2020).

Secara keseluruhan, strategi mengatasi faktor pembatas abiotik tidak hanya menekankan pada pendekatan teknis, tetapi juga harus didukung oleh peningkatan kapasitas sumber daya manusia, kolaborasi penelitian, dan kebijakan publik yang mendukung adopsi inovasi di tingkat petani. Pendekatan yang komprehensif dan berkelanjutan merupakan kunci dalam menjaga stabilitas dan peningkatan produksi hortikultura di tengah tantangan lingkungan yang semakin kompleks.

4.5 Inovasi Teknologi Tepat Guna dalam Budidaya

Penerapan inovasi teknologi tepat guna dalam budidaya hortikultura merupakan salah satu strategi krusial dalam menjawab tantangan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pertanian. Teknologi tepat guna didefinisikan sebagai teknologi yang sesuai dengan kebutuhan, kondisi sosial-ekonomi, dan kapasitas petani, serta mampu meningkatkan efisiensi usaha tani tanpa menyebabkan kerusakan lingkungan (Kurniawan, 2020). Inovasi ini tidak hanya mencakup alat dan mesin, tetapi juga meliputi pendekatan sistem budidaya, teknik pengelolaan tanaman, serta metode pascapanen yang praktis dan aplikatif.

Salah satu inovasi penting dalam budidaya hortikultura adalah alat dan mesin pertanian skala kecil. Peralatan seperti cultivator mini, alat semprot elektrik, dan pengolah kompos sederhana telah membantu petani hortikultura dalam mengefisienkan tenaga kerja dan mempercepat proses budidaya. Misalnya, penggunaan pompa irigasi tenaga surya yang hemat energi sangat efektif di daerah terpencil dengan keterbatasan akses listrik (Nugroho, 2022). Inovasi ini memungkinkan penyediaan air secara berkelanjutan tanpa biaya operasional yang tinggi.

Di sisi budidaya intensif, teknologi hidroponik dan aeroponik menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan lahan dan degradasi tanah. Sistem ini memungkinkan budidaya tanaman tanpa tanah, dengan penggunaan nutrisi larut air yang terkontrol. Hidroponik cocok diterapkan di daerah urban maupun semi-urban, karena mampu menghasilkan sayuran segar berkualitas tinggi dalam waktu singkat dan dengan efisiensi air yang lebih tinggi dibandingkan budidaya konvensional (Putri & Kartika, 2023). Bahkan, sistem vertikultur yang berbasis hidroponik telah dikembangkan dalam skala rumah tangga sebagai bagian dari urban farming.

Inovasi lain yang semakin berkembang adalah pemanfaatan biofertilizer dan biopestisida yang diformulasikan secara lokal menggunakan mikroorganisme spesifik. Penggunaan agen hayati seperti *Trichoderma* spp., *Azospirillum* spp., dan *Beauveria bassiana* telah terbukti mampu memperbaiki kesuburan tanah, meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit, serta menurunkan residu pestisida kimia (Simanungkalit,

2019). Teknologi ini tidak hanya mendukung produksi organik, tetapi juga ramah lingkungan dan mendukung kesehatan konsumen.

Dalam aspek manajemen informasi, hadirnya sistem digital dan sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi lahan dan tanaman secara real-time. Penggunaan sensor kelembaban tanah, suhu, dan pH, yang terintegrasi dengan aplikasi digital, membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih cepat dan tepat sasaran. Teknologi ini sangat relevan dengan konsep pertanian presisi yang menekankan pada efisiensi input dan peningkatan hasil panen (Sutaryo & Ramdani, 2020).

Selain inovasi teknis, teknologi sosial seperti model sekolah lapang petani (SLP) juga dapat dikategorikan sebagai teknologi tepat guna. Melalui pendekatan ini, petani memperoleh pelatihan berbasis praktik langsung di lapangan, yang disesuaikan dengan konteks lokal. Transfer teknologi melalui SLP terbukti efektif dalam meningkatkan pengetahuan petani tentang inovasi budidaya, teknik pengendalian terpadu, serta pengolahan hasil.

Agar inovasi teknologi tepat guna dapat diterapkan secara luas dan berkelanjutan, diperlukan sinergi antara lembaga penelitian, pemerintah, sektor swasta, dan komunitas petani. Diseminasi teknologi yang berorientasi pada kebutuhan lokal serta ketersediaan infrastruktur pendukung akan menjadi kunci keberhasilan adopsi teknologi di tingkat lapangan.

4.6 Studi Kasus Keberhasilan Teknologi Budidaya

Penerapan teknologi dalam budidaya hortikultura telah menunjukkan dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas, efisiensi, dan ketahanan usaha tani di berbagai wilayah. Studi kasus di beberapa daerah Indonesia menunjukkan bahwa inovasi teknologi yang dikombinasikan dengan penguatan kelembagaan petani dapat menghasilkan sistem budidaya yang adaptif, berkelanjutan, dan menguntungkan secara ekonomi. Kajian-kajian ini penting tidak hanya sebagai pembuktian empirik, tetapi juga sebagai model yang dapat direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik agroekosistem serupa.

Salah satu contoh keberhasilan adalah implementasi sistem pertanian hidroponik berbasis komunitas di daerah perkotaan seperti Kota Bandung dan Surabaya. Sistem hidroponik menggunakan rak vertikal dan nutrisi cair berbasis organik ini telah memungkinkan masyarakat memproduksi sayuran daun seperti sawi, pakcoy, dan selada secara mandiri di lahan terbatas, bahkan di pekarangan rumah. Studi oleh Putri dan Kartika (2023) menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan produktivitas hingga 3–4 kg/m² per bulan dengan efisiensi air 80% lebih tinggi dibandingkan budidaya konvensional di tanah. Selain sebagai sumber pangan keluarga, hasil panen hidroponik juga dipasarkan melalui platform digital, sehingga menciptakan peluang ekonomi baru bagi rumah tangga perkotaan.

Di wilayah dataran tinggi Dieng, Jawa Tengah, keberhasilan diterapkan pada penggunaan alat penanaman dan pemanenan sederhana untuk tanaman kentang dan kubis. Penerapan teknologi mekanisasi ringan, seperti alat tanam manual dan pencabut umbi semi-otomatis, berhasil mengurangi beban tenaga kerja hingga 40% serta mempercepat proses panen, yang sebelumnya sangat tergantung pada kerja manual (Kurniawan, 2020). Efisiensi ini berdampak langsung terhadap penurunan biaya produksi dan peningkatan margin keuntungan petani.

Contoh lain datang dari Nusa Tenggara Barat, di mana petani semangka menerapkan sistem fertigasi tetes berbasis tenaga surya di lahan pasir pantai. Teknologi ini memungkinkan suplai air dan nutrisi secara terukur langsung ke zona perakaran, bahkan di wilayah yang miskin air dan memiliki tingkat salinitas tinggi. Menurut studi Nugroho (2022), hasil panen semangka di lokasi tersebut meningkat dari rata-rata 12 ton/ha menjadi 18–20 ton/ha setelah penerapan fertigasi, disertai dengan penurunan penggunaan pupuk anorganik hingga 30%.

Penggunaan biopestisida dan agen hayati di sentra produksi cabai di Kabupaten Malang juga menjadi contoh sukses pengendalian hama terpadu. Dengan mengganti pestisida kimia menggunakan *Beauveria bassiana* dan *Trichoderma harzianum*, petani berhasil menurunkan tingkat serangan *Phytophthora capsici* hingga 60% tanpa mengurangi kualitas panen. Simanungkalit

(2019) mencatat bahwa keberhasilan ini didukung oleh pelatihan intensif dari penyuluh dan keberadaan laboratorium lapangan yang memproduksi agen hayati secara lokal.

Dari sisi sosial-ekonomi, teknologi tepat guna dalam budidaya hortikultura juga terbukti meningkatkan partisipasi kelompok wanita tani (KWT) dan generasi muda. Program sekolah lapang dan pelatihan teknologi urban farming di Yogyakarta dan Bali, misalnya, telah melibatkan pemuda desa dalam budidaya sayuran berbasis media tanam alternatif seperti arang sekam dan cocopeat. Hasil studi oleh Sutaryo dan Ramdani (2020) menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga memperkuat semangat kewirausahaan di sektor hortikultura.

Berbagai studi kasus ini membuktikan bahwa keberhasilan penerapan teknologi budidaya sangat bergantung pada integrasi antara aspek teknis, sosial, dan kelembagaan. Adaptasi teknologi terhadap kondisi lokal, partisipasi aktif petani, dukungan penyuluhan, serta kebijakan yang memfasilitasi akses terhadap teknologi dan pembiayaan menjadi faktor penentu utama dalam menciptakan sistem budidaya hortikultura yang resilien dan kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, S., & Fitriani, R. (2021). *Pengendalian hama terpadu pada tanaman hortikultura*. Jakarta: Penerbit AgroMedia.
- Kurniawan, D. (2020). *Teknologi pascapanen hortikultura: Teori dan praktik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Nugroho, T. (2022). Efisiensi sistem irigasi tetes pada tanaman hortikultura di lahan kering. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(1), 45–53. <https://doi.org/10.25077/jtp.15.1.45-53.2022>
- Putri, A. D., & Kartika, Y. (2023). Efektivitas sistem hidroponik skala rumah tangga dalam mendukung ketahanan pangan urban. *Jurnal Pertanian Perkotaan*, 11(1), 33–42.
- Putri, A. D., & Kartika, Y. (2023). Pemanfaatan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanaman hortikultura. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 10(2), 78–85.
- Simanungkalit, R. D. M. (2019). *Kesuburan tanah dan media tanam hortikultura*. Bogor: IPB Press.
- Sutaryo, & Ramdani, A. (2020). *Pemuliaan tanaman hortikultura modern*. Bandung: Alfabeta.

BAB 5

TEKNOLOGI PADA LINGKUNGAN KEKERINGAN

Oleh Nurlena Andalia

5.1 Dampak Kekeringan terhadap Tanaman Hortikultura

Kekeringan tidak hanya menimbulkan gangguan fisiologis pada tanaman, tetapi juga menyebabkan perubahan morfologi yang signifikan. Beberapa tanaman menunjukkan adaptasi morfologis seperti pengurangan ukuran daun, pembentukan lapisan kutikula yang lebih tebal, dan peningkatan kepadatan rambut daun (*trikoma*) sebagai respons terhadap stres air. Adaptasi ini bertujuan untuk meminimalkan kehilangan air melalui transpirasi, tetapi secara bersamaan dapat menghambat kemampuan tanaman dalam menangkap cahaya dan melakukan fotosintesis secara optimal.

Dalam jangka panjang, kekeringan dapat menyebabkan perubahan permanen pada struktur jaringan tanaman. Sistem perakaran tanaman hortikultura yang mengalami kekeringan cenderung tumbuh lebih dalam dan menyebar lebih luas dalam upaya mencari sumber air. Namun, pertumbuhan akar ini seringkali tidak seimbang dengan pertumbuhan bagian atas tanaman (*shoot*), yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan fisiologis dan keterbatasan dalam transportasi nutrisi dan air. Ketidakseimbangan ini berdampak serius pada kualitas hasil panen. Misalnya, buah-buahan dari tanaman yang mengalami stres kekeringan biasanya memiliki ukuran lebih kecil, tekstur keras, rasa yang kurang manis, dan kadar air yang rendah. Pada tanaman bunga, kekeringan menghambat pembentukan kuntum, mengurangi ukuran dan jumlah bunga, serta mempercepat fase penuaan atau *senescence*. Hal ini tentu menurunkan nilai komersial produk hortikultura di pasar.

Lebih lanjut, kekeringan juga menurunkan efisiensi pemupukan. Dalam kondisi tanah kering, unsur hara sulit larut dan terserap oleh akar tanaman. Akibatnya, pemupukan menjadi tidak efektif dan justru berpotensi meningkatkan akumulasi garam tanah, yang memperparah stres osmotik pada tanaman. Interaksi antara kekeringan dan defisiensi hara ini dapat menciptakan kondisi sinergis yang mempercepat kerusakan fisiologis tanaman.

Selain aspek fisiologis dan agronomis, kekeringan juga memiliki dimensi ekologi. Penurunan kelembaban tanah berdampak pada aktivitas biota tanah seperti cacing tanah, aktinomisetes, dan mikoriza, yang berperan penting dalam dekomposisi bahan organik dan siklus nutrisi. Penurunan populasi mikroorganisme menguntungkan menyebabkan tanah menjadi kurang subur dan memperburuk kondisi lingkungan tumbuh tanaman hortikultura secara keseluruhan.

Dari sisi sosial, kekeringan berpengaruh pada beban kerja petani, terutama dalam sistem pertanian yang masih mengandalkan irigasi manual atau sumber air terbatas seperti sumur dangkal. Petani harus bekerja lebih keras dan mengeluarkan biaya tambahan untuk mengakses air, misalnya melalui pompa air berbahan bakar atau membeli air dari luar. Hal ini menambah beban ekonomi, terutama di daerah yang minim infrastruktur pertanian dan pendampingan teknis.

Perubahan pola tanam juga sering terjadi sebagai respons terhadap kekeringan berkepanjangan. Petani cenderung menunda musim tanam atau beralih ke komoditas yang lebih toleran terhadap kekeringan, yang kadang tidak sebanding dari segi nilai ekonomi atau permintaan pasar. Ketidakpastian ini membuat usaha tani hortikultura menjadi kurang stabil dan rentan terhadap fluktuasi iklim.

Untuk mengatasi tantangan ini, berbagai inovasi telah dikembangkan, seperti penggunaan mulsa untuk mengurangi evaporasi, pengaplikasian zat pengatur tumbuh berbasis asam humat dan sitokinin, hingga pemanfaatan sensor kelembaban tanah dan sistem irigasi tetes berbasis *smart farming*. Di sisi lain, edukasi kepada petani mengenai manajemen air dan teknik

konservasi lahan menjadi komponen penting dalam meningkatkan resiliensi sektor hortikultura terhadap kekeringan.

Secara keseluruhan, kekeringan merupakan tantangan multidimensi yang memerlukan pendekatan terpadu lintas sektor. Kolaborasi antara petani, peneliti, pemerintah, dan sektor swasta sangat diperlukan untuk mengembangkan strategi budidaya hortikultura yang tidak hanya produktif, tetapi juga berkelanjutan dalam menghadapi dinamika iklim yang semakin ekstrem. Oleh karena itu, investasi dalam riset, pendidikan pertanian, serta penguatan kelembagaan lokal merupakan langkah strategis untuk membangun sistem pertanian hortikultura yang tangguh terhadap kekeringan.

5.2 Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Kering

Lahan kering merupakan wilayah yang memiliki kondisi biofisik spesifik yang menyebabkan keterbatasan dalam pemanfaatan lahan untuk pertanian intensif. Keterbatasan air menjadi faktor utama yang membedakan lahan kering dengan wilayah agraris lainnya, karena air merupakan komponen krusial dalam menunjang seluruh proses fisiologis tanaman. Di wilayah tropis seperti Indonesia, lahan kering tersebar luas di daerah Nusa Tenggara, sebagian wilayah Jawa bagian selatan dan timur, serta kawasan pesisir dan perbukitan yang memiliki curah hujan musiman.

Karakterisasi lahan kering sangat penting untuk mencegah terjadinya salah kelola, degradasi lahan, dan kegagalan budidaya. Langkah identifikasi awal dimulai dengan pemetaan wilayah berdasarkan iklim makro dan mikro, topografi, jenis tanah, serta akses terhadap sumber air. Pendekatan klimatologis mencakup analisis panjang musim kemarau, variabilitas curah hujan tahunan, dan jumlah hari hujan efektif. Sebagian besar lahan kering memiliki indeks kelembaban negatif (kurang dari -40 menurut Thornthwaite), yang mengindikasikan defisit air secara kronis. Hal ini berdampak pada terganggunya ketersediaan air sepanjang tahun, yang memerlukan manajemen air yang terencana dan berkelanjutan.

Selain iklim, faktor edafik sangat menentukan daya dukung lahan kering. Tanah pada wilayah ini umumnya miskin hara, pH cenderung masam atau basa ekstrem, dan struktur tanah yang kurang mantap. Kandungan bahan organik umumnya di bawah 1%, yang menyebabkan rendahnya aktivitas mikroba tanah serta daya simpan air dan nutrisi yang rendah. Tanah yang memiliki tekstur berpasir atau berbatu juga mempercepat laju perkolasi air, membuat ketersediaan air tanah semakin terbatas bagi tanaman.

Karakterisasi topografi juga penting dilakukan karena bentuk permukaan lahan memengaruhi pola aliran air, erosi, dan akumulasi bahan organik. Lahan dengan kemiringan curam memiliki risiko erosi yang lebih tinggi saat musim hujan dan kesulitan penampungan air di musim kemarau. Oleh karena itu, teknik konservasi tanah dan air seperti *terracing*, guludan, serta pembangunan embung mikro sangat direkomendasikan dalam sistem pertanian di lahan kering berbukit.

Kemajuan teknologi, khususnya penggunaan *remote sensing* dan Sistem Informasi Geografis (SIG), sangat membantu dalam pemetaan dan pengelompokan lahan kering berdasarkan potensi dan risiko agronominya. Data citra satelit dapat digunakan untuk memantau dinamika kelembaban tanah, kesehatan vegetasi melalui Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), serta identifikasi area degradasi. Data ini dapat diintegrasikan dengan survei lapangan untuk menghasilkan peta potensi hortikultura spesifik lokasi.

Karakterisasi sosial-ekonomi juga tidak boleh diabaikan. Lahan kering umumnya dihuni oleh masyarakat petani tradisional dengan sistem pertanian subsisten, minim akses teknologi, dan terbatasnya infrastruktur pengairan. Ketahanan pangan dan ekonomi keluarga sangat rentan terhadap fluktuasi iklim. Dalam konteks ini, pendekatan partisipatif sangat penting agar teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan lokal dan dapat diterima secara sosial.

Berbagai strategi adaptasi telah dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering. Di antaranya adalah penggunaan varietas hortikultura toleran kekeringan,

penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*), dan pemanfaatan teknologi irigasi hemat air seperti *drip irrigation* dan *subsurface irrigation*. Selain itu, pengayaan tanah dengan bahan organik, pengaplikasian biochar, serta penerapan sistem agroforestri hortikultura menjadi pendekatan yang efektif dalam meningkatkan retensi air dan memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Di sisi lain, hasil karakterisasi lahan kering juga menjadi dasar dalam perumusan kebijakan pengembangan kawasan hortikultura. Pemerintah dan pemangku kepentingan dapat menggunakan informasi ini untuk menentukan zona pengembangan hortikultura, alokasi bantuan sarana produksi, serta pembangunan infrastruktur irigasi alternatif seperti sumur dangkal, tampungan air hujan (*rainwater harvesting*), dan embung desa.

Secara keseluruhan, identifikasi dan karakterisasi lahan kering bukan hanya aktivitas teknis awal, melainkan merupakan upaya integral yang mencakup dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial budaya. Tanpa karakterisasi yang akurat dan menyeluruh, pengembangan hortikultura di lahan kering berisiko tinggi gagal atau bahkan memperburuk kondisi lahan dan kesejahteraan petani. Oleh karena itu, dibutuhkan sinergi antara ilmu pengetahuan, teknologi, kebijakan, dan kearifan lokal untuk memastikan bahwa lahan kering dapat menjadi bagian dari sistem pertanian yang produktif dan berkelanjutan.

5.3 Strategi Irigasi Efisien dan Pengelolaan Air

Permasalahan air merupakan kendala utama dalam pengembangan pertanian hortikultura di lahan kering. Air yang terbatas, fluktuatif, dan tidak merata distribusinya menjadi tantangan tersendiri, terutama dalam konteks perubahan iklim yang memperpanjang periode kering dan meningkatkan variabilitas cuaca. Oleh karena itu, strategi irigasi efisien dan pengelolaan air tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga pilar utama dalam ketahanan sistem pertanian hortikultura.

1. Prinsip Dasar Irigasi Efisien

Irigasi efisien bertujuan untuk memberikan air secara tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat sasaran. Sistem ini mengutamakan efisiensi penggunaan air melalui pengurangan kehilangan air akibat evaporasi, limpasan, dan perkolasi berlebih. Efisiensi juga mencakup peningkatan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi melalui zona perakaran aktif.

2. Teknologi Irigasi Tepat Guna

a. Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*)

Sistem ini sangat efektif untuk tanaman hortikultura yang memiliki akar dangkal dan membutuhkan air dalam volume kecil namun konsisten. Irigasi tetes bekerja dengan menyalurkan air langsung ke pangkal tanaman melalui selang berlubang atau emitter. Keunggulan sistem ini meliputi:

- 1) Penghematan air hingga 50–60%
- 2) Mengurangi pertumbuhan gulma karena tidak membasahi seluruh permukaan tanah
- 3) Mengurangi penyakit tanaman yang disebabkan oleh kelembaban tinggi di daun

b. Irigasi Mikro-sprinkler dan Sprinkler

Digunakan pada tanaman hortikultura yang memerlukan kelembaban merata di seluruh kanopi, seperti sayuran daun. Efektif untuk area luas dan dapat dikombinasikan dengan sistem otomatisasi. Namun demikian, perlu perhatian terhadap kehilangan air karena penguapan di cuaca panas dan berangin.

c. Irigasi Alternatif Skala Rumah Tangga

Teknologi sederhana seperti botol bekas dengan lubang, sistem *wick irrigation*, atau ember dengan selang kapiler dapat diterapkan untuk pekarangan atau pertanian urban. Teknologi ini sangat sesuai bagi petani kecil yang memiliki akses terbatas terhadap alat modern.

3. Konservasi dan Efisiensi Air

a. Mulsa

Mulsa berfungsi menutup permukaan tanah untuk mencegah evaporasi berlebih, menstabilkan suhu tanah, dan menekan pertumbuhan gulma. Penggunaan mulsa organik seperti jerami, serbuk kayu, atau sekam dapat sekaligus menambah bahan organik tanah.

b. Pengolahan Tanah Konservatif

Teknik seperti olah tanah minimum (*minimum tillage*), *raised bed*, dan *contour farming* memperbaiki infiltrasi dan mencegah erosi air. Bedengan tinggi juga dapat menjaga tanaman dari genangan air saat curah hujan tinggi.

c. Pengumpulan dan Pemanfaatan Air Hujan

Rainwater harvesting menjadi strategi penting dalam memanfaatkan sumber air musiman. Air hujan dapat ditampung melalui talang atap rumah atau greenhouse dan disimpan dalam tandon untuk digunakan saat musim kemarau.

4. Teknologi Berbasis Sensor dan IoT

Kemajuan teknologi memungkinkan diterapkannya sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensors*) dan sistem irigasi otomatis yang dikendalikan melalui aplikasi seluler. Sistem ini:

- a. Memantau kondisi kelembaban tanah secara real-time
- b. Mengatur jadwal dan volume irigasi berdasarkan data aktual
- c. Mencegah irigasi berlebih yang dapat merusak akar dan mencuci hara tanah

Sistem IoT ini mulai banyak diadopsi dalam pertanian hortikultura modern, terutama di kawasan perdesaan yang sudah memiliki akses listrik dan jaringan internet.

5. Penggunaan Air Alternatif

Untuk daerah dengan akses terbatas terhadap air bersih, pemanfaatan air limbah domestik yang telah diolah secara sederhana (greywater) menjadi solusi praktis. Air dari pencucian sayur, air mandi, dan air dapur non-sabun dapat

digunakan kembali untuk irigasi, dengan catatan tidak mengandung zat beracun atau deterjen keras.

6. Infrastruktur Penampungan Air

Pentingnya penyimpanan air menjadikan pembangunan tandon air, kolam retensi, sumur resapan, dan embung mikro sebagai investasi vital dalam sistem pertanian lahan kering. Infrastruktur ini memastikan ketersediaan air tetap terjaga selama periode kering dan dapat digunakan untuk irigasi tetes maupun manual.

7. Pemberdayaan dan Edukasi Petani

Efektivitas strategi irigasi tidak akan maksimal tanpa dukungan kapasitas sumber daya manusia. Oleh karena itu, pelatihan dan penyuluhan pertanian sangat penting untuk:

- a. Mengajarkan penghitungan kebutuhan air per jenis tanaman dan fase pertumbuhan
- b. Menyusun jadwal irigasi harian atau mingguan
- c. Memberikan pemahaman tentang perawatan sistem irigasi dan konservasi air

8. Pendekatan Terintegrasi

Strategi irigasi efisien dan pengelolaan air harus menjadi bagian dari pendekatan **budidaya adaptif**, yang mencakup:

- a. Pemilihan varietas tahan kekeringan
- b. Integrasi dengan agroforestri untuk menaungi tanaman hortikultura
- c. Diversifikasi komoditas agar risiko gagal panen akibat kekeringan dapat ditekan

Dengan penerapan sistem irigasi efisien yang terencana dan pengelolaan air yang berbasis konservasi, sistem budidaya hortikultura di lahan kering dapat menjadi lebih produktif, berkelanjutan, dan adaptif terhadap dinamika iklim. Hal ini tidak hanya berkontribusi terhadap ketahanan pangan, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan petani dan menjaga kelestarian lingkungan.

5.4 Pemilihan Varietas Tahan Kekeringan

Pemilihan varietas tanaman hortikultura yang tahan terhadap kekeringan merupakan strategi adaptif yang sangat penting dalam menghadapi tantangan produksi di lingkungan dengan ketersediaan air terbatas. Tanaman hortikultura pada umumnya memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap stres air, sehingga pemilihan varietas yang adaptif terhadap kondisi lingkungan kering dapat memberikan keuntungan agronomis dan ekonomi secara signifikan. Varietas tahan kekeringan memiliki kemampuan fisiologis dan morfologis tertentu yang memungkinkan mereka bertahan dan tetap produktif meskipun berada dalam kondisi cekaman air.

Ketahanan tanaman terhadap kekeringan dapat diperoleh melalui dua pendekatan utama: pertama, pemilihan varietas lokal yang telah beradaptasi secara alami di lahan kering; dan kedua, pengembangan varietas unggul hasil pemuliaan atau rekayasa genetik yang memiliki sifat fisiologis tertentu seperti efisiensi penggunaan air, sistem perakaran dalam, atau kemampuan mempertahankan turgor daun dalam kondisi defisit air (Farooq et al., 2009).

Beberapa varietas hortikultura yang telah terbukti toleran terhadap kekeringan antara lain:

1. **Cabai merah varietas Kencana dan Lado F1**, yang memiliki sistem perakaran dalam dan toleransi tinggi terhadap suhu udara kering.
2. **Tomat varietas Ratna dan Permata**, yang mampu bertahan pada defisit air sedang tanpa mengalami penurunan kualitas buah yang signifikan.
3. **Bawang merah varietas Bauji dan Bima Brebes**, yang mampu berproduksi optimal di lahan beririgasi terbatas.
4. **Semangka varietas Madura dan Black Sweet**, yang dikenal adaptif di lahan berpasir pantai dan hanya mengandalkan irigasi minimal (Sutaryo & Ramdani, 2020).

Dalam pengujian varietas tahan kekeringan, indikator agronomis yang digunakan meliputi indeks toleransi kekeringan, indeks stabilitas hasil, efisiensi penggunaan air (*water use*

efficiency), dan laju pertumbuhan relatif. Selain itu, pengukuran kandungan klorofil, stomatal conductance, dan potensi air daun juga digunakan untuk menilai respons fisiologis tanaman terhadap cekaman air (Taiz et al., 2015).

Strategi pemuliaan tanaman hortikultura untuk toleransi kekeringan melibatkan persilangan antara varietas lokal dan galur tahan stres, seleksi berbasis fenotipik di lahan kering, serta penggunaan penanda molekuler (*marker-assisted selection*). Dengan kemajuan teknologi bioteknologi, identifikasi gen-gen terkait toleransi kekeringan seperti gen DREB, NAC, dan HKT telah dimanfaatkan untuk mengembangkan varietas hortikultura yang lebih tahan terhadap cekaman lingkungan (FAO, 2020).

Namun, keberhasilan pemilihan varietas tahan kekeringan tidak hanya bergantung pada faktor genetik, tetapi juga pada kesesuaian antara varietas dengan agroekosistem lokal, serta praktik budidaya yang mendukung. Misalnya, varietas yang tahan kekeringan tetapi tidak tahan penyakit akar justru dapat gagal di lahan dengan patogen tanah tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistemik yang melibatkan uji adaptasi varietas, pengujian multilokasi, dan partisipasi petani dalam proses seleksi varietas (Simanungkalit, 2019).

Dalam skala implementasi, penyediaan benih varietas tahan kekeringan perlu didukung oleh sistem distribusi benih yang efisien dan terjangkau. Lembaga penelitian dan penyuluhan pertanian memiliki peran penting dalam menginformasikan kepada petani tentang karakteristik dan manajemen budidaya varietas tahan kekeringan tersebut.

Dengan demikian, pemilihan varietas hortikultura tahan kekeringan merupakan salah satu solusi teknis yang efektif untuk meningkatkan produktivitas di lahan kering, serta mendukung keberlanjutan sistem pertanian hortikultura di tengah perubahan iklim yang semakin tidak menentu.

5.5 Teknologi Pemulihan dan Adaptasi Tanaman

Kekeringan merupakan salah satu tantangan paling signifikan dalam budidaya hortikultura modern, terutama di lahan marginal dan kawasan beriklim kering. Dampaknya tidak

hanya menurunkan hasil panen, tetapi juga menyebabkan kerusakan fisiologis yang sulit dipulihkan. Oleh karena itu, selain tindakan preventif seperti penggunaan varietas tahan kekeringan dan irigasi efisien, teknologi pemulihan dan adaptasi tanaman sangat diperlukan untuk memastikan keberlangsungan pertumbuhan tanaman dan mempertahankan produktivitas dalam jangka panjang.

1. Teknologi Pemulihan Tanaman Pascakekeringan

Teknologi pemulihan berfokus pada **pemulihan kondisi fisiologis tanaman** setelah mengalami stres kekeringan. Tanaman yang mengalami dehidrasi berat cenderung mengalami kerusakan pada jaringan daun, batang, hingga akar. Oleh karena itu, pendekatan pemulihan harus dilakukan secara hati-hati dan bertahap:

a. Rehidrasi Bertahap dan Terukur

Penyiraman kembali harus dilakukan secara bertahap dalam volume kecil namun frekuensi tinggi. Hal ini bertujuan untuk:

- 1) Menghindari shock osmotik akibat perbedaan tekanan antara air masuk dan sel tanaman
- 2) Mencegah pecahnya sel tanaman yang mengalami dehidrasi parah
- 3) Memfasilitasi pemulihan fungsi stomata dan laju fotosintesis secara bertahap

Monitoring kelembaban tanah menggunakan sensor atau indikator visual seperti turgor daun dan warna jaringan menjadi bagian penting dalam manajemen rehidrasi ini.

b. Aplikasi Biostimulan dan Fitonutrien

Penggunaan biostimulan alami maupun sintetis merupakan intervensi yang terbukti efektif untuk mempercepat pemulihan jaringan tanaman:

- 1) Asam amino dan asam humat memperkuat dinding sel dan meningkatkan metabolisme pascakekeringan

- 2) Ekstrak ganggang laut (*kelp extract*) mengandung hormon alami dan senyawa antioksidan yang merangsang pertumbuhan akar baru
- 3) Sitokinin dan giberelin dapat membantu memulihkan pertumbuhan vegetatif yang terhenti akibat stres air

2. Teknologi Adaptasi Tanaman untuk Kekeringan Jangka Panjang

Teknologi adaptasi lebih menekankan pada ketahanan jangka panjang tanaman terhadap kondisi lingkungan kering, dengan menciptakan sistem budidaya yang tangguh secara biologis dan ekologis.

a. Mikroorganisme Fungsional: Mikoriza dan PGPR

Penerapan mikroba menguntungkan menjadi inovasi unggulan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan:

- 1) Mikoriza (terutama jenis *Glomus spp.*) meningkatkan luas permukaan serapan akar, memungkinkan tanaman mengakses air dan nutrisi dari volume tanah yang lebih besar.
- 2) *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) seperti *Azospirillum* dan *Pseudomonas* membantu tanaman memproduksi hormon seperti ABA, IAA, dan memperkuat sistem antioksidan.

Hasil riset menunjukkan bahwa kombinasi mikoriza dan PGPR dapat meningkatkan toleransi kekeringan tanaman hortikultura hingga 40–60% lebih tinggi dibanding tanaman non-inokulasi.

b. Manajemen Tanah Adaptif

Pemulihan struktur tanah dan peningkatan kapasitas simpan air menjadi tujuan utama:

- 1) Pupuk organik dan kompos memperbaiki struktur agregat tanah, meningkatkan kelembaban tanah, dan menambah aktivitas mikroba
- 2) Biochar berfungsi sebagai spons mikroskopik yang menahan air dan hara, cocok untuk tanah berpasir

- 3) Peningkatan CEC (*Cation Exchange Capacity*) membantu menahan unsur hara dalam zona perakaran lebih lama
- c. Teknologi Budidaya Konservatif

Sistem tanam yang memperkuat daya tahan tanaman terhadap kekeringan antara lain:

 - 1) Tumpangsari antara tanaman hortikultura dan leguminosa penutup tanah yang meningkatkan kelembaban dan nitrogen tanah
 - 2) Rotasi tanaman yang memutus siklus patogen tanah dan memperbaiki struktur tanah
 - 3) Bedengan tinggi dan mulsa organik mengurangi evaporasi dan memelihara kelembaban tanah permukaan
- d. Pemanfaatan Teknologi Digital

Inovasi digital berbasis Internet of Things (IoT) dan data cuaca mikro kini mulai dimanfaatkan oleh petani hortikultura:

 - 1) Sensor kelembaban tanah dan kamera NDVI portabel membantu mendeteksi stres air lebih dini
 - 2) Aplikasi berbasis Android menyediakan informasi waktu optimal penyiraman dan rekomendasi pemupukan berdasarkan fase pertumbuhan
 - 3) Kombinasi teknologi ini terbukti dapat menghemat air hingga 30% dan meningkatkan hasil panen 10–15% di lahan kering (Wahyuni et al., 2022)

3. Dukungan Kelembagaan dan Edukasi Petani

Penerapan teknologi pemulihan dan adaptasi tidak dapat berhasil tanpa peran kelembagaan dan literasi petani yang memadai. Oleh karena itu:

- a. Pelatihan lapangan berbasis demonstrasi plot (demplot) menjadi sarana edukatif yang paling efektif
- b. Pendampingan teknis dari penyuluh dan ahli agronomi lokal sangat dibutuhkan, terutama dalam tahap awal penerapan teknologi

- c. Akses terhadap input pertanian adaptif, seperti biostimulan dan inokulan hayati, harus difasilitasi melalui subsidi atau insentif khusus

4. Kontribusi terhadap Sistem Pertanian Berkelanjutan

Dengan sinergi antara pemulihan dan adaptasi, sistem hortikultura di lahan kering dapat:

- a. Menjaga produktivitas jangka panjang
- b. Mengurangi penggunaan air dan input sintetis secara signifikan
- c. Meningkatkan ketahanan pangan dan pendapatan petani
- d. Melestarikan kesehatan tanah dan ekosistem

5.6 Praktik Budidaya di Lahan Kering

Implementasi budidaya hortikultura di lahan kering menuntut pendekatan holistik yang menggabungkan teknologi adaptif, kearifan lokal, pemberdayaan petani, serta kebijakan pendukung. Lahan kering yang ditandai oleh curah hujan rendah, distribusi air yang tidak merata, serta kualitas tanah yang marginal menjadi tantangan utama dalam praktik pertanian hortikultura. Namun, berbagai studi lapangan membuktikan bahwa dengan perencanaan yang tepat dan intervensi berbasis lokal, lahan kering justru dapat menjadi sentra produksi hortikultura yang efisien dan berdaya saing tinggi.

- 1. Pendekatan Terpadu dan Spesifik Lokasi Keberhasilan budidaya hortikultura di lahan kering tidak dapat dilepaskan dari penerapan pendekatan spesifik lokasi, yaitu strategi pertanian yang disesuaikan dengan kondisi biofisik (iklim, tanah, dan air) serta sosial-ekonomi masyarakat setempat. Pendekatan ini mencakup:
 - a. Pemilihan komoditas hortikultura adaptif
 - b. Teknologi irigasi hemat air yang sesuai dengan kemampuan petani
 - c. Perbaikan kesuburan tanah dengan input lokal (kompos, biochar, abu dapur)
 - d. Peningkatan kapasitas petani melalui pelatihan teknis dan penyuluhan langsung

2. Studi Lapangan dan Praktik Terbaik di Berbagai Wilayah Kering
 - a. Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur (NTT) Kabupaten Sumba Timur merupakan salah satu kawasan paling kering di Indonesia, dengan curah hujan kurang dari 1.000 mm per tahun. Di daerah ini, budidaya hortikultura seperti bawang merah dan semangka berhasil dikembangkan dengan sistem irigasi tetes tenaga surya. Teknologi ini tidak hanya menghemat air hingga 50%, tetapi juga memungkinkan petani untuk memproduksi sepanjang tahun, tidak tergantung pada musim hujan. Pompa tenaga surya yang bebas bahan bakar fosil menjadi solusi murah dan ramah lingkungan, cocok untuk daerah yang belum terjangkau listrik PLN secara stabil.
 - b. Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat (NTB) Di wilayah berpasir pantai, seperti di Kecamatan Pujut dan Praya Barat, petani menerapkan mulsa plastik perak untuk mempertahankan kelembaban tanah, serta menggunakan pupuk kandang fermentasi dari ternak lokal. Kombinasi ini terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga suhu tanah, dan menekan pertumbuhan gulma. Model tanam tumpangsari cabai dengan kacang tanah atau jagung juga memperkuat ketahanan ekonomi petani, karena menghasilkan panen ganda dan menambah bahan organik tanah.
 - c. Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta Di daerah karst yang minim sumber air permukaan ini, pendekatan konservasi air berbasis embung desa telah menjadi solusi utama. Air hujan ditampung pada musim penghujan dan dimanfaatkan secara efisien untuk budidaya hortikultura pada musim kemarau. Sistem irigasi gravitasi dari tandon air ke kebun hortikultura di lahan berteras mengurangi kebutuhan energi dan biaya operasional. Praktik budidaya ini diperkuat dengan pelatihan dan sekolah lapang yang mengajarkan

manajemen hara seimbang dan pengendalian hama ramah lingkungan.

- d. Kabupaten Kupang, NTT Pengembangan varietas lokal semangka madu dan semangka hijau Kupang menjadi contoh sukses konservasi dan inovasi varietas adaptif. Ditanam di lahan berpasir dengan input lokal seperti pupuk kandang, abu dapur, dan biochar, varietas ini tidak hanya tahan cekaman air, tetapi juga memiliki kualitas rasa dan daya simpan tinggi. Petani memasarkan hasil panen ke luar daerah melalui jalur distribusi laut, membuka akses pasar baru bagi hortikultura lahan kering.

3. Peran Kelembagaan Lokal dan Pendampingan Teknologi Keberhasilan implementasi di atas tidak terlepas dari:

Peran aktif penyuluh pertanian dan lembaga riset lokal dalam melakukan pendampingan berkelanjutan. Keterlibatan lembaga swadaya masyarakat (LSM) dan universitas lokal dalam kegiatan pelatihan dan penguatan kelembagaan petani. Penerapan model partisipatif dalam pemilihan teknologi, sehingga petani merasa memiliki dan lebih konsisten dalam penerapannya. Pendampingan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mencakup aspek kewirausahaan, akses pembiayaan, serta pengelolaan hasil panen pasca panen.

4. Prinsip Kunci Keberhasilan Studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa terdapat empat pilar utama dalam keberhasilan budidaya hortikultura di lahan kering:

- a. Pemanfaatan sumber daya lokal secara optimal – seperti air hujan, varietas lokal, dan input organik
- b. Penerapan teknologi sederhana namun efektif, seperti irigasi tetes, mulsa, dan biochar
- c. Kolaborasi multipihak antara petani, penyuluh, peneliti, dan pemerintah daerah
- d. Kontekstualisasi inovasi teknologi, agar sesuai dengan kapasitas dan kebutuhan petani setempat

5. Tantangan dan Rekomendasi Pengembangan ke Depan
Meskipun praktik sukses telah terbukti di berbagai daerah, masih terdapat beberapa tantangan:
 - a. Keterbatasan akses petani terhadap alat irigasi modern dan biaya awal teknologi
 - b. Rendahnya literasi iklim dan pengetahuan teknis tentang kekeringan
 - c. Lemahnya sistem distribusi dan pasar hasil hortikultura di wilayah terpencil
 - d. Untuk itu, replikasi praktik unggul harus didukung oleh:
 - e. Kebijakan insentif dan subsidi peralatan irigasi hemat air
 - f. Integrasi sistem pendekatan agroklimat dan agroekosistem dalam perencanaan budidaya
 - g. Pemberdayaan kelompok tani melalui skema kemitraan, koperasi, dan BUMDes

DAFTAR PUSTAKA

BAB 6

TEKNOLOGI PADA TANAH BERMASALAH

Oleh Trisday Yiin Parari

6.1 Pendahuluan

Tanah merupakan bagian dari kerak bumi yang sangat bermanfaat menopang kehidupan semua makhluk hidup di bumi. Selain tempat pijakan, tanah memiliki fungsi sebagai tempat hidup hampir semua tumbuhan di bumi. Pada umumnya budidaya tanaman pertanian menggunakan media tanam tanah, selain mengandung mineral, tanah mempunyai struktur, fisik, dan mampu mendukung pertumbuhan mikrobiologi tanah sehingga mampu mendukung perakaran tanaman dan proses biologis lainnya dalam tanah (Listyawati, 2012).

Pada umumnya tanah memiliki syarat tertentu untuk dapat mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman diantaranya mengandung mineral tanah, hara makro dan mikro, mikroba, memiliki kapasitas tukar kation maksimal, pH yang netral, pori-pori tanah yang baik dan mengandung mikrobiologi tanah (Yuliani *et al.*, 2010). Prasyarat tersebut harus terpenuhi dalam kegiatan budidaya tanaman hortikultura agar pertumbuhan dan produksi menjadi maksimal. Tanaman hortikultura memerlukan pengolahan tanah yang lebih perlakuan intensif dibandingkan budidaya tanaman pangan dan perkebunan karena tanaman tersebut umumnya rentan terhadap kondisi lingkungan. Tanaman hortikultura pada umumnya memiliki struktur perakaran yang kecil dan umumnya tergolong dalam kelompok sukulen seperti tanaman sayuran daun sehingga memerlukan tanah yang benar-benar optimal (Nur'aini, 2019).

Namun pada kenyataannya, kondisi tanah selalu memiliki kekurangan atau kelemahan dalam melakukan budidaya tanaman hortikultura. Pada umumnya kerusakan tanah diakibatkan oleh

beberapa faktor seperti bencana alam, hewan, iklim dan perbuatan manusia yang tidak bertanggung jawab. Pada Bab ini fokus membahas metode budidaya tanaman hortikultura pada tanah yang bermasalah. Maksud bermasalah dalam konteks tersebut adalah bermasalah karena kerusakan pada tanah.

6.2 Tanah Bermasalah

Tanah yang mengalami kerusakan atau degradasi adalah tanah yang kehilangan kemampuan untuk mendukung kehidupan agroekosistem di atasnya. Pada umumnya kerusakan tersebut terjadi karena tanah kehilangan kesuburan, kehilangan kandungan kimia dan biologi tanah yang diakibatkan oleh faktor alam maupun kelalaian manusia (Syahidah *et al.*, 2016). Tanah-tanah bermasalah yang menjadi fokus penulis adalah kerusakan tanah yang berkaitan dengan lahan pertanian. Kerusakan tanah akibat peristiwa alam seperti erosi dan degradasi secara kimiawi, sedangkan faktor manusia yakni pencemaran lingkungan melalui praktik pertanian yang tidak berkelanjutan, deforestasi atau penggudulan hutan yang tidak dikelola dengan baik. Sehingga pada Bab ini akan diulas tentang cara penanggulangan dan metode budidaya tanaman hortikultura pada tanah-tanah pertanian yang bermasalah.

6.3 Teknologi Budidaya pada Tanah Erosi

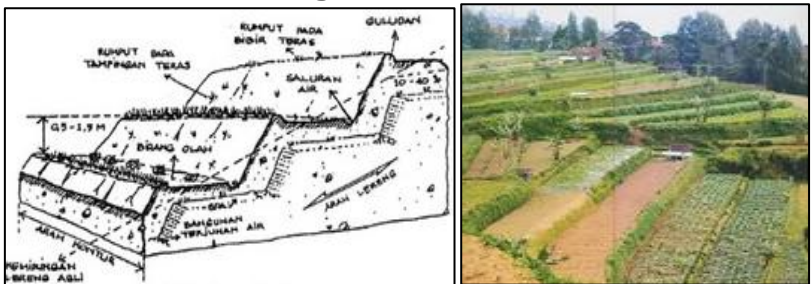
6.3.1 Ablasi

Ablasi adalah salah bentuk erosi tanah yang disebabkan oleh tenaga aliran air yang membawa badan permukaan tanah dengan cara dikikis dan mengalir ke tempat yang lebih rendah atau ke badan air (Osok *et al.*, 2018). Peristiwa ablasi ini sering terjadi di daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi yang sangat umum ditemui di daerah tropis seperti Indonesia yang berada pada garis khatulistiwa. Ablasi tersebut meninggalkan bentuk pada permukaan tanah. Ablasi umumnya terjadi pada lahan miring tanpa tanaman penutup tanah di atasnya. Tanah yang mengalami erosi ablasi memerlukan penanganan khusus sebelum digunakan untuk budidaya tanaman hortikultura antara lain:



Gambar 6.1. Tanah yang mengalami Erosi Abrasi (Sumber: *Geovolcan*)

1. Pembuatan Terasering



Gambar 6.2. Pengolahan tanah terasering pada lahan miring (Sumber: *Forest4BetterLife*)

Umumnya erosi abrasi terjadi pada lahan miring, sehingga memerlukan penangan seperti pembuatan terasering yakni tanah diolah bentuk teras-teras pada kontur sehingga erosi dapat ditekan dan kemudian dapat ditambahkan dengan bahan organik sehingga dapat menjadi lahan budidaya tanaman sayuran maupun buah-buahan (Indrihastuti *et al.*, 2018). Terasering tersebut sering diterapkan pada sistem pertanian hortikultura di daerah pegunungan terutama penanaman sayuran daun atau umbi-umbian.

2. Konservasi vegetatif

Selain penanggulangan menggunakan metode terasering, dapat dilakukan penanggulangan melalui penanaman penutup tanah, penanaman pohon searah kontur, dan penanaman tanaman pagar atau tanaman pelindung untuk menahan laju air hujan agar erosi agar filtrasi tidak terjadi (Wigati et al., 2018). Pada umumnya tanaman-tanaman penutup tanah (*cover crops*) yang digunakan untuk budidaya adalah tanaman kacang-kacangan (legum) dan rumput-rumputan. Selain mencegah erosi, tanaman tersebut dapat menambah kesuburan tanah, mencegah gulma, mendukung keanekaragaman hayati, memperbaiki fisik tanah. Sedangkan tanaman-tanaman pelindung yang baik adalah kaliandra, gamal, lamtoro dll. Metode tersebut dapat dilakukan melalui pola tanam tumpang sari, dimana tanaman penutup tanah sebagai tanaman pinggir dan hortikultura bagian dalam. Pada metode tersebut budidaya tanaman yang cocok adalah tanaman yang berbatang kokoh, merambat dan agak tahan naungan seperti pare, kacang panjang, labu siam, markisa, cabai, terung dll.



Gambar 6.3. Contoh tanaman penutup tanah (Sumber: Yassir *et al.*, 2018)

3. Reboisasi (Penhijauan)

Reboisasi atau penghijauan merupakan kegiatan penanaman kembali beberapa tanaman seperti tanaman pohon atau tanaman lain yang memiliki ketahanan terhadap defisiensi hara, kekeringan, serta suhu panas untuk menutupi lahan yang telah gundul seperti pohon gamal, rumput, atau tanaman semak lainnya. Setelah tanah tumbuhan tersebut mulai membesar

maka bagian tanah akan tertutupi dan mengubah struktur tanah di bawah kanopi menjadi lebih baik atau mulai pulih maka dapat ditanami tanaman hortikultura seperti buah-buahan atau tanaman perkebunan lainnya seperti kopi, alpukat, mangga, dll (Edon *et al.*, 2023).

7.3.2 Deflasi

Deflasi disebut juga dengan Korasi merupakan peristiwa erosi tanah yang disebabkan karena angin. Tiupan angin yang terlalu kencang akan mampu mengangkat partikel- partikel tanah sehingga terjadilah erosi. Deflasi atau korosi ini biasa terjadi di daerah gurun yang memiliki iklim yang kering (Siswanto *et al.*, 2023).



Gambar 6.4. Contoh metode budidaya hortikultura di pada gurun gersang Arab Saudi (*Sumber : Agronet. com*)

Metode budidaya tanaman hortikultura di gurun menghadapi tantangan yang sangat besar, namun beberapa negara yang tidak memiliki lahan pertanian yang baik seperti di Timur Tengah di negara-negara Arab, Eitophia, Mesir, China, dan Israel mampu menyulap padang gurun yang gersang menjadi lahan pertanian yang potensial dengan menerpakan teknologi modern dan pendekatan konservasi berkelanjutan (Meng *et al.*, 2018). Metode yang digunakan secara umum adalah diantaranya:

1. Penanaman Tanaman Pemecah Angin (*Windbreaks*)



Gambar 6.5. Tanaman pemecah angin gurun (*Sumber: Grid.com*)

Menanam barisan pohon atau semak, atau plastik khusus yang diisi tanah di sekeliling lahan pertanian untuk mengurangi kecepatan angin, sehingga meminimalkan erosi tanah dan penguapan air dari tanaman.

2. Pemasangan paranet/jaring kedap Air

Di China berhasil melakukan budidaya tanaman hortikultura di tanah yang gersang dengan menerapkan sistem pemasangan benda menyerupai paranet yang menyimpan uap air pada malam hari kemudian disalurkan ke dalam tanah untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman.



Gambar 6.6. Jaring penangkap uap air (*Sumber: National Geographic*)

3. Perbaikan Kualitas Tanah

Pada tanah yang gersang memiliki tekstur tanah yang sangat keras, berpasir tinggi, berdebu, dan miskin bahan organik sehingga perlu upaya khusus dengan cara penambahan bahan organik, penambahan tanah, penggunaan mulsa organik maupun plastik yang dapat mengurangi penguapan, menambah kesuburan, dan menekan gulma.

4. Pengelolaan air yang efisien



Gambar 6.7. Sistem dripp Irrigation di lahan tandus (*sumber: alamy.com*)

Pengelolaan air pada daerah yang gersang seperti gurun memerlukan bantuan teknologi seperti metode irigasi tetes, irigasi dalam, *rainwater harvesting*, dan desalinasi air laut atau payau. Metode tersebut dapat mendukung sistem pertanian di daerah kering.

5. Penggunaan Varietas yang Toleran

Selain metode konservasi tanah yang perlu disesuaikan adalah jenis tanaman yang dibudidayakan harus toleran terhadap suhu panas seperti kaktus, kurma, zaitun, jojoba, dan beberapa varietas jagung atau sorgum yang tahan kering. Selain itu terdapat beberapa tanaman yang toleran salinitas quinoa atau *Salicornia*.

6.4 Teknologi Budidaya pada Lahan Kritis

Selain erosi tanah, bentuk kerusakan tanah yang lainnya adalah lahan kritis. Seperti namanya yakni “kritis” maka keadaan ini pun mencerminkan keadaan tanah yang sangat buruk. Yang dimaksud dengan lahan kritis adalah kondisi tanah yang telah kehilangan kesuburannya mengakibatkan penurunan fungsi sebagai sarana pendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Cahyono dan Dunggio, 2021). Lahan kritis ini bisa timbulkan karena beberapa hal seperti pencemaran lingkungan, pertambangan, dan limbah pertanian, namun pada Bab ini hanya fokus pada metode budidaya pada lahan pertanian yang kritis.



Gambar 6.8. Kondisi tanah kritis yang tercemari pupuk kimia
(Kompasiana.com)

Limbah pertanian yang dimaksud dalam konteks ini adalah limbah pertanian yang bersifat toksik atau merusak tanah sehingga tanah kehilangan daya dukung-nya untuk pertumbuhan dan produksi tanaman misalnya kerusakan tanah akibat sisa residu pupuk kimia dan pestisida yang tertahan dalam tanah sehingga merusak sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Beberapa upaya penanggulangan yang dapat dilakukan untuk mengembalikan daya dukung kesehatan tanah tersebut adalah:

1. Pembuatan Bedengan atau Guludan



Gambar 6.9. Bedengan (Sumber: *Berkebun.co.id*)

Pada lahan-lahan kritis karena tercemar limbah pestisida atau pupuk kimia umumnya bertekstur keras, berubah warna, pH tanah tidak seimbang, sangat kering dan miskin unsur hara sehingga memerlukan penanganan yang intensif (Yusrizal et al., 2018). Untuk mempermudah proses penanganan tersebut sebaiknya pengolahan tanah dibuat bedeng-bedeng atau guludan untuk memaksimalkan aplikasi pupuk organik dan pembenah tanah serta pemeliharaan tanaman terutama pada budidaya tanaman sayuran hortikultura.

2. Penggunaan bahan-bahan organik

Penggunaan bahan-bahan organik seperti pupuk kompos, pupuk kandang, pupuk organik cair, pupuk hayati, serta amelioran seperti kapur pertanian, sekam, jerami. Selain itu penggunaan pengendalian hama penyakit dilakukan secara terpadu menggunakan pengendalian mekanis, biologis atau agen hayati sehingga dapat memulihkan kembali daya dukung tanah terhadap pertumbuhan tanaman. Pada dasarnya untuk memulai proses budidaya pada tanah tercemar limbah pertanian diawali dengan pengolahan tanah sempurna dan pemberian bahan organik, kapur, dan pembenah tanah yang cukup banyak terutama dalam skala budidaya tanaman hortikultura.

3. Pemanfaatan Tanaman Penutup Tanah (*Cover Crops*)

Pemanfaatan tanaman penutup tanah juga dapat digunakan untuk memulihkan kembali tanah yang tercemar sisa residu bahan kimia dari pupuk maupun pestisida yakni dengan cara penanaman tanaman penutup tanah dalam periode waktu tertentu untuk memulihkan dengan memperkaya mikrobiologis tanah dengan cepat misalnya penanaman jenis tanaman leguminosa yang memiliki pertumbuhan merambat dengan cepat menutupi areal lahan tersebut misanya *mucuna bracteata*, *centrosema*, *calopogonium*, *arbila*, dan *lablab* (Suriana *et al.*, 2020). Pemanfaatan metode *cover crops* tersebut sangat cocok diterapkan pada budidaya tanaman buah-buahan karena selain memperbaiki lahan disamping itu mencegah gulma.

4. Teknologi Pola Tanam

Pola tanam dapat dimanfaatkan pada teknologi budidaya tanaman hortikultura yaitu pola tanam tumpang sari dan rotasi tanaman. Metode tersebut mampu menjaga kesehatan tanah sehingga tanah tetap produktif meskipun digunakan secara terus menerus. Tanaman tumpang sari dan rotasi yang digunakan umumnya menggunakan tanaman polong-polongan seperti kacang tanah, kedelai, kacang hijau, kacang panjang, berbagai jenis rumput-rumputan sebagai tanaman pinggir (Rusastra *et al.*, 2018). Selain itu pola tanam agroforestri dapat membantu pengelolaan tanah yang tercemar limbah pertanian dengan memanfaatkan serasah tanaman yang menjadi sumber bahan organik dan mengundang mikrobiologi tanah seperti penanaman tanaman tahunan dan di tengah-tengahnya ditanami tanaman sayuran jika tanaman tahunan sudah tumbuh besar.

5. Metode Kimia

Selain dengan menjaga kesuburan tanah dan juga melakukan metode vegetatis, upaya pencegahan kerusakan pada tanah adalah dengan melakukan metode kimia. Metode kimia ini juga banyak disebut sebagai pengawetan pada tanah. Pengawetan pada tanah dengan metode kimia dilakukan dengan

menggunakan bahan kimia untuk memperbaiki struktur pada tanah. Bahan- bahan kimia yang sering digunakan antara lain adalah *bitumwn*, *krilium*, dan juga *soil conditioner*. Bahan- bahan kimia yang telah disebutkan itu sangat efektif untuk memperbaiki struktur dab juga memperkuat agregat tanah. Bahan- bahan kimia tersebut memiliki pengaruh dalam jangka panjang karena senyawa tersebut dapat bertahan terhadap organisme tanah (Wallace, 1998). Selain itu, *soil conditioner* juga dapat digunakan untuk meningkatkan permeabilitas dan juga dapat mengurangi erosi tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Y. E., Hasim, & Dunggio, I. (2021). Analisis Pola Perubahan Penggunaan Lahan Di Daerah Aliran Sungai Biyonga, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 4(2), 72. <https://doi.org/10.32662/gjfr.v4i2.1698>
- Edon, S. G., Seran, W., & Sinaga, P. S. (2023). Analisis Tingkat Kesehatan Hutan Reboisasi Di Bukit Golo Lusang Kawasan Taman Wisata Alam (TWA) Ruteng. *Jurnal Kehutanan Papuasiasia*, 9(2), 152–168. <https://doi.org/10.46703/jurnalpapasiasia.vol9.iss2.456>
- Indrihastuti, D., Murti Laksono, K., & Tjahjono, B. (2017). Analisis Lahan Kritis Dan Arah Rehabilitasi Lahan Dalam Pengembangan Wilayah Kabupaten Kendal Jawa Tengah. *Jurnal Tataloka*, 18(4), 222. <https://doi.org/10.14710/tataloka.18.4.222-239>
- Listyawati, H. (2012). Kegagalan Pengendalian Alih Fungsi Tanah dalam Perspektif Penatagunaan Tanah di Indonesia. *Mimbar Hukum - Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 22(1), 37. <https://doi.org/10.22146/jmh.16207>
- Meng, Z., Dang, X., Gao, Y., Ren, X., Ding, Y., & Wang, M. (2018). Interactive effects of wind speed, vegetation coverage and soil moisture in controlling wind erosion in a temperate desert steppe, Inner Mongolia of China. *Journal of Arid Land*, 10(4), 534–547. <https://doi.org/10.1007/s40333-018-0059-1>
- Nur'aini, H. I. M. (2019). *Mengenai tanaman hortikultura*. Penerbit Duta.
- Osok, R. M., Talakua, S. M., & Gaspersz, E. J. (2018). Analisis Faktor-Faktor Erosi tanah, dan Tingkat Bahaya erosi dengan metode RUSLE di DAS Wai Batu Merah Kota Ambon Provinsi Maluku. *JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN*, 14(2), 89–96. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2018.14.2.89>
- Rusastra, I. W., Saliem, H. P., Supriyati, N., & Saptana, N. (2016). Prospek Pengembangan Pola Tanam dan Diversifikasi Tanaman Pangan di Indonesia. *Forum Penelitian Agro*

- Ekonomi*, 22(1), 37.
<https://doi.org/10.21082/fae.v22n1.2004.37-53>
- Siswanto, S., Wijaya, K., & Afifuddin, M. A. (2023). Pendugaan Erosi Dan Analisis Tingkat Bahaya Erosi Dengan Metode Universal Soil Loss Equation (Usle) Di Berbagai Penggunaan Lahan Di Wilayah Kecamatan Pujon. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(2), 82–90.
<https://doi.org/10.31186/jipi.25.2.82-90>
- Suryana, N., Chozin, M. A., & Guntoro, D. D. (2020). Identifikasi Spesies Tanaman Penutup Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit Menghasilkan. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(3), 305–311.
<https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.26980>
- Syahidah, K., Sumarno, S., & Hartati, S. (2016). Pemetaan Status Kerusakan Tanah Lahan Pertanian di Kecamatan Selo, Kabupaten Boyolali. *Agrosains Jurnal Penelitian Agronomi*, 18(1), 6. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v18i1.18676>
- Wallace. (1998). *Handbook of Soil conditioners: Substances That Enhance the Physical Properties of Soil: Substances That Enhance the Physical Properties of Soil*. CRC Press.
- Wigati, R., Mina, E., Fathonah, W., Kusuma, R. I., Ujianto, R., Soelarso, S., Priyambodho, B. A., Soedarsono, S., & Mulyono, H. (2022). Konservasi vegetatif kendalikan aliran permukaan daerah resapan mata air. *Civil Engineering for Community Development (CECD)*, 1(1), 51.
<https://doi.org/10.36055/cecd.v1i1.17244>
- Yuliani, S. S., Useng, D., & Achmad, M. (2017). Analisis kandungan nitrogen tanah sawah menggunakan spektrometer. *Jurnal Agritechno*, 188–202. <https://doi.org/10.20956/at.v10i2.71>
- Yusrizal, Y., Muyassir, M., & Syafruddin, S. (2018). Optimalisasi Tanah Kritis Dengan Mikoriza dan Fosfat Untuk Peningkatan Pertumbuhan dan Serapan Hara Kedelai. *Jurnal Agrotek Lestari*, 4(1). <https://doi.org/10.35308/jal.v4i1.641>

BAB 7

TEKNOLOGI DI LAHAN SEMPIT

Oleh Eliyani

7.1 Pendahuluan

Pertumbuhan populasi dunia yang pesat dan urbanisasi yang meningkat telah menyebabkan ketersediaan lahan pertanian semakin terbatas, terutama di perkotaan. Budidaya tanaman hortikultura seperti sayuran, buah-buahan, dan tanaman hias di lahan sempit menjadi solusi strategis untuk memenuhi kebutuhan pangan dan kebutuhan ekologis masyarakat (De Zeeuw et al., 2011). Teknologi pertanian modern, seperti vertical farming, hidroponik, aeroponik, dan urban farming, memungkinkan pemanfaatan ruang terbatas secara efisien dan berkelanjutan (Harada & Whitlow, 2020; Resh, 2022).

Selain memenuhi tantangan ketersediaan pangan, pertanian di lahan terbatas juga memberikan sumbangsih terhadap ketahanan pangan di tingkat lokal, menurunkan emisi karbon akibat distribusi pangan yang jauh, serta meningkatkan kualitas lingkungan perkotaan melalui penyerapan CO₂ dan memperindah ruang hijau (Altieri & Nicholls, 2017; Despommier & Runnette, 2010). Untuk masyarakat di daerah perkotaan, kegiatan ini juga memberikan kesempatan untuk pendidikan lingkungan dan penguatan ekonomi melalui usaha kecil dan menengah (UKM) di bidang pertanian perkotaan (Jun et al., 2025; Marni Putri Gea et al., 2025).

Keterbatasan lahan sering kali terkait dengan minimnya paparan sinar matahari, aksesibilitas terhadap air, serta buruknya kualitas tanah, terutama di kawasan perkotaan. Pengeluaran awal untuk investasi, seperti penerapan teknologi dalam hidroponik atau sistem irigasi yang tepat, membutuhkan biaya yang signifikan untuk pembelian peralatan dan proses instalasi. Kemampuan teknis dalam pertanian pada area terbatas memerlukan pengetahuan khusus tentang teknologi pertanian dan pengelolaan lingkungan mikro. Kurangnya peraturan yang mendukung penggunaan lahan non-

tradisional (seperti atap bangunan) sering kali menjadi kendala (Resh, 2022; Friha et al., 2021).

Terdapat peluang untuk bertani di lahan terbatas dengan penerapan teknologi inovatif, seperti pengembangan sistem pertanian vertikal, penggunaan LED untuk pencahayaan tanaman, serta penerapan IoT (Internet of Things) dalam pemantauan pertumbuhan tanaman yang dapat meningkatkan produktivitas secara optimal dengan efisiensi ruang (Friha et al., 2021; Morchid et al., 2024; Rajak et al., 2023). Kemudian, kerja sama antara berbagai pihak, seperti keterlibatan dari pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat setempat, dapat menciptakan sebuah ekosistem yang mendukung, misalnya dalam bentuk bantuan untuk teknologi atau penyediaan pelatihan untuk pertanian di daerah perkotaan (Jun et al., 2025; Marni Putri Gea et al., 2025). Ada pasar lokal yang menjanjikan, sehingga daya tarik konsumen terhadap produk makanan segar dan organik yang diproduksi secara lokal meningkat, menciptakan kesempatan usaha kecil dengan potensi keuntungan yang besar (Altieri & Nicholls, 2017). Adaptasi terhadap perubahan iklim akan menjadi lebih efektif melalui sistem pertanian pada lahan terbatas yang terhubung dengan teknologi ramah lingkungan (misalnya, daur ulang air atau penggunaan energi matahari) dapat memperkuat kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim (Gliessman, 2014; De Zeeuw et al., 2011).

7.2 Teknik Budidaya di Lahan Sempit

7.2.1 Sistem Vertikultur

Vertikultur merupakan metode pertanian yang semakin banyak diterapkan, terutama di daerah perkotaan dengan lahan terbatas. Metode ini memungkinkan petani untuk memaksimalkan penggunaan ruang dengan menanam tanaman secara vertikal melalui berbagai media tanam yang disusun berlapis atau digantung (Despommier & Runnette, 2010; Harada & Whitlow, 2020). Dalam ringkasan ini, akan dibahas berbagai aspek vertikultur, termasuk metode yang digunakan, keuntungan, tantangan, serta jenis tanaman yang cocok untuk teknik ini. Salah satu metode vertikultur yang umum adalah penggunaan rak bertingkat, di mana pot atau polybag disusun secara vertikal pada rangkaian tiang yang terbuat dari

berbagai bahan seperti kayu, logam, atau plastik. Desain rak ini bervariasi dari yang sederhana hingga yang dilengkapi dengan sistem irigasi otomatis. Contohnya, rak bertingkat kayu dapat memiliki beberapa tingkat, memungkinkan pengaturan tanaman berdasarkan kebutuhan cahaya dan air.

Metode lain yang efektif adalah dinding vertikal, di mana tanaman ditanam pada media seperti karung goni atau panel berlubang yang digantung. Dinding vertikal ini dapat ditempatkan di area tidak terpakai, seperti dinding belakang rumah, dan dapat dihiasi dengan tanaman hias atau sayuran. Pendekatan ini tidak hanya estetis tetapi juga memungkinkan tanaman mendapatkan cahaya matahari secara optimal (Harada & Whitlow, 2020).

Keuntungan utama dari vertikultur adalah efisiensi penggunaan lahan. Dalam konteks perkotaan, di mana lahan sering kali terbatas dan mahal, vertikultur menawarkan solusi berharga. Dengan menanam secara vertikal, petani dapat memaksimalkan setiap inci ruang yang tersedia, misalnya mengubah balkon kecil menjadi kebun sayur (Despommier & Runnette, 2010). Selain itu, vertikultur juga memudahkan pemeliharaan tanaman, seperti penyiraman dan panen, yang menjadi lebih mudah dilakukan berkat penataan vertikal. Sistem vertikultur juga mengurangi risiko kontaminasi tanah, yang sering menjadi masalah di daerah perkotaan. Tanaman ditanam dalam media yang terpisah dari tanah asli, sehingga meminimalkan kemungkinan pencemaran. Media tanam dapat terdiri dari campuran tanah yang telah disterilkan, memastikan kondisi tumbuh yang bersih dan sehat (Safeyah dkk., 2021.)

Namun, vertikultur juga memiliki tantangan, seperti kebutuhan akan struktur pendukung yang kuat dan tahan cuaca. Rak bertingkat dan dinding vertikal harus dirancang untuk menahan beban tanaman dan media tanam. Jika tidak direncanakan dengan baik, struktur tersebut dapat runtuh, merusak tanaman. Selain itu, tanaman yang ditanam secara vertikal mungkin lebih rentan terhadap kehilangan air, terutama jika tidak ada sistem irigasi yang memadai. Oleh karena itu, penting untuk memantau kelembapan media tanam dan menerapkan teknik irigasi yang efisien (Merkley & Allen, 2004; Harada & Whitlow, 2020).

Tanaman yang cocok untuk vertikultur termasuk sayuran seperti selada, kangkung, dan pakcoy, yang memiliki akar dangkal dan tumbuh dengan cepat dalam pot atau polybag. Selain itu, tanaman hias seperti sukulen dan anggrek juga dapat ditanam secara vertikal, menambah keindahan kebun (SalbitanoF et al., 2016).

7.2.2 Hidroponik dan Aeroponik

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman yang semakin banyak diterapkan dalam beberapa tahun terakhir. Metode ini memungkinkan pertumbuhan tanaman tanpa menggunakan tanah, melainkan memanfaatkan larutan nutrisi sebagai media tanam (Resh, 2022). Dengan pendekatan ini, petani dapat mengontrol berbagai faktor pertumbuhan, seperti pH, kadar nutrisi, dan kelembapan, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan hasil panen (Gliessman, 2014).

Terdapat beberapa jenis sistem hidroponik dengan karakteristik dan mekanisme kerja yang berbeda. Salah satu sistem yang paling umum adalah Nutrient Film Technique (NFT). Dalam sistem NFT, akar tanaman terendam dalam aliran tipis larutan nutrisi yang mengalir secara terus-menerus, sehingga memberikan oksigen yang cukup bagi akar dan mendukung pertumbuhan optimal. Tanaman seperti selada dan basil, yang memerlukan pertumbuhan cepat dan nutrisi seimbang, sangat cocok untuk sistem ini (Resh, 2022; Altieri & Nicholls, 2017).

Sistem Deep Flow Technique (DFT) juga merupakan metode hidroponik yang populer. Berbeda dengan NFT, dalam DFT, akar tanaman sepenuhnya terendam dalam larutan nutrisi, memungkinkan tanaman untuk menyerap lebih banyak nutrisi sekaligus. Namun, sistem ini memerlukan perhatian ekstra terhadap kadar oksigen dalam air. Tanaman seperti tomat ceri dan cabai dapat tumbuh dengan baik dalam sistem DFT, asalkan parameter air dijaga dengan baik (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

Wick system adalah sistem hidroponik yang lebih sederhana, di mana nutrisi disalurkan ke akar melalui sumbu kapiler. Sistem ini tidak memerlukan pompa listrik, sehingga lebih hemat energi. Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam pertumbuhan tanaman, karena tidak semua tanaman dapat memperoleh cukup

nutrisi melalui metode ini. Beberapa jenis herbal dan sayuran berdaun cocok untuk Wick System (Morchid et al., 2024; Safeyah dkk., 2021.).

Aeroponik merupakan sistem budidaya yang paling inovatif di antara semua metode hidroponik. Dalam sistem ini, akar tanaman digantung di udara dan disemprotkan dengan kabut nutrisi, yang memungkinkan oksigenasi yang sangat baik dan penggunaan air yang efisien. Tanaman seperti selada dan berbagai jenis sayuran dapat tumbuh dengan baik dalam sistem aeroponik, dan hasil panennya sering kali lebih tinggi dibandingkan dengan metode lainnya (Harada & Whitlow, 2020; Resh, 2022).

Salah satu keuntungan utama dari hidroponik adalah efisiensi penggunaan air. Dalam sistem hidroponik, air dapat didaur ulang dalam sirkulasi tertutup, yang secara signifikan mengurangi pemborosan. Ini sangat penting, terutama di daerah yang mengalami kekeringan atau memiliki sumber air terbatas (Li et al., 2024; Merkley & Allen, 2004). Selain itu, kontrol yang lebih baik terhadap nutrisi dan lingkungan memungkinkan tanaman tumbuh lebih cepat. Oksigenasi akar yang optimal dalam sistem hidroponik juga berkontribusi pada pertumbuhan yang lebih baik (Jun et al., 2025; De Zeeuw et al., 2011).

Hidroponik sangat cocok untuk ruang tertutup, di mana petani dapat mengontrol lingkungan secara keseluruhan. Dengan teknologi yang tepat, suhu, kelembapan, dan pencahayaan dapat disesuaikan untuk menciptakan kondisi ideal bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini memungkinkan petani untuk menanam berbagai jenis tanaman sepanjang tahun, tanpa tergantung pada musim (Altieri & Nicholls, 2017; Harada & Whitlow, 2020).

Meskipun terdapat banyak keuntungan, hidroponik juga menghadapi sejumlah tantangan. Salah satu tantangan terbesar adalah ketergantungan pada listrik dan teknologi pompa. Jika terjadi pemadaman listrik atau kerusakan pada pompa, tanaman dapat mengalami kematian dalam waktu singkat akibat kekurangan nutrisi dan oksigen. Oleh karena itu, penting bagi petani hidroponik untuk memiliki rencana cadangan dan sistem pemantauan yang baik (Friha et al., 2021; Morchid et al., 2024).

Biaya awal untuk memulai sistem hidroponik juga bisa tinggi. Peralatan seperti pompa udara, sensor nutrisi, dan sistem pencahayaan yang diperlukan untuk menciptakan lingkungan yang optimal dapat menguras anggaran. Meskipun dalam jangka panjang hidroponik dapat menghemat biaya, investasi awal sering kali menjadi penghalang bagi petani baru yang ingin mencoba metode ini (Rajak et al., 2023; Jun et al., 2025).

Berbagai jenis tanaman dapat dibudidayakan menggunakan metode hidroponik. Selada adalah salah satu contoh tanaman yang paling umum, karena pertumbuhannya yang cepat dan kebutuhan nutrisi yang relatif rendah. Selain itu, tomat ceri dan cabai juga sangat populer dalam budidaya hidroponik. Tanaman herbal seperti basil dan mint sering ditanam dalam sistem hidroponik, karena dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi yang terkontrol (Li et al., 2024; Marni Putri Gea et al., 2025).

7.2.3 Akuaponik

Akuaponik merupakan sistem inovatif yang mengintegrasikan hidroponik dan akuakultur, di mana limbah ikan berfungsi sebagai sumber nutrisi alami bagi tanaman. Dalam sistem ini, terdapat hubungan simbiotik antara tanaman dan ikan: tanaman menyerap nutrisi dari air yang terkontaminasi oleh kotoran ikan, sedangkan tanaman juga berperan dalam menyaring air yang kemudian dikembalikan ke tangki ikan. Hal ini menciptakan ekosistem yang berkelanjutan dan ramah lingkungan (Altieri & Nicholls, 2017; Somerville et al., 2014).

Sistem akuaponik terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu tangki ikan, media filtrasi, dan sistem hidroponik itu sendiri. Tangki ikan biasanya diisi dengan spesies ikan seperti nila, lele, atau trout, yang dapat dibudidayakan dalam jumlah besar (Somerville et al., 2014; Harada & Whitlow, 2020). Media filtrasi berfungsi untuk mengubah amonia yang dihasilkan oleh kotoran ikan menjadi nitrat, yang dapat diserap oleh tanaman. Proses ini sangat bergantung pada keberadaan bakteri nitrifikasi, yang memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem (Gliessman, 2014; de Mello Prado, 2021).

Salah satu keuntungan utama dari sistem akuaponik adalah sifatnya yang ramah lingkungan. Dengan adanya sistem daur ulang nutrisi dan air, penggunaan pupuk kimia dapat diminimalkan, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014). Selain itu, akuaponik menawarkan potensi produksi ganda, yaitu hasil pertanian dari tanaman dan sumber protein hewani dari ikan, yang dapat menjadi sumber pendapatan tambahan bagi petani (De Zeeuw et al., 2011; Morchid et al., 2024).

Akuaponik juga dapat menjadi solusi untuk masalah ketahanan pangan, terutama di daerah perkotaan dengan keterbatasan lahan. Dengan memanfaatkan ruang yang ada, petani dapat memproduksi makanan segar dan sehat tanpa memerlukan lahan yang luas (Harada & Whitlow, 2020; Jun et al., 2025). Ini menjadi semakin relevan dalam konteks pertumbuhan populasi urban yang terus meningkat.

Tantangan terbesar adalah kompleksitas dalam manajemen keseimbangan ekosistem. Petani harus menjaga agar kondisi untuk ikan dan tanaman tetap seimbang; gangguan pada salah satu komponen dapat berdampak negatif pada keseluruhan sistem. Misalnya, tingginya kadar amonia dalam air dapat menyebabkan kematian ikan, sementara kekurangan nutrisi dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Risiko tinggi juga menjadi perhatian dalam sistem akuaponik. Masalah yang terjadi pada salah satu komponen, baik ikan maupun tanaman, dapat menyebabkan kerugian yang signifikan. Oleh karena itu, penting bagi petani untuk memiliki pengetahuan yang memadai mengenai kedua aspek ini dan mampu mengelola sistem dengan efektif (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

Berbagai jenis tanaman dapat dibudidayakan, termasuk ketimun, selada, dan kangkung. Tanaman-tanaman ini dikenal memiliki pertumbuhan yang cepat dan efisien dalam menyerap nutrisi dari air (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021). Di sisi lain, ikan yang umum dibudidayakan dalam sistem ini meliputi nila dan lele (Somerville et al., 2014; Harada & Whitlow, 2020). Kombinasi antara ikan dan tanaman ini menciptakan ekosistem yang saling menguntungkan dan berpotensi meningkatkan hasil panen secara keseluruhan.

7.2.4 Kebun Atap (*Rooftop Garden*)

Kebun atap, atau *rooftop garden*, merupakan inovasi dalam pertanian perkotaan yang semakin berkembang di seluruh dunia. Konsep ini melibatkan penggunaan atap bangunan sebagai area bercocok tanam, baik dengan metode konvensional maupun hidroponik (Harada & Whitlow, 2020). Dalam konteks urbanisasi yang pesat, kebun atap memberikan manfaat bagi penghuni gedung dan lingkungan sekitarnya.

Desain kebun atap dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis. Salah satu yang paling umum adalah penggunaan kontainer atau polybag (Resh, 2022) yang mudah dipindahkan dan memungkinkan petani urban untuk menyesuaikan tata letak kebun sesuai kebutuhan. Kontainer ini cocok untuk berbagai jenis sayuran seperti selada, bayam, dan tomat, serta memudahkan pengontrolan kondisi tumbuh tanaman. Selain itu, penggunaan media tanam alternatif seperti cocopeat atau rockwool dapat meningkatkan efisiensi air dan nutrisi (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021).

Konsep lain adalah green roof, yang melibatkan penutup atap dengan lapisan vegetasi permanen. Green roof terdiri dari berbagai jenis tanaman, mulai dari rumput hingga tanaman hias, dan berfungsi sebagai penghijauan serta isolator yang efektif untuk mengurangi suhu di dalam bangunan (Merkley & Allen, 2004). Contoh tanaman yang sering digunakan adalah sukulen, yang tahan terhadap cuaca ekstrem dan memiliki kebutuhan air rendah (Harada & Whitlow, 2020).

Sistem modular juga menjadi alternatif menarik dalam desain kebun atap. Sistem ini menggunakan panel tanam yang dapat diisi dengan berbagai jenis tanaman, memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk menambah atau mengubah jenis tanaman sesuai preferensi. Misalnya, pengguna dapat mulai dengan tanaman herba dan kemudian beralih ke sayuran berdaun hijau (Jun et al., 2025).

Keuntungan kebun atap sangat beragam. Salah satu manfaat utamanya adalah kemampuannya dalam mengurangi panas di dalam bangunan. Lapisan vegetasi berfungsi sebagai isolator yang menjaga suhu ruangan tetap sejuk, sehingga mengurangi penggunaan pendingin udara dan biaya energi, sekaligus berkontribusi pada

pengurangan emisi karbon (Harada & Whitlow, 2020; Merkley & Allen, 2004).

Kebun atap juga berperan dalam mengurangi fenomena urban heat island, di mana suhu di area perkotaan lebih tinggi dibandingkan daerah pedesaan. Penanaman vegetasi di atap dapat menciptakan lingkungan yang lebih sejuk dan nyaman, serta meningkatkan estetika kota dengan pemandangan yang lebih hijau (De Zeeuw et al., 2011; Harada & Whitlow, 2020).

Kebun atap memanfaatkan sinar matahari secara maksimal pada ketinggian, memberikan paparan yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman. Ini sangat menguntungkan, terutama di kota-kota dengan polusi udara tinggi, di mana cahaya matahari sering terhalang oleh gedung tinggi (Altieri & Nicholls, 2017).

Kebun atap juga berfungsi sebagai sarana Pendidikan. Sekolah-sekolah mulai mengadopsi kebun atap dalam kurikulum mereka, memberikan siswa kesempatan belajar tentang pertanian, ekologi, dan keberlanjutan. Pengalaman langsung ini membantu siswa memahami pentingnya menjaga lingkungan (Marni Putri Gea et al., 2025; Jun et al., 2025). Dalam konteks keberlanjutan, kebun atap berkontribusi pada pengurangan limbah dengan memanfaatkan limbah organik dari dapur sebagai kompos, yang memberikan nutrisi tambahan bagi tanaman (Somerville et al., 2014; Safeyah dkk., 2021.).

Namun, ada tantangan yang perlu diatasi, termasuk kebutuhan akan struktur atap yang kuat untuk menahan beban tanaman dan media tanam. Analisis struktural sangat penting sebelum memulai proyek kebun atap untuk memastikan atap dapat mendukung beban tambahan (Harada & Whitlow, 2020; Merkley & Allen, 2004). Keterlibatan profesional dalam perencanaan dan pembangunan sangat dianjurkan. Pengaturan drainase juga merupakan aspek krusial dalam kebun atap. Tanpa sistem drainase yang baik, air dapat terakumulasi dan menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan. Beberapa kebun atap menggunakan sistem hidroponik untuk mengurangi risiko ini, tetapi tetap memerlukan perhatian terhadap pengaturan air (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023)

Tanaman yang cocok untuk kebun atap bervariasi, dengan pilihan populer seperti tanaman herba (peterseli dan thyme) dan

sayuran berdaun hijau (selada dan bayam). Tanaman hias seperti Adenium juga sering ditanam untuk menambah keindahan kebun atap. Di Indonesia, proyek kebun atap telah mulai diterapkan di beberapa kota besar seperti Jakarta dan Surabaya. Salah satunya adalah "Green City Farm" di Jakarta, yang berhasil menghasilkan sayuran organik di atas atap gedung perkantoran sambil membantu mengurangi emisi karbon dan panas lokal (Jun et al., 2025; Marni Putri Gea et al., 2025).

7.2.5 Kebun Dalam Ruangan (*Indoor Gardening*)

Kebun dalam ruangan, atau *indoor gardening*, telah menjadi tren yang semakin berkembang di kalangan penggemar tanaman, terutama di daerah perkotaan. Praktik ini memanfaatkan teknologi modern untuk menciptakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman di dalam ruangan (Resh, 2022; Rajak et al., 2023). Salah satu komponen kunci dalam indoor gardening adalah penggunaan lampu pertumbuhan (*grow light*). Lampu LED khusus dirancang untuk menyediakan spektrum cahaya yang ideal bagi fotosintesis tanaman, yaitu cahaya biru dan merah (Li et al., 2024; Morchid et al., 2024). Dengan adanya lampu ini, tanaman seperti selada, bayam, dan tomat ceri dapat tumbuh secara optimal meskipun tidak mendapatkan paparan sinar matahari langsung (Jun et al., 2025; Marni Putri Gea et al., 2025). Lampu LED khusus untuk pertanian dalam ruangan memberikan intensitas cahaya yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Misalnya, fase vegetatif memerlukan lebih banyak cahaya biru, sedangkan fase berbunga dan berbuah memerlukan lebih banyak cahaya merah (Resh, 2022; Li et al., 2024). Penggunaan lampu ini sangat penting dalam budidaya tanaman dalam ruangan, karena sumber cahaya alami sering kali terbatas (Harada & Whitlow, 2020; Friha et al., 2021).

Teknologi smart garden juga berperan penting dalam indoor gardening. Sistem otomatis ini dilengkapi dengan sensor yang memantau kelembapan tanah, kadar nutrisi, dan intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman (Morchid et al., 2024; Rajak et al., 2023). Dengan teknologi ini, pemilik kebun dapat merawat tanaman dengan lebih efisien. Misalnya, sistem dapat secara otomatis menyiram tanaman ketika kelembapan tanah berada di bawah ambang batas

yang ditentukan, yang sangat membantu bagi individu dengan kesibukan tinggi (Friha et al., 2021). Mini greenhouse merupakan elemen penting lainnya dalam indoor gardening. Struktur ini dirancang untuk menciptakan lingkungan yang terkontrol, memungkinkan pengaturan suhu dan kelembapan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Mini greenhouse memungkinkan penanaman berbagai jenis tanaman yang mungkin tidak dapat bertahan di iklim lokal. Sebagai contoh, individu yang tinggal di daerah dingin dapat menggunakan mini greenhouse untuk menumbuhkan tanaman tropis yang biasanya tidak dapat bertahan di luar ruangan (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014).

Keuntungan utama dari indoor gardening adalah kemampuannya untuk memproduksi tanaman sepanjang tahun tanpa terpengaruh oleh perubahan musim (De Zeeuw et al., 2011; Harada & Whitlow, 2020). Hal ini sangat bermanfaat bagi mereka yang ingin menikmati hasil panen segar tanpa harus menunggu musim tertentu. Contohnya, sayuran seperti selada, bayam, dan tomat cherry dapat ditanam di dalam ruangan dan dinikmati sepanjang tahun. Selain itu, indoor gardening sangat sesuai untuk apartemen atau ruang kantor yang terbatas, memungkinkan penciptaan kebun mini yang tidak hanya estetik tetapi juga dapat meningkatkan kualitas udara di dalam ruangan (Jun et al., 2025; Resh, 2022). Indoor gardening juga mengurangi risiko gangguan hama dan penyakit (Edwards, 1987; Merkley & Allen, 2004). Dengan menanam tanaman di dalam ruangan, risiko paparan terhadap hama dan penyakit yang umum menyerang tanaman luar ruangan dapat diminimalisir.

Meskipun *indoor gardening* menawarkan banyak keuntungan, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah biaya energi untuk pencahayaan dan pendinginan (Rajak et al., 2023; Morchid et al., 2024). Meskipun lampu LED lebih efisien dibandingkan lampu konvensional, tetap memerlukan konsumsi listrik yang dapat mempengaruhi tagihan bulanan. Selain itu, sistem pendingin yang diperlukan untuk menjaga suhu tetap stabil juga dapat menambah biaya operasional. Oleh karena itu, perencanaan yang matang sangat penting sebelum memulai proyek indoor gardening. Keterbatasan sinar matahari

alami juga menjadi tantangan dalam indoor gardening. Meskipun teknologi seperti grow light dapat membantu, tidak semua tanaman dapat tumbuh dengan baik tanpa cukup cahaya alami. Beberapa tanaman, terutama yang berasal dari daerah tropis, memerlukan paparan sinar matahari langsung untuk pertumbuhan optimal. Oleh karena itu, pemilik kebun dalam ruangan perlu melakukan pengaturan intensif untuk memastikan tanaman mendapatkan cahaya yang cukup (Li et al., 2024).

Berbagai jenis tanaman dapat ditanam dalam konteks indoor gardening seperti Selada, kangkung, dan pakcoy (Harada & Whitlow, 2020; De Zeeuw et al., 2011). Tanaman herbal, seperti mint dan kemangi, sangat populer karena tidak hanya memberikan aroma menyegarkan tetapi juga dapat digunakan dalam masakan (Resh, 2022; Jun et al., 2025). Menanam herbal di dalam ruangan memudahkan pemilik untuk memetik daun segar sesuai kebutuhan. Selain herbal, jamur seperti jamur tiram dan shiitake juga merupakan pilihan menarik untuk indoor gardening (Somerville et al., 2014.). Jamur dapat tumbuh dengan baik dalam kondisi lembap yang dapat diciptakan di dalam ruangan, dan proses penanamannya cukup sederhana. Sayuran mikro atau microgreens juga menjadi pilihan menarik untuk indoor gardening (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014). Sayuran mikro adalah tanaman muda yang dipanen pada tahap awal pertumbuhannya, biasanya dalam waktu satu hingga tiga minggu setelah ditanam. Contoh sayuran mikro yang populer termasuk arugula, brokoli, dan selada. Sayuran mikro kaya akan rasa dan nutrisi, serta mudah ditanam dalam wadah kecil, menjadikannya pilihan ideal bagi pemula.

Menjalankan indoor gardening, pemantauan dan perawatan rutin sangat penting. Meskipun teknologi seperti smart garden dapat membantu, pemilik tetap perlu melakukan pemeriksaan secara berkala untuk memastikan semua sistem berfungsi dengan baik. Pemantauan ini mencakup pemeriksaan tingkat kelembapan tanah, fungsi lampu LED, dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Harada & Whitlow, 2020; Rajak et al., 2023). Pemilihan media tanam yang tepat juga merupakan aspek penting dalam indoor gardening. Media tanam yang baik mendukung pertumbuhan akar dan menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Li et al., 2024;

Safeyah dkk.,2021). Beberapa pilihan media tanam yang umum digunakan termasuk tanah pot, cocopeat, dan hidroponik. Masing-masing media memiliki kelebihan dan kekurangan. Misalnya, tanah pot menyediakan nutrisi alami, sedangkan hidroponik memungkinkan pertumbuhan yang lebih cepat karena tanaman mendapatkan nutrisi secara langsung melalui air.

7.3 Media Tanam Alternatif

7.3.1 Rockwool, Cocopeat, dan Sekam Bakar

Media tanam alternatif merupakan salah satu inovasi penting dalam dunia pertanian modern, terutama dalam konteks hidroponik dan vertikultur yang tidak menggunakan tanah.

Rockwool adalah media tanam yang terbuat dari batuan basaltik atau dolomit yang dilelehkan dan dipintal menjadi serat mineral (Altieri & Nicholls, 2017). Proses pembuatan Rockwool melibatkan suhu yang sangat tinggi, sehingga menghasilkan material yang ringan dan memiliki struktur berpori. Salah satu keunggulan utama Rockwool adalah retensi air yang tinggi, yang memungkinkan media ini untuk menyimpan air dan nutrisi dalam jumlah besar. Hal ini sangat penting bagi tanaman, terutama dalam sistem hidroponik, di mana akar tanaman memerlukan pasokan air yang konsisten untuk tumbuh dengan baik. Misalnya, dalam budidaya tomat menggunakan sistem NFT (Resh, 2022; Rajak et al., 2023). Rockwool dapat memberikan kelembapan yang dibutuhkan oleh akar tomat tanpa risiko genangan air yang dapat menyebabkan pembusukan. Selain itu, struktur pori-pori Rockwool juga mendukung aerasi yang baik. Pasokan oksigen yang cukup ke akar tanaman sangat penting untuk proses respirasi, yang pada gilirannya mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen. pH Rockwool yang stabil juga menjadi nilai tambah, karena tidak mengganggu keseimbangan larutan nutrisi yang diberikan kepada tanaman (Resh, 2022; Li et al., 2024). Namun, meskipun Rockwool memiliki banyak keunggulan, media ini juga memiliki beberapa kekurangan. Proses produksinya tidak ramah lingkungan, karena menghasilkan limbah padat dan emisi CO₂ yang berpotensi merusak lingkungan. Selain itu, Rockwool memerlukan penyesuaian pH awal sebelum digunakan, sehingga

dapat menambah kompleksitas dalam persiapan media tanam (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021).

Cocopeat yang merupakan limbah industri kelapa yang telah diproses menjadi media tanam organik. Cocopeat memiliki tekstur yang lembut, baik dalam bentuk serbuk maupun blok, dan merupakan pilihan yang ramah lingkungan (Gliessman, 2014; Altieri & Nicholls, 2017). Salah satu keunggulan dari Cocopeat adalah kemampuannya untuk menyimpan air hingga delapan kali beratnya (Li et al., 2024; Gliessman, 2014). Ini menjadikannya media yang sangat efektif dalam menjaga kelembapan tanah, terutama dalam kondisi cuaca panas dan kering (Merkley & Allen, 2004; Resh, 2022). Sebagai contoh, dalam budidaya stroberi, Cocopeat dapat membantu menjaga kelembapan yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal tanaman. Cocopeat juga memiliki sifat antibakteri alami, berkat kandungan lignin yang dapat menghambat pertumbuhan pathogen (de Mello Prado, 2021; Safeyah dkk., 2021.). Hal ini menjadikannya pilihan yang baik untuk tanaman yang rentan terhadap penyakit. Namun, penggunaan Cocopeat juga memiliki tantangan tersendiri. Salah satunya adalah kebutuhan untuk menghilangkan garam yang terkandung di dalamnya. Sebelum digunakan, Cocopeat harus dicuci atau direndam untuk mengurangi kandungan kalium dan garam yang tinggi, yang dapat berdampak negatif pada pertumbuhan tanaman (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021). Selain itu, Cocopeat bersifat biodegradable, sehingga memerlukan penggantian berkala untuk menjaga efektivitasnya sebagai media tanam (Resh, 2022; Jun et al., 2025).

Sekam bakar adalah media tanam alternatif lainnya yang sering digunakan dalam pertanian. Sekam padi yang dipanggang pada suhu tinggi ini memiliki struktur berongga yang meningkatkan aerasi dan drainase (Harada & Whitlow, 2020; Merkley & Allen, 2004). Salah satu keunggulan utama dari sekam bakar adalah kemampuannya untuk mengikat nutrisi, berkat permukaan pori-porinya yang dapat menyerap ion hara (Li et al., 2024). Hal ini sangat bermanfaat dalam budidaya sayuran dan buah-buahan, di mana pasokan nutrisi yang cukup sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Misalnya, dalam budidaya cabai, sekam bakar dapat membantu menjaga keseimbangan nutrisi yang dibutuhkan oleh

tanaman. Meskipun sekam bakar memiliki banyak keuntungan, ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Kapasitas tukar kation (KTK) sekam bakar tergolong rendah (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021), sehingga tidak dapat menyimpan nutrisi sebaik Cocopeat. Hal ini berarti bahwa petani harus lebih sering memberikan pupuk tambahan untuk memastikan tanaman mendapatkan nutrisi yang cukup. Selain itu, sekam bakar cenderung berat dan kompak, sehingga sering kali perlu dicampurkan dengan media ringan seperti vermiculite untuk meningkatkan aerasi dan drainase (Resh, 2022; Jun et al., 2025).

Ketiga media tanam alternatif ini memiliki karakteristik yang berbeda, dan pilihan media yang tepat sangat tergantung pada jenis tanaman yang akan dibudidayakan serta sistem pertanian yang digunakan. Misalnya, Rockwool lebih cocok untuk tanaman sayuran yang memerlukan kelembapan tinggi dan aerasi yang baik, sementara Cocopeat lebih ideal untuk tanaman hias dan buah-buahan yang memerlukan media yang ramah lingkungan. Di sisi lain, sekam bakar dapat menjadi pilihan ekonomis untuk pertanian skala kecil, terutama di daerah agraris di mana limbah pertanian melimpah. Dalam praktiknya, banyak petani yang mengkombinasikan beberapa media tanam untuk memanfaatkan keunggulan masing-masing. Misalnya, mencampurkan Cocopeat dengan sekam bakar dapat meningkatkan retensi air sambil tetap menjaga aerasi yang baik. Selain itu, penggunaan Rockwool dalam sistem hidroponik dapat dikombinasikan dengan pupuk cair yang tepat untuk memastikan tanaman mendapatkan semua nutrisi yang dibutuhkan. Kombinasi ini tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga membantu mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021).

7.3.2 Kompos dan Pupuk Organik

Selain media tanam anorganik seperti rockwool dan sekam bakar, media organik seperti kompos dan pupuk organik juga digunakan dalam pertanian di lahan sempit, terutama dalam sistem hidroponik organik dan vertikultur (Gliessman, 2014; Altieri & Nicholls, 2017). Media tanam organik, yang terdiri dari kompos dan pupuk organik, memainkan peran penting dalam pertanian

berkelanjutan dengan memberikan nutrisi alami kepada tanaman sekaligus meningkatkan struktur dan kesehatan ekosistem tanah. Dalam konteks pertanian modern, di mana penggunaan bahan kimia sering kali mengancam keberlanjutan lingkungan.

Kompos adalah material organik yang dihasilkan melalui proses dekomposisi oleh mikroba dari berbagai limbah, baik itu limbah pertanian, rumah tangga, maupun hijauan. Proses ini tidak hanya mengubah limbah menjadi pupuk yang berguna, tetapi juga membantu mengurangi volume limbah yang berakhir di tempat pembuangan akhir. Dalam praktiknya, kompos dapat dibagi menjadi beberapa jenis, masing-masing dengan metode pembuatan dan karakteristik yang berbeda. Kompos konvensional merupakan jenis yang paling umum, yang dihasilkan dari limbah dapur seperti kulit buah dan sisa sayur, serta bahan hijauan seperti rumput. Proses pembuatannya relatif sederhana, di mana bahan-bahan tersebut dicampur dan dibiarkan terdekomposisi selama beberapa minggu (De Zeeuw et al., 2011; Somerville et al., 2014). Kompos bokashi, yang merupakan metode fermentasi anaerob menggunakan mikroba efektif (EM4), melibatkan pengolahan limbah organik dalam wadah tertutup, menciptakan lingkungan tanpa oksigen yang ideal untuk pertumbuhan mikroba tertentu.

Vermikompos adalah jenis kompos yang dihasilkan dari aktivitas cacing tanah. Cacing mengolah bahan organik menjadi pupuk berbentuk kascing yang kaya akan nutrisi. Proses ini tidak hanya menghasilkan pupuk yang berkualitas tinggi, tetapi juga meningkatkan struktur tanah (Gliessman, 2014; De Zeeuw et al., 2011). Misalnya, petani dapat menggunakan wadah khusus untuk memelihara cacing dan memberikan limbah organik sebagai pakan. Hasilnya adalah kascing yang dapat digunakan sebagai pupuk yang sangat bermanfaat bagi tanaman (Somerville et al., 2014; Safeyah dkk., 2021).

Keunggulan dari penggunaan kompos dalam pertanian sangat signifikan. Kompos dapat memperbaiki struktur media tanam, meningkatkan aerasi dan retensi air. Hal ini sangat penting, terutama di daerah dengan tanah yang padat atau kurang subur. Kompos mengandung nutrisi lengkap, termasuk nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), serta mikroba menguntungkan yang dapat meningkatkan

kesehatan tanah (Somerville et al., 2014). Penggunaan kompos sangat ramah lingkungan karena dapat mengurangi limbah organik yang dihasilkan oleh masyarakat (Altieri & Nicholls, 2017; Jun et al., 2025). Namun, ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Proses pembuatan kompos memerlukan waktu yang cukup lama, biasanya antara 2 hingga 6 minggu, tergantung pada jenis bahan baku dan metode yang digunakan (Safeyah dkk., 2021). Selain itu, kualitas kompos yang dihasilkan dapat bervariasi (Gliessman, 2014; Li et al., 2024), tergantung pada bahan yang digunakan dan teknik pembuatan. Oleh karena itu, penting bagi petani untuk memahami proses ini agar dapat memproduksi kompos berkualitas tinggi.

Penggunaan kompos sangat beragam. Kompos dapat digunakan sebagai campuran media tanam atau sebagai top dressing untuk tanaman sayuran dan tanaman hias. Misalnya, dalam budidaya sayuran, petani dapat mencampurkan kompos dengan tanah untuk meningkatkan kesuburan dan kesehatan tanaman. Dalam konteks tanaman hias, kompos juga dapat digunakan untuk meningkatkan penampilan dan daya tahan tanaman terhadap penyakit.

Sementara itu, pupuk organik merupakan pupuk yang berbahan dasar alami, seperti kotoran ternak, tepung tulang, atau ekstrak tumbuhan. Pupuk ini dapat dibedakan menjadi dua jenis utama: pupuk cair dan pupuk padat. Pupuk cair biasanya dihasilkan melalui fermentasi limbah ternak atau rumput laut, sementara pupuk padat mencakup bahan seperti tepung ikan, kascing, dan pupuk kandang. Penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah, yang mendukung ekosistem tanah yang sehat.

Keunggulan pupuk organik juga sangat menarik. Salah satunya adalah minimnya risiko pembakaran tanaman, karena pelepasan nutrisi dari pupuk organik terjadi secara lambat dan aman (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023). Hal ini sangat penting dalam mencegah kerusakan pada akar tanaman akibat kelebihan nutrisi. Namun, ada juga beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Efek dari pupuk organik sering kali lambat, sehingga tidak cocok untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mendesak pada tanaman (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014).

Selain itu, penyimpanan pupuk organik juga sensitif; pupuk ini dapat mudah rusak jika terpapar air atau udara lembap. Dalam

praktik pertanian modern, penggunaan pupuk organik dapat menjadi tambahan nutrisi yang sangat baik dalam sistem akuaponik atau hidroponik organik. Dalam sistem ini, pupuk organik dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhan tanaman tanpa mengandalkan bahan kimia sintetis.

7.3.3 Media Tanam Campuran

Media tanam campuran merupakan salah satu aspek penting dalam pertanian modern, terutama dalam konteks budidaya tanaman yang efisien dan berkelanjutan. Penggunaan media tanam yang tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara signifikan. Mencampurkan beberapa jenis media dapat membantu mencapai keseimbangan yang ideal antara retensi air, aerasi, dan suplai nutrisi.

Salah satu campuran media tanam yang populer adalah kombinasi cocopeat dan vermiculite dengan perbandingan 70:30. Cocopeat, yang berasal dari serat kelapa, dikenal karena kemampuannya dalam menahan air. Dalam kondisi kering, cocopeat dapat menyimpan hingga delapan kali lipat beratnya dalam air, memberikan kelembapan yang diperlukan bagi akar tanaman. Namun, meskipun memiliki retensi air yang tinggi, cocopeat murni rendah nutrisi. Oleh karena itu, penambahan vermiculite yang kaya akan mineral menjadi krusial untuk meningkatkan suplai nutrisi. Vermiculite tidak hanya membantu dalam aerasi tetapi juga meningkatkan kapasitas pertukaran kation, yang penting untuk menyuplai nutrisi ke tanaman (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021). Campuran rockwool dan kompos dengan perbandingan 1:1 juga menjadi pilihan yang menarik. Rockwool memiliki sifat isolasi yang baik. Stabilitas struktur rockwool memungkinkan akar tanaman tumbuh dengan baik, sementara kompos memberikan nutrisi alami yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Resh, 2022). Namun, penggunaan kompos juga memiliki kekurangan, yaitu dapat mempercepat degradasi rockwool. Oleh karena itu, penting untuk memantau kondisi media secara berkala. Kombinasi sekam bakar dan arang sekam dalam perbandingan 1:1 juga menawarkan keuntungan tersendiri. Sekam bakar, hasil sampingan dari pengolahan padi, memiliki tekstur yang ringan dan porositas yang

baik, sementara arang sekam dapat meningkatkan daya simpan nutrisi dan memperbaiki struktur tanah. Namun, kadar karbon yang tinggi dalam campuran ini memerlukan penyesuaian, terutama dalam hal pH (Li et al., 2024; Harada & Whitlow, 2020). Campuran hydroton dan serabut kelapa dengan perbandingan 60:40 menjadi pilihan yang sangat baik untuk sistem hidroponik, seperti NFT (Nutrient Film Technique) atau DWC (Deep Water Culture). Hydroton, yang terbuat dari tanah liat yang dibakar, memiliki sifat ringan dan sangat porous, sehingga memberikan aerasi yang baik untuk akar tanaman (Resh, 2022; Safeyah dkk., 2021). Di sisi lain, serat kelapa membantu dalam retensi air. Meskipun campuran ini menawarkan banyak keuntungan, biaya tinggi untuk hydroton dapat menjadi kendala bagi beberapa petani.

7.4 Sistem Irigasi Efektif

7.4.1 Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*)

Pertanian di lahan sempit membutuhkan sistem irigasi yang efisien dan hemat air, terutama dalam kondisi perkotaan atau lingkungan dengan sumber daya air terbatas. Dengan penerapan teknologi irigasi modern seperti irigasi tetes dan irigasi otomatis, pengguna dapat memaksimalkan pertumbuhan tanaman sekaligus mengurangi pemborosan air (Merkley & Allen, 2004; Friha et al., 2021).

Irigasi tetes adalah metode pemberian air yang sangat efisien, di mana air dialirkan langsung ke akar tanaman melalui pipa atau selang dengan lubang kecil yang disebut emitter. Dengan cara ini, air dapat disalurkan secara perlahan dan tepat ke area yang membutuhkan, sehingga mengurangi pemborosan air yang sering terjadi pada metode irigasi tradisional. Misalnya, saat menggunakan irigasi permukaan, air dapat menguap sebelum mencapai akar tanaman atau mengalir ke daerah yang tidak diperlukan. Irigasi tetes akan memberikan solusi yang lebih baik dengan memfokuskan aliran air langsung ke sumber kebutuhan (Resh, 2022; Merkley & Allen, 2004).

Komponen utama dari sistem irigasi tetes terdiri dari beberapa bagian penting. Pertama, pipa distribusi yang berfungsi sebagai saluran utama dan cabang untuk mengalirkan air ke berbagai

titik di kebun (Merkley & Allen, 2004; Resh, 2022). Pipa ini biasanya terbuat dari bahan yang tahan lama dan tidak mudah bocor. Selanjutnya, emitter atau tetesan adalah komponen yang paling vital, karena berfungsi untuk mengatur aliran air ke tanaman. Emitter ini tersedia dalam berbagai ukuran dan bentuk, tergantung pada kebutuhan spesifik tanaman yang akan disiram tanaman (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023). Selain itu, filter juga menjadi bagian penting dalam sistem ini. Fungsi filter adalah untuk menyaring kotoran dan partikel yang dapat menyumbat emitter, sehingga memastikan aliran air tetap lancar (Merkley & Allen, 2004; Safeyah dkk., 2021). Pompa air berfungsi untuk mengatur tekanan aliran air, terutama pada sistem yang lebih besar. Tanpa pompa yang tepat, distribusi air dapat menjadi tidak merata, yang dapat berdampak pada kesehatan tanaman. Penggunaan timer sebagai pengatur waktu penyiraman adalah opsional, tetapi sangat bermanfaat untuk mengoptimalkan penggunaan air dan memastikan tanaman mendapatkan jumlah air yang tepat pada waktu yang tepat (Resh, 2022; Jun et al., 2025).

Keunggulan dari sistem irigasi tetes sangatlah banyak. Salah satu yang paling mencolok adalah hemat air. Dengan pengaliran langsung ke akar, sistem ini mengurangi penguapan dan limpasan air, yang sering kali menjadi masalah pada metode irigasi lainnya. Misalnya, dalam sebuah studi yang dilakukan di daerah kering, penggunaan irigasi tetes dapat mengurangi penggunaan air hingga 50% dibandingkan dengan irigasi permukaan (Resh, 2022; Merkley & Allen, 2004). Selain itu, sistem ini juga cocok untuk berbagai media tanam, mulai dari vertikultur, hidroponik, hingga kebun atap. Hal ini menunjukkan fleksibilitas irigasi tetes dalam berbagai kondisi pertanian (Harada & Whitlow, 2020; Li et al., 2024).

Sistem irigasi tetes juga berkontribusi dalam mengurangi risiko penyakit tanaman. Karena air disalurkan langsung ke akar, daun tanaman tidak basah, yang dapat mengurangi risiko jamur dan penyakit lainnya yang sering muncul akibat kelembapan berlebih pada daun. Dalam konteks ini, irigasi tetes tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga berkontribusi terhadap kesehatan tanaman secara keseluruhan (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014). Dengan tanaman yang lebih sehat, petani dapat

meminimalkan penggunaan pestisida, yang pada gilirannya juga menguntungkan bagi lingkungan.

Biaya operasional yang rendah setelah instalasi juga menjadi salah satu keunggulan utama dari sistem irigasi tetes. Meskipun biaya awal untuk instalasi mungkin relatif tinggi, terutama jika melibatkan teknologi canggih seperti sensor kelembapan, konsumsi energi setelahnya sangat minimal. Ini karena sistem irigasi tetes tidak memerlukan penyiraman yang berlebihan, sehingga mengurangi biaya listrik untuk pompa. Dalam jangka panjang, penghematan ini dapat menjadi signifikan, terutama bagi petani yang mengelola lahan dalam skala besar (Rajak et al., 2023; Morchid et al., 2024).

Sistem irigasi tetes juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah penyumbatan emitter. Kotoran atau mineral dalam air dapat menyumbat lubang tetesan, yang dapat mengakibatkan distribusi air yang tidak merata. Oleh karena itu, penting untuk melakukan perawatan rutin dan pemeliharaan sistem agar tetap berfungsi dengan baik. Penggunaan filter yang tepat dan pemantauan kualitas air juga sangat dianjurkan untuk mengurangi risiko penyumbatan.

7.4.2 Irigasi Otomatis

Irigasi otomatis merupakan salah satu inovasi pertanian modern yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam penyiraman tanaman. Sistem ini dikendalikan oleh timer atau sensor lingkungan, sehingga memungkinkan proses penyiraman dilakukan tanpa intervensi manual. Hal ini sangat cocok diterapkan di area terbatas seperti apartemen atau kebun dalam ruangan, di mana ruang dan waktu menjadi faktor krusial. Dengan memanfaatkan teknologi ini, petani dapat lebih fokus pada aspek lain dari budidaya tanaman, tanpa khawatir akan kebutuhan air yang sering kali menjadi tantangan utama (Morchid et al., 2024; Rajak et al., 2023).

Sistem irigasi otomatis dapat dibagi menjadi beberapa jenis, masing-masing dengan karakteristik dan fungsi yang berbeda. Pertama, timer manual, baik yang mekanis maupun digital, memungkinkan pengguna untuk mengatur waktu penyiraman, misalnya setiap pagi selama 30 menit. Sistem ini sangat sederhana

dan mudah digunakan, sehingga cocok bagi pemula yang baru memulai budidaya tanaman . Contohnya, seorang penghuni apartemen dapat dengan mudah mengatur timer untuk menyirami tanaman hias mereka tanpa harus selalu mengingat waktu yang tepat (Rajak et al., 2023; Safeyah dkk., 2021). Selanjutnya, terdapat sensor kelembapan yang lebih canggih, yang hanya akan menyiram tanaman ketika media tanam terdeteksi kering (Morchid et al., 2024; Friha et al., 2021). Teknologi ini sangat efektif dalam mencegah pemborosan air dan memastikan tanaman mendapatkan jumlah air yang tepat sesuai kebutuhannya. Sistem irigasi otomatis juga telah berevolusi menjadi smart irrigation system yang terintegrasi dengan aplikasi smartphone atau Internet of Things (IoT). Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau dan mengatur penyiraman dari jarak jauh, bahkan ketika mereka tidak berada di rumah (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

Keunggulan utama dari sistem irigasi otomatis adalah konsistensinya. Dengan sistem ini, risiko kekurangan atau kelebihan air dapat diminimalkan, yang merupakan salah satu penyebab utama kerusakan tanaman. Selain itu, sistem ini juga sangat hemat waktu, sehingga ideal untuk petani part-time atau mereka yang memiliki area sulit diakses. Misalnya, petani yang memiliki kebun di lokasi terpencil dapat mengandalkan sistem ini untuk menjaga tanaman mereka tetap terawat tanpa harus menghabiskan waktu setiap hari untuk menyiram. Namun, meskipun memiliki banyak keunggulan, sistem irigasi otomatis juga menghadapi beberapa tantangan. Biaya awal yang tinggi menjadi salah satu faktor penghambat bagi banyak petani, terutama untuk investasi dalam sensor, pompa, atau aplikasi yang diperlukan (Rajak et al., 2023; Morchid et al., 2024). Selain itu, ketergantungan pada listrik juga menjadi masalah, karena sistem ini akan mati jika pasokan listrik terputus, kecuali jika dilengkapi dengan baterai cadangan. Oleh karena itu, penting bagi pengguna untuk mempertimbangkan biaya dan manfaat sebelum memutuskan untuk mengadopsi sistem ini (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

7.4.3 Pemanfaatan Air Hujan

Di sisi lain, pemanfaatan air hujan juga menjadi alternatif yang menarik dalam konteks irigasi. Mengumpulkan dan menyimpan air

hujan untuk kebutuhan irigasi dapat mengurangi ketergantungan pada air PAM atau sumur. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen penting, seperti talang yang mengarahkan air hujan dari atap ke tangki penampungan, saringan untuk memisahkan daun atau kotoran sebelum air masuk tangki, serta tangki penampungan yang dapat terbuat dari berbagai bahan, seperti plastik atau beton (De Zeeuw et al., 2011; Harada & Whitlow, 2020).

Keunggulan dari pemanfaatan air hujan adalah ramah lingkungan, karena dapat mengurangi beban drainase kota dan menghemat sumber daya air (De Zeeuw et al., 2011; Altieri & Nicholls, 2017). Selain itu, biaya operasionalnya juga rendah, karena air hujan merupakan sumber daya gratis yang tidak memerlukan proses pemurnian (Resh, 2022; Safeyah dkk, 2021). Dengan pH yang netral, air hujan juga cocok untuk tanaman karena tidak mengandung klorin yang dapat merusak tanaman (Li et al., 2024; Gliessman, 2014). Namun, tantangan yang dihadapi adalah ketersediaan air yang bergantung pada curah hujan, serta kebutuhan untuk pemeliharaan tangki agar tetap bersih dan bebas dari alga atau nyamuk (Jun et al., 2025; De Zeeuw et al., 2011). Inovasi dalam pemanfaatan air hujan, seperti rainwater harvesting dengan filtrasi bio-sand, menunjukkan bagaimana teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi sistem ini. Dengan menggunakan pasir dan kerikil untuk menyaring air, proses ini dapat menghasilkan air yang lebih bersih dan aman untuk digunakan dalam irigasi (Li et al., 2024; Safeyah dkk, 2021). Integrasi dengan sistem tetes juga memungkinkan air hujan dialirkan secara efisien ke tanaman, mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efektivitas penyiraman (Resh, 2022; Friha et al., 2021).

7.5 Pupuk dan Nutrisi Tanaman

7.5.1 Jenis Pupuk Organik dan Anorganik

Pupuk adalah komponen penting dalam pertanian, karena menyediakan nutrisi yang diperlukan tanaman untuk tumbuh optimal. Dalam budidaya di lahan sempit, terutama dalam sistem hidroponik, akuaponik, dan vertikultur, pemilihan jenis pupuk dan teknik pemberian yang tepat sangat berpengaruh terhadap hasil panen (Gliessman, 2014; Altieri & Nicholls, 2017).

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari bahan alami. Sumber-sumbernya meliputi limbah ternak, kompos, dan ekstrak tumbuhan (Safeyah dkk., 2021). Pupuk ini dikenal karena kemampuannya dalam menyuplai nutrisi secara lambat dan berkelanjutan. Misalnya, kompos yang dihasilkan dari dekomposisi limbah dapur, daun, atau rumput tidak hanya memberikan nutrisi, tetapi juga meningkatkan struktur tanah. Dengan meningkatkan aerasi dan retensi air, kompos membantu menciptakan lingkungan yang lebih baik untuk pertumbuhan akar tanaman (De Zeeuw et al., 2011; Gliessman, 2014).

Salah satu jenis pupuk organik yang populer adalah pupuk kandang, yang terbuat dari kotoran ternak seperti sapi, kambing, atau ayam. Pupuk ini kaya akan nitrogen, fosfor, dan kalium, yang merupakan nutrisi penting bagi tanaman (Altieri & Nicholls, 2017). Namun, penggunaan pupuk kandang harus dilakukan dengan hati-hati, karena jika tidak terfermentasi dengan baik, dapat menyebabkan penyakit pada tanaman. Selain itu, vermikompos, yang merupakan hasil fermentasi cacing tanah, juga menjadi pilihan yang menarik. Vermikompos tidak hanya menyediakan nutrisi, tetapi juga meningkatkan mikroorganisme dalam tanah, yang berkontribusi pada kesehatan tanah secara keseluruhan (Somerville et al., 2014).

Pupuk cair, yang dihasilkan dari fermentasi limbah ternak atau rumput laut, juga merupakan pilihan yang menarik. Pupuk ini mudah diserap oleh tanaman dan memberikan nutrisi dengan cepat. Di sisi lain, biofertilizer yang mengandung mikroba pengikat nitrogen atau pelarut fosfat, seperti *Rhizobium* dan *Azotobacter*, dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Marni Putri Gea et al., 2025).

Meskipun pupuk organik memiliki banyak keunggulan, ada beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan. Salah satunya adalah efek lambat dalam penyediaan nutrisi. Pupuk organik memerlukan waktu untuk terurai dan diserap oleh tanaman, sehingga tidak cocok untuk tanaman yang membutuhkan nutrisi cepat. Selain itu, konsentrasi nutrisi dalam pupuk organik cenderung lebih rendah dibandingkan dengan pupuk anorganik, sehingga dosis yang diperlukan lebih tinggi. Ini bisa menjadi tantangan bagi petani yang

ingin mencapai hasil maksimal dalam waktu singkat (Altieri & Nicholls, 2017; Jun et al., 2025).

Di sisi lain, pupuk anorganik atau pupuk kimia dirancang untuk menyuplai nutrisi yang cepat tersedia bagi tanaman. Pupuk ini biasanya terbagi menjadi dua jenis, yaitu pupuk tunggal yang mengandung satu unsur utama, seperti Urea (yang kaya akan nitrogen), SP-36 (yang kaya akan fosfor), dan KCl (yang kaya akan kalium), serta pupuk campuran yang mengandung kombinasi N-P-K, seperti NPK Phonska atau NPK Mutiara. Pupuk larutan nutrisi hidroponik juga termasuk dalam kategori ini, yang dirancang khusus untuk sistem tanpa tanah. Keunggulan utama dari pupuk anorganik adalah efek cepatnya. Nutrisi dalam pupuk ini langsung tersedia untuk diserap oleh akar tanaman, yang memungkinkan tanaman tumbuh dengan cepat. Selain itu, dosis pupuk anorganik dapat diatur dengan presisi sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga petani dapat mengoptimalkan hasil pertanian (Resh, 2022; Li et al., 2024). Namun, penggunaan pupuk anorganik juga memiliki risiko, seperti akumulasi garam yang dapat merusak media tanam atau mengganggu ekosistem (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021). Akumulasi garam ini dapat menyebabkan kerusakan pada akar tanaman, sehingga menghambat pertumbuhan dan mengurangi hasil panen. Selain itu, produksi dan penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Pupuk kimia seringkali mengandung bahan kimia yang dapat mencemari tanah dan air jika tidak digunakan dengan bijak (Edwards, 1987; Altieri & Nicholls, 2017). Oleh karena itu, penting bagi petani untuk mempertimbangkan dampak jangka panjang dari penggunaan pupuk anorganik dan mencari alternatif yang lebih berkelanjutan.

Penggunaan pupuk organik dan anorganik dalam pertanian dapat saling melengkapi. Misalnya, dalam sistem pertanian yang berkelanjutan, petani dapat menggunakan pupuk organik untuk meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Di sisi lain, pupuk anorganik dapat digunakan secara bijak untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman dalam kondisi tertentu, seperti pada budidaya intensif atau hidroponik.

7.5.2 Teknik Pemupukan yang Efisien

Pemupukan yang efisien merupakan salah satu aspek krusial dalam praktik pertanian modern. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan penyerapan nutrisi oleh tanaman serta mengurangi pemborosan yang dapat merugikan baik petani itu sendiri maupun lingkungan. Melalui pemupukan yang tepat, produktivitas tanaman dapat ditingkatkan secara signifikan, yang pada gilirannya mendukung ketahanan pangan global.

Waktu dan frekuensi pemupukan sangat penting dalam menentukan efektivitas pemupukan itu sendiri. Pada fase pertumbuhan vegetatif, tanaman membutuhkan nitrogen (N) yang tinggi untuk mendukung pertumbuhan daun dan batang. Nitrogen berfungsi sebagai komponen utama dalam sintesis protein dan klorofil, yang sangat penting untuk fotosintesis. Misalnya, pada tanaman padi, pemupukan nitrogen yang tepat dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif hingga 30%. Sebaliknya, pada fase berbunga dan berbuah, kebutuhan tanaman beralih ke fosfor (P) dan kalium (K). Fosfor mendukung pembentukan bunga dan buah, sedangkan kalium berperan dalam kualitas buah dan ketahanan terhadap penyakit. Dengan mengatur waktu pemupukan sesuai dengan fase pertumbuhan, petani dapat memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan pada saat yang tepat (Resh, 2022; de Mello Prado, 2021).

Penyiraman nutrisi juga memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas pemupukan. Melakukan penyiraman di pagi atau sore hari dapat mengurangi penguapan yang berlebihan dan memastikan bahwa nutrisi dapat terserap dengan baik oleh akar tanaman. Misalnya, jika pemupukan dilakukan pada siang hari saat suhu tinggi, sebagian besar pupuk yang diberikan dapat menguap sebelum sempat diserap. Oleh karena itu, pemilihan waktu penyiraman yang tepat sangat krusial dalam praktik pemupukan (Morchid et al., 2024; Merkley & Allen, 2004). Metode pemupukan yang digunakan juga dapat memengaruhi efisiensi pemupukan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah tugal, di mana pupuk ditaburkan di sekitar tanaman. Metode ini cocok untuk kebun kecil dan memungkinkan pupuk langsung bersentuhan dengan akar (Merkley & Allen, 2004). Namun, untuk lahan yang lebih luas, metode semprot (foliar) dapat

menjadi pilihan yang lebih efektif. Penyemprotan pupuk cair ke daun memungkinkan penyerapan nutrisi yang lebih cepat, terutama dalam kondisi kekurangan nutrisi yang mendesak (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023). Selain itu, teknik fertigasi, yang mengintegrasikan pupuk dengan sistem irigasi tetes, merupakan metode yang sangat efisien untuk lahan sempit. Dengan cara ini, tanaman dapat mendapatkan nutrisi secara langsung melalui sistem irigasi, mengurangi risiko pemborosan.

Penggunaan pupuk slow-release juga patut diperhatikan. Pupuk ini dirancang untuk melepaskan nutrisi secara perlahan, sehingga tanaman dapat menyerapnya sesuai kebutuhan. Misalnya, pupuk yang memiliki lapisan pelindung dapat melepaskan nutrisi secara bertahap, mengurangi risiko pencucian nutrisi ke tanah dan memastikan ketersediaan nutrisi dalam jangka waktu yang lebih lama. Ini sangat bermanfaat bagi tanaman yang membutuhkan pasokan nutrisi yang stabil (Li et al., 2024; Harada & Whitlow, 2020).

Era teknologi modern sekarang ini, pemupukan presisi telah menjadi tren yang semakin populer. Penggunaan sensor nutrisi untuk mengukur kadar N-P-K di media tanam atau larutan hidroponik memungkinkan petani untuk melakukan penyesuaian yang tepat dalam pemupukan (Friha et al., 2021; Morchid et al., 2024). Dengan informasi yang akurat, petani dapat menghindari aplikasi pupuk yang berlebihan atau kurang, yang dapat merugikan tanaman dan lingkungan. Selain itu, sistem smart farming yang dilengkapi aplikasi untuk mengatur dosis dan waktu pemupukan juga memberikan kemudahan bagi petani dalam mengelola kebutuhan nutrisi tanaman.

Uji laboratorium juga menjadi bagian penting dalam menentukan formula pupuk yang tepat. Analisis tanah atau media tanam dapat memberikan gambaran yang jelas tentang kandungan nutrisi yang ada, sehingga petani dapat menyesuaikan pemupukan berdasarkan hasil analisis tersebut (Safeyah dkk., 2021). Dengan pendekatan ini, pemupukan dapat dilakukan secara lebih terarah dan efisien.

Prinsip 4R (*Right Source, Right Rate, Right Time, Right Place*) merupakan pedoman penting dalam teknik pemupukan yang efisien. Memilih sumber pupuk yang tepat sesuai dengan kebutuhan

tanaman menjadi langkah awal yang krusial. Misalnya, penggunaan pupuk organik dapat menjadi alternatif yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Selain itu, dosis pupuk yang tepat juga harus diperhatikan untuk menghindari kelebihan yang dapat merusak tanaman atau lingkungan. Mengatur waktu pemupukan sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman dan lokasi aplikasi pupuk yang tepat ke zona perakaran sangat penting untuk memastikan bahwa tanaman mendapatkan nutrisi yang optimal (Rajak et al., 2023; Morchid et al., 2024).

Secara keseluruhan, teknik pemupukan yang efisien tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil pertanian, tetapi juga pada keberlanjutan praktik pertanian itu sendiri. Dengan memadukan berbagai metode dan teknologi yang ada, petani dapat meningkatkan produktivitas tanaman sambil menjaga keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, penting bagi petani untuk terus belajar dan beradaptasi dengan perkembangan teknologi serta menerapkan prinsip-prinsip yang telah terbukti efektif dalam pemupukan.

7.5.3 Penggunaan Nutrisi dalam Hidroponik

Penggunaan nutrisi yang tepat dan seimbang dalam sistem hidroponik, sangat penting untuk mencapai pertumbuhan optimal tanaman (Resh, 2022; Li et al., 2024). Nutrisi tersebut terdiri dari makronutrien dan mikronutrien yang memiliki peran masing-masing dalam mendukung pertumbuhan tanaman.

Makronutrien adalah unsur-unsur yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar. Salah satu makronutrien yang paling penting adalah nitrogen (N), yang berperan dalam pembentukan daun dan protein. Tanpa nitrogen yang cukup, tanaman akan mengalami pertumbuhan yang terhambat, dengan daun yang kecil dan berwarna kuning. Misalnya, pada tanaman sayuran hijau seperti selada, kekurangan nitrogen dapat menyebabkan daun menjadi pucat dan tidak segar (Li et al., 2024; Safeyah dkk., 2021). Fosfor (P) merupakan makronutrien yang krusial, terutama untuk perkembangan akar dan bunga. Fosfor membantu dalam proses fotosintesis dan respirasi tanaman, serta berperan dalam pembentukan energi. Tanaman yang kekurangan fosfor biasanya menunjukkan pertumbuhan akar yang lemah dan bunga yang tidak optimal. Sebagai contoh, tanaman tomat

yang kekurangan fosfor cenderung menghasilkan buah yang sedikit dan kualitasnya rendah gelap (Resh, 2022; de Mello Prado, 2021). Kalium (K) berfungsi dalam regulasi metabolisme tanaman dan meningkatkan ketahanan terhadap penyakit. Unsur ini membantu tanaman dalam mengatur pembukaan dan penutupan stomata (Altieri & Nicholls, 2017; Harada & Whitlow, 2020), yang berpengaruh pada fotosintesis dan transpirasi. Tanaman yang memiliki kadar kalium yang cukup cenderung lebih tahan terhadap stres lingkungan, seperti kekeringan atau serangan hama. Misalnya, tanaman cabai yang mendapatkan kalium yang cukup akan memiliki buah yang lebih besar dan lebih tahan terhadap penyakit (de Mello Prado, 2021; Gliessman, 2014).

Selain makronutrien, mikronutrien juga memiliki peran yang sangat vital meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang lebih kecil. Unsur-unsur seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu), boron (B), dan molibdenum (Mo) diperlukan untuk berbagai fungsi fisiologis tanaman. Misalnya, besi sangat penting dalam sintesis klorofil, dan kekurangan besi dapat menyebabkan klorosis, di mana daun berwarna kuning dengan urat daun yang tetap hijau (Li et al., 2024; Resh, 2022). Oleh karena itu, meskipun jumlah yang dibutuhkan kecil, pemenuhan mikronutrien dalam larutan nutrisi tidak kalah pentingnya dibandingkan makronutrien.

Salah satu formula larutan nutrisi yang paling dikenal dalam hidroponik adalah Hoagland Solution, yang merupakan campuran dasar yang mengandung semua makronutrien dan mikronutrien yang diperlukan oleh tanaman. Formula ini dirancang untuk memberikan keseimbangan yang ideal bagi pertumbuhan tanaman (Resh, 2022; Li et al., 2024).

Bagi mereka yang ingin lebih terlibat dalam proses, membuat larutan nutrisi sendiri dengan pupuk NPK dan suplemen mikronutrien juga merupakan pilihan yang baik. Dengan cara ini, petani dapat menyesuaikan komposisi nutrisi sesuai dengan kebutuhan spesifik tanaman.

Pengaturan pH dan Electrical Conductivity (EC) adalah dua aspek penting lainnya dalam hidroponik. pH larutan nutrisi yang optimal berkisar antara 5,5 hingga 6,5 untuk sebagian besar tanaman (Resh, 2022; Li et al., 2024). Jika pH terlalu rendah atau tinggi,

penyerapan nutrisi akan terhambat, yang dapat menyebabkan pertumbuhan yang tidak optimal. Penggunaan pH Up atau pH Down untuk penyesuaian sangat dianjurkan (Morchid et al., 2024). Selain itu, pengukuran EC yang tepat sangat penting untuk memastikan konsentrasi nutrisi dalam larutan berada dalam rentang ideal, yaitu antara 1,2 hingga 2,5 dS/m, tergantung pada jenis tanaman yang ditanam (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

Monitoring dan perawatan rutin juga merupakan bagian integral dari keberhasilan sistem hidroponik. Penggantian larutan nutrisi setiap 1 hingga 2 minggu diperlukan untuk mencegah akumulasi garam yang dapat merugikan tanaman garam (Resh, 2022; Li et al., 2024). Aerasi yang baik melalui penggunaan pompa udara sangat penting untuk meningkatkan oksigenasi akar, yang mendukung pertumbuhan yang sehat (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023). Pencegahan pertumbuhan alga juga harus menjadi perhatian, dan menutup tangki nutrisi dapat membantu menghindari masalah ini (Morchid et al., 2024; Harada & Whitlow, 2020).

Penggunaan nutrisi dalam hidroponik adalah faktor kunci yang menentukan keberhasilan pertanian tanpa tanah ini. Dari makronutrien hingga mikronutrien, setiap unsur memiliki peran yang signifikan dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Pengaturan larutan nutrisi yang tepat, pemantauan pH dan EC, serta perawatan yang rutin akan memastikan bahwa tanaman system hidroponik dapat tumbuh dengan optimal (Morchid et al., 2024; Rajak et al., 2023).

7.6 Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Lahan Sempit

Era modern saat ini, teknologi digital telah merambah hampir setiap aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang pertanian dan berkebun (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023). Pemanfaatan teknologi digital dalam lahan sempit menjadi solusi yang sangat relevan, terutama bagi masyarakat urban yang ingin memaksimalkan ruang terbatas untuk kegiatan berkebun (Morchid et al., 2024; Harada & Whitlow, 2020). Dengan memanfaatkan aplikasi dan perangkat digital, para penghobi tanaman, petani pemula, dan bahkan petani part-time dapat meningkatkan produktivitas dan

efisiensi dalam berkebun (Jun et al., 2025; Marni Putri Gea et al., 2025). Dalam merancang kebun di lahan sempit, perencanaan yang matang sangatlah penting. Aplikasi desain kebun memberikan kemudahan bagi pengguna untuk merencanakan tata letak tanaman, memilih jenis tanaman yang sesuai, serta mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti pencahayaan dan drainase. Beberapa aplikasi yang populer dalam kategori ini antara lain *iScape*, *Gardenize*, dan *Planta*.

iScape merupakan aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk merancang lansekap kebun mereka secara virtual. Dengan fitur drag-and-drop, pengguna dapat menambahkan berbagai elemen seperti tanaman, batu, dan elemen dekoratif lainnya ke dalam desain kebun mereka. Misalnya, seseorang yang memiliki lahan sempit di belakang rumah dapat menggunakan *iScape* untuk menciptakan desain kebun vertikal yang memanfaatkan dinding atau pagar sebagai tempat menanam tanaman merambat. Aplikasi ini juga menyediakan informasi tentang jenis tanaman yang cocok untuk iklim tertentu, sehingga pengguna dapat membuat pilihan yang lebih tepat (Resh, 2022; Li et al., 2024).

Gardenize adalah aplikasi yang lebih fokus pada pengelolaan tanaman. Dengan aplikasi ini, pengguna dapat mencatat pertumbuhan tanaman, mencatat perawatan yang telah dilakukan, serta mengatur jadwal penyiraman dan pemupukan. Sebagai contoh, seorang pengguna yang baru mulai berkebun dapat menggunakan *Gardenize* untuk mencatat kapan mereka menanam biji, kapan mereka harus menyiram, dan kapan waktu yang tepat untuk memupuk tanaman mereka. Dengan demikian, aplikasi ini tidak hanya membantu dalam perencanaan tetapi juga dalam pengelolaan tanaman secara berkelanjutan (Altieri & Nicholls, 2017; Gliessman, 2014).

Planta menawarkan fitur serupa dengan *Gardenize*, tetapi dengan pendekatan yang lebih interaktif. Aplikasi ini memberikan rekomendasi perawatan berdasarkan jenis tanaman yang dimiliki pengguna. Misalnya, jika pengguna memiliki tanaman hias seperti monstera, *Planta* akan memberikan panduan spesifik tentang cara merawat tanaman tersebut, termasuk kebutuhan cahaya dan kelembapan (Rajak et al., 2023; Morchid et al., 2024).

Setelah perencanaan dan desain kebun dilakukan, langkah selanjutnya adalah menjaga kesehatan tanaman. Diagnosis hama dan penyakit menjadi aspek krusial dalam berkebun, terutama di lahan sempit di mana infeksi dapat menyebar dengan cepat (Edwards, 1987; Altieri & Nicholls, 2017). Beberapa aplikasi yang dapat membantu dalam diagnosis ini adalah Plantix, AgriApp, dan SeekMango.

Plantix adalah aplikasi yang memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi hama dan penyakit tanaman hanya dengan mengunggah foto tanaman yang terkena. Misalnya, jika seorang petani melihat tanda-tanda daun yang menguning pada tomat mereka, maka mereka dapat mengambil gambar dan mengunggahnya ke Plantix. Aplikasi ini akan menganalisis gambar tersebut dan memberikan informasi tentang kemungkinan penyakit yang menyerang, serta langkah-langkah pengendalian yang dapat diambil. Dengan cara ini, pengguna dapat mengambil tindakan cepat sebelum masalah menjadi lebih serius (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

AgriApp juga menawarkan fitur diagnosis hama dan penyakit, tetapi dengan tambahan informasi tentang praktik pertanian yang baik. Aplikasi ini tidak hanya membantu dalam identifikasi, tetapi juga memberikan solusi berbasis pengetahuan agronomi. Sebagai contoh, jika pengguna menemukan hama pada tanaman cabai mereka, AgriApp akan memberikan informasi tentang insektisida yang aman digunakan serta teknik pengendalian hama yang ramah lingkungan. Ini memberikan pendekatan yang lebih holistik dalam pengelolaan tanaman (Gliessman, 2014; Altieri & Nicholls, 2017) (Gliessman, 2014; De Zeeuw et al., 2011).

SeekMango adalah aplikasi yang lebih fokus pada pemantauan kesehatan tanaman secara keseluruhan. Dengan menggunakan teknologi pemindaian, aplikasi ini dapat memberikan analisis mendalam tentang kondisi tanaman, termasuk tingkat kelembapan tanah dan kebutuhan nutrisi. Misalnya, jika pengguna mengalami kesulitan dalam menumbuhkan tanaman sayuran di lahan sempit mereka, SeekMango dapat memberikan rekomendasi spesifik tentang jenis pupuk yang harus digunakan dan frekuensi penyiraman yang tepat. Ini memberikan data yang berguna untuk

pengambilan keputusan yang lebih baik (Morchid et al., 2024; Jun et al., 2025).

Otomatisasi Budidaya menjadi salah satu kunci untuk meningkatkan efisiensi dalam berkebun. Aplikasi dan perangkat otomatisasi budidaya, seperti *FarmBot* dan *Click & Grow*, dapat membantu pengguna dalam merawat tanaman mereka dengan lebih mudah dan efisien (Rajak et al., 2023; Friha et al., 2021).

FarmBot adalah sistem otomatisasi yang dirancang untuk membantu pengguna dalam menanam dan merawat tanaman secara efisien (Harada & Whitlow, 2020; Resh, 2022). Dengan menggunakan teknologi robotik, *FarmBot* dapat melakukan tugas seperti penyiraman, penanaman, dan pemupukan secara otomatis. Misalnya, seorang pengguna yang memiliki lahan sempit dapat mengatur *FarmBot* untuk menyiram tanaman mereka pada waktu tertentu setiap hari, sehingga mereka tidak perlu khawatir tentang penyiraman yang terlewat. Ini sangat membantu bagi mereka yang memiliki jadwal yang padat atau bagi pemula yang mungkin tidak tahu kapan waktu yang tepat untuk menyiram tanaman (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

Click&Grow menawarkan pendekatan yang lebih sederhana dengan sistem taman pintar (Li et al., 2024). Dengan menggunakan teknologi hidroponik, pengguna dapat menanam tanaman dengan mudah tanpa perlu khawatir tentang pengaturan tanah atau nutrisi. Misalnya, seseorang yang tinggal di apartemen dengan ruang terbatas dapat menggunakan *Click & Grow* untuk menanam sayuran segar di dalam rumah mereka. Sistem ini dilengkapi dengan lampu LED yang memberikan pencahayaan optimal untuk pertumbuhan tanaman, sehingga pengguna dapat menikmati hasil panen segar tanpa perlu memiliki lahan yang luas (Friha et al., 2021; Rajak et al., 2023).

DAFTAR PUSTAKA

- Altieri, M.A. and Nicholls, C.I. (2017) 'The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate', *Climatic Change*, 140(1), pp. 33–45. Available at: <https://doi.org/10.1007/S10584-013-0909-Y/METRICS>.
- Despommier, D.D.. and Runnette, S. (2010) *The vertical farm : feeding the world in the 21st century*. Tantor Media.
- Edwards, C.A. (1987) 'The environmental impact of pesticides', *Integrated pest management, protection integree, quo vadis? An international perspective*, pp. 309–329. Available at: <https://www.worldatlas.com/articles/what-is-the-environmental-impact-of-pesticides.html> (Accessed: 1 July 2025).
- Friha, O. *et al.* (2021) 'Internet of Things for the Future of Smart Agriculture: A Comprehensive Survey of Emerging Technologies', *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 718–752. Available at: <https://doi.org/10.1109/JAS.2021.1003925>.
- Gliessman, S.R.. (2014) *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems, Third Edition, Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems, Third Edition*. CRC Press. Available at: <https://doi.org/10.1201/b17881>.
- Harada, Y. and Whitlow, T.H. (2020) 'Urban Rooftop Agriculture: Challenges to Science and Practice', *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. Available at: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00076>.
- Jun, B., Dolorosa, E. and Suharyani, A. (2025) 'Strategi Pengembangan Pertanian Perkotaan (Urban Farming) "Queen Farm" Di Kota Pontianak', *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 14(2), pp. 441–453. Available at: <https://doi.org/10.26418/jspe.v14i2.81435>.
- Li, M. *et al.* (2024) 'Rice husk ash based growing media impact on cucumber and melon growth and quality', *Scientific Reports*, 14(1). Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55622-4>.

- Marni Putri Gea *et al.* (2025) 'Pertanian Perkotaan, Solusi Inovatif untuk Ketahanan Pangan di Tengah Kota', *Flora : Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 2(1), pp. 188–198. Available at: <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.265>.
- de Mello Prado, R. (2021) 'Introduction to Plant Nutrition', in *Mineral nutrition of tropical plants*. Springer International Publishing, pp. 1–38. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71262-4_1.
- Merkley, G.P. and Allen, R.G. (2004) 'Sprinkle & Trickle Irrigation Lecture Notes', *English*, pp. 1–8.
- Morchid, A. *et al.* (2024) 'Applications of internet of things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural Sustainability: Benefits and challenges', *Ain Shams Engineering Journal*, 15(3). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102509>.
- Rajak, P. *et al.* (2023) 'Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges', *Journal of Agriculture and Food Research*, 14. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>.
- Resh, H.M. (2022) 'Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower', *Hydroponic Food Production* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1201/9781003133254>.
- Safeyah, M., Achmad, Z.A. and Juwito (2021) *Modul Pelatihan Teknik Hidroponik dan Vertikultur, Modul Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur*.
- SalbitanoF, BorelliS, Conigliaro M., C. (2016) *Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry, Fao*.
- Somerville, C. *et al.* (2014) *Small-scale aquaponic food production-Integrated fish and plant farming, FAO Fisheries and Aquaculture*.

De Zeeuw, H., Van Veenhuizen, R. and Dubbeling, M. (2011) 'The role of urban agriculture in building resilient cities in developing countries', *Journal of Agricultural Science*, 149(S1), pp. 153–163. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0021859610001279>.

BAB 8

TEKNOLOGI PASCA PANEN

Oleh Reza Zulfahmi

8.1 Pendahuluan

Dalam sistem budidaya tanaman hortikultura, keberhasilan tidak hanya dapat diukur berdasarkan produktivitas di lahan, tetapi juga dari sejauh mana hasil panen dapat dipertahankan kualitasnya hingga sampai ke tangan konsumen. Tanaman hortikultura dikenal sebagai komoditas yang bersifat mudah rusak (*perishable*), dengan laju respirasi dan kandungan air yang tinggi. Oleh karena itu, penanganan pasca panen menjadi tahapan yang sangat penting dalam rangka menjaga mutu, nilai jual, dan daya saing produk hortikultura (Mulyawanti and Suryana, 2024). Teknologi pasca panen hadir sebagai solusi praktis untuk memperpanjang umur simpan, mengurangi kerusakan, dan menekan kehilangan hasil yang sering kali terjadi setelah panen.

Pasca panen sendiri didefinisikan sebagai seluruh rangkaian kegiatan yang dilakukan terhadap hasil panen, mulai dari pemanenan hingga produk tersebut dikonsumsi atau diproses lebih lanjut. Teknologi pasca panen mencakup berbagai tahapan seperti pemanenan, sortasi, pencucian, penyimpanan, pengemasan, hingga distribusi dan pengolahan ringan. Proses ini bukan hanya bersifat pelengkap, melainkan bagian yang integral dalam sistem agribisnis hortikultura, yang dapat menentukan keberhasilan rantai nilai dari hulu hingga hilir (Zam, Ilyas and Syatrawati, 2019). Pada faktanya banyak produk hortikultura yang mengalami penurunan mutu secara cepat jika tidak segera ditangani dengan tepat. Beberapa komoditas bahkan hanya memiliki umur simpan selama beberapa hari dalam kondisi lingkungan biasa. Tanpa teknologi pasca panen yang memadai, kerugian akibat susut bobot, kerusakan fisik, dan serangan mikroba sangat sulit dihindari. Hal ini berdampak langsung terhadap menurunnya kualitas gizi, cita rasa, dan tampilan visual produk, yang pada akhirnya menurunkan nilai jual dan daya saing di

pasar. Permasalahan yang kerap ditemui dalam penanganan pasca panen antara lain adalah kerusakan mekanis saat pemanenan dan transportasi, penurunan mutu selama penyimpanan, serta kurangnya sistem pendinginan yang memadai. Selain itu, keterbatasan akses terhadap teknologi modern juga menjadi hambatan utama, terutama di kalangan petani kecil. Kondisi ini mengakibatkan ketergantungan pada metode tradisional yang kurang efisien dan menyebabkan tingginya kehilangan hasil (postharvest losses) yang bisa mencapai 30–50% di beberapa daerah tropis (Bisht and Singh, 2024).

Melalui penerapan alat dan sistem seperti pendinginan cepat (*pre-cooling*), penyimpanan bersuhu rendah (*cold storage*), pengemasan atmosfer termodifikasi (MAP), dan teknologi sortasi otomatis, komoditas hortikultura dapat dipertahankan kesegarannya lebih lama (Elik *et al.*, 2019). Teknologi ini tidak hanya berdampak pada efisiensi produksi, tetapi juga membuka peluang inovasi dalam diversifikasi produk hortikultura melalui pengolahan minimal dan peningkatan nilai tambah. Lebih lanjut, pengelolaan pasca panen yang efisien juga berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan dan keberlanjutan pertanian. Dengan berkurangnya kehilangan hasil dan meningkatnya kualitas produk, maka distribusi pangan hortikultura menjadi lebih merata dan stabil. Selain itu, adopsi teknologi pasca panen turut mendorong tumbuhnya industri pengolahan dan logistik hortikultura, yang menjadi tulang punggung ekonomi wilayah-wilayah sentra produksi. Dalam skala global, negara-negara maju telah lama menempatkan teknologi pasca panen sebagai salah satu prioritas dalam pengembangan sektor pertanian (Kitinoja, Tokala and Brondy, 2018). Di Indonesia, meskipun kesadaran akan pentingnya teknologi ini sudah mulai tumbuh, namun masih diperlukan upaya serius untuk meningkatkan pemahaman dan adopsi di tingkat lapangan. Peran akademisi, peneliti, penyuluh, dan pemerintah sangat penting dalam mempercepat transfer teknologi, pelatihan teknis, dan penyusunan kebijakan yang mendukung penerapan teknologi pasca panen di berbagai lapisan masyarakat tani.

8.2 Tujuan dan Prinsip Penanganan Pasca Panen

Penanganan pasca panen merupakan bagian krusial dalam sistem budidaya hortikultura yang menentukan mutu akhir produk serta tingkat kerugian hasil. Produk hortikultura bersifat perishable, artinya mudah rusak karena masih menjalankan aktivitas fisiologis meskipun telah dipanen. Aktivitas respirasi, transpirasi, dan proses biokimia lainnya tetap berlangsung, sehingga tanpa penanganan yang tepat, mutu produk akan menurun drastis hanya dalam hitungan jam hingga hari (Arista *et al.*, 2023). Hal ini menjadi tantangan besar terutama di negara beriklim tropis seperti Indonesia, di mana suhu dan kelembaban tinggi mempercepat proses kerusakan.

Tujuan utama dari penanganan pasca panen adalah untuk mempertahankan mutu, nilai gizi, dan daya jual produk hingga sampai ke tangan konsumen. Penurunan mutu tidak hanya terjadi karena kerusakan secara visual, tetapi juga dapat berdampak pada cita rasa, tekstur, aroma, bahkan keamanan pangan. Oleh karena itu, strategi penanganan harus disesuaikan dengan karakter fisiologis masing-masing komoditas, mengingat perbedaan yang signifikan antara sayuran daun, buah-buahan, maupun umbi-umbian.

Salah satu aspek penting yang harus dikendalikan adalah laju respirasi. Respirasi yang terlalu cepat mempercepat pematangan dan pelayuan, serta memperbesar risiko serangan mikroba. Produk seperti brokoli, bayam, dan asparagus diketahui memiliki laju respirasi yang sangat tinggi dan sangat sensitif terhadap suhu penyimpanan. Penurunan suhu menjadi metode yang paling efektif untuk memperlambat respirasi, oleh karena itu sistem pendinginan (precooling) setelah panen harus menjadi prosedur standar dalam rantai pasok hortikultura. Selain itu, penguapan air dari jaringan tanaman menjadi penyebab utama pelayuan dan penurunan bobot. Kondisi ini tidak hanya menurunkan nilai estetika produk, tetapi juga menurunkan kandungan air yang penting bagi kesegaran dan kerenyahan. Oleh karena itu, pengaturan kelembaban udara selama penyimpanan dan pengemasan sangat diperlukan. Pemanfaatan kemasan plastik berlubang mikro atau bahan pembungkus breathable dapat mempertahankan kelembaban mikro lingkungan di sekitar produk.

Kerusakan mekanis, meskipun sering dianggap sepele, menjadi pintu masuk utama bagi infeksi mikroba dan mempercepat pembusukan. Luka yang timbul akibat benturan, gesekan, atau tekanan saat panen dan transportasi harus dicegah dengan pendekatan menyeluruh. Pelatihan tenaga kerja, penggunaan wadah panen ergonomis, dan pemilahan produk sejak awal sangat membantu dalam mengurangi kerusakan ini. Transportasi yang empuk, ventilatif, dan bertingkat juga berkontribusi terhadap keamanan fisik produk hortikultura.

Aspek keamanan pangan juga menjadi sorotan dalam penanganan pasca panen. Komoditas hortikultura yang dikonsumsi dalam bentuk segar sangat rentan terhadap kontaminasi mikroba patogen seperti *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, dan *E. coli* (Mahajan *et al.*, 2017). Pencucian dengan air bersih bertekanan, penggunaan sanitiser berbasis asam organik, serta penerapan standar kebersihan tempat sortir dan pengemasan sangat penting untuk menjaga keamanan konsumsi. Produk yang telah dikemas juga perlu dijaga dari kontaminasi ulang selama distribusi. Sektor logistik berperan sebagai penghubung antara produsen dan konsumen, dan berperan vital dalam menjaga mutu. Distribusi yang lambat, tidak terkoordinasi, atau tidak dilengkapi fasilitas penyimpanan dingin dapat menggagalkan seluruh upaya penanganan pasca panen di hulu. Oleh karena itu, manajemen rantai dingin (*cold chain*) dari kebun hingga ke ritel harus diperkuat, termasuk melalui kemitraan dengan pihak swasta dan koperasi petani.

Penggunaan teknologi digital kini menjadi kebutuhan dalam manajemen pasca panen. *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pemantauan suhu, kelembaban, dan lokasi produk secara real-time selama pengangkutan. Sementara itu, sistem *blockchain* dapat diterapkan untuk menjamin ketertelusuran (*traceability*) produk dari petani ke konsumen. Konsumen modern semakin peduli terhadap asal-usul produk dan proses produksinya, sehingga transparansi rantai pasok menjadi keunggulan kompetitif tersendiri (Singh *et al.*, 2022). Lebih jauh lagi, kebijakan penanganan pasca panen harus dikembangkan dengan pendekatan berbasis komoditas dan wilayah. Komoditas tropis seperti mangga, pisang, dan cabai memerlukan protokol penanganan yang berbeda dibandingkan

produk subtropis seperti apel atau stroberi. Selain itu, tantangan logistik di wilayah pedesaan yang infrastruktur jalannya terbatas harus disiasati dengan inovasi lokal seperti pendingin berbasis zeolit, ruang penyimpanan evaporatif, atau cold storage berbasis energi surya.

Penanganan pasca panen juga tidak lepas dari aspek sosial dan kelembagaan (James and Zikankuba, 2017). Keterlibatan kelompok tani, koperasi, hingga UMKM agribisnis dalam rantai pasok sangat menentukan keberhasilan sistem ini. Pelatihan berkelanjutan, penyediaan infrastruktur, serta kebijakan insentif dari pemerintah menjadi bagian dari sistem ekologi agrikultur yang harus dibangun secara menyeluruh (Rahardjo, Yudhanto and Aprilia, 2023). Dengan demikian, penanganan pasca panen tidak hanya menjadi solusi teknis, tetapi juga strategi pemberdayaan petani untuk meningkatkan daya saing produk hortikultura nasional di pasar domestik dan internasional (Manuhutu, Lengkong and Paendong, 2022). Selain prinsip teknis, penanganan pasca panen juga menekankan pada efisiensi logistik dan ketertelusuran produk. Sistem distribusi yang cepat, terkoordinasi, dan transparan akan menjaga kesegaran produk sekaligus meningkatkan kepercayaan konsumen. Inovasi digital seperti *Internet of Things* (IoT) dan blockchain kini mulai diterapkan untuk memantau dan mencatat kondisi pasca panen secara *real-time*.

8.3 Tahapan Pasca Panen

Penanganan pasca panen pada komoditas hortikultura melibatkan serangkaian kegiatan yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Proses ini dimulai segera setelah hasil dipetik dari tanaman dan berakhir ketika produk sampai ke tangan konsumen. Karena produk hortikultura bersifat mudah rusak, maka setiap langkah harus dilakukan dengan cermat dan memperhatikan kondisi fisiologis serta kebutuhan spesifik masing-masing komoditas. Setiap kesalahan atau keterlambatan dalam satu tahapan dapat memicu penurunan mutu secara berantai yang berdampak pada nilai ekonomi dan daya saing produk.

8.3.1 Pemanenan

Pemanenan merupakan titik awal dalam seluruh rangkaian penanganan pasca panen, dan kualitas produk pada tahap ini sangat menentukan hasil akhir yang akan diterima oleh konsumen. Pada komoditas hortikultura, kesalahan saat panen tidak dapat dikoreksi pada tahap berikutnya. Oleh karena itu, pemanenan harus dilakukan dengan memperhatikan waktu, metode, dan alat yang sesuai dengan karakteristik tanaman (Xu, 2022). Pemanenan yang dilakukan terlalu awal dapat menghasilkan produk dengan rasa yang kurang berkembang dan kualitas gizi yang belum optimal. Sebaliknya, panen yang terlalu lambat sering kali berujung pada kerusakan fisiologis, seperti pembusukan, pelunakan berlebihan, atau warna yang tidak merata (Istianingsih and Efendi, 2013).

Waktu panen merupakan faktor penting yang harus disesuaikan dengan jenis komoditas dan tujuan pemasaran. Untuk produk yang ditujukan ke pasar lokal dan dikonsumsi dalam waktu singkat, pemanenan dapat dilakukan pada saat matang konsumsi (Widodo, Suketi and Rahardjo, 2019). Namun, untuk keperluan ekspor atau distribusi jarak jauh, sering kali panen dilakukan pada stadium matang fisiologis, yaitu saat produk sudah cukup tua untuk berkembang dengan baik selama penyimpanan dan pengangkutan, namun belum menunjukkan kematangan penuh. Penentuan waktu panen biasanya didasarkan pada indikator visual, seperti perubahan warna, ukuran, aroma, atau kekerasan buah, serta indikator internal seperti kandungan padatan terlarut atau tingkat keasaman.

Selain waktu, cara atau metode panen juga harus disesuaikan dengan sensitivitas produk terhadap kerusakan mekanis. Komoditas seperti tomat, stroberi, atau anggur sangat rentan terhadap tekanan atau gesekan, sehingga panen sebaiknya dilakukan secara manual oleh tenaga kerja terlatih (Faqeerzada *et al.*, 2018). Penggunaan tangan harus diimbangi dengan teknik yang lembut agar tidak menimbulkan luka. Beberapa komoditas dapat dipanen menggunakan alat bantu seperti gunting, pisau, atau sabit kecil yang tajam, untuk menghindari tarikan atau tekanan pada batang dan buah. Alat yang digunakan harus selalu dalam kondisi bersih agar tidak menjadi sumber kontaminasi mikroba.

Kondisi lingkungan saat pemanenan juga turut mempengaruhi mutu hasil. Pemanenan sebaiknya dilakukan pada pagi hari saat suhu udara masih rendah dan kelembaban relatif tinggi. Pada saat ini, tekanan metabolisme pada jaringan tanaman masih rendah sehingga risiko terjadinya pelayuan dini dapat dikurangi. Pemanenan di siang hari yang terik justru meningkatkan kehilangan air dari jaringan tanaman dan mempercepat proses respirasi, sehingga mempercepat kerusakan. Selain itu, kondisi basah akibat embun atau hujan juga perlu dihindari karena meningkatkan kemungkinan kontaminasi mikroba selama penanganan selanjutnya.

Sarana panen seperti wadah atau keranjang juga perlu mendapat perhatian. Wadah yang digunakan harus bersih, tidak tajam, dan memiliki sirkulasi udara yang baik (Mahajan *et al.*, 2017). Bentuk dan ukuran wadah perlu disesuaikan dengan jenis produk agar tumpukan tidak terlalu tinggi dan tekanan antarproduk dapat dihindari. Produk yang telah dipanen harus segera dipindahkan ke tempat yang teduh untuk mencegah akumulasi panas, dan sebaiknya langsung masuk ke tahapan sortasi atau pendinginan awal. Penundaan proses setelah panen dapat mempercepat pembusukan dan meningkatkan risiko kerusakan fisiologis.

Penting pula untuk memahami bahwa kualitas panen sangat bergantung pada kesiapan tenaga kerja di lapangan. Pelatihan secara berkala mengenai teknik panen, kebersihan, dan kehati-hatian dalam menangani produk harus dilakukan oleh manajemen budidaya atau koperasi tani. Kecerobohan dalam pemanenan sering kali menyebabkan luka atau memar yang tidak tampak secara kasat mata, namun akan menjadi titik awal kerusakan selama penyimpanan dan transportasi. Oleh karena itu, keterampilan dan kesadaran pekerja menjadi investasi penting dalam menjaga kualitas pasca panen.

Beberapa komoditas hortikultura juga memerlukan teknik panen yang lebih kompleks. Misalnya, pada komoditas bunga potong seperti mawar atau krisan, pemanenan harus dilakukan pada stadium kuncup tertentu untuk memastikan bunga mekar saat mencapai pasar. Sementara itu, pada tanaman obat atau rempah seperti jahe dan kunyit, panen dilakukan saat kandungan metabolit sekunder berada pada puncaknya. Oleh sebab itu, penguasaan informasi fisiologis tiap komoditas menjadi dasar dalam menentukan

strategi panen yang tepat. Dengan mempertimbangkan seluruh aspek tersebut, pemanenan tidak dapat dipandang sebagai kegiatan sederhana yang hanya bertujuan mengambil hasil dari tanaman. Ia merupakan langkah kritis yang membutuhkan presisi, pengetahuan, dan kehati-hatian. Keberhasilan sistem pasca panen sangat bergantung pada kualitas hasil panen sejak menit pertama ia dipetik dari tanaman induknya. Maka dari itu, pemanenan perlu direncanakan dan dilaksanakan dengan manajemen yang baik, guna menjamin keberlanjutan mutu dan nilai ekonomi produk hortikultura.

8.3.2 Sortasi dan Grading

Sortasi dan grading merupakan dua langkah penting setelah pemanenan dalam rangkaian penanganan pasca panen. Keduanya bertujuan untuk menjamin keseragaman mutu dan memisahkan produk berdasarkan kriteria tertentu. Sortasi merujuk pada proses pemisahan produk berdasarkan kelayakan konsumsi, sedangkan grading lebih menekankan pada penggolongan mutu dalam tingkatan kualitas tertentu. Proses ini menjadi krusial karena produk hortikultura bersifat sangat beragam, baik dari segi ukuran, warna, bentuk, maupun kondisi fisiknya. Ketidakteraturan dalam mutu produk dapat menurunkan daya tarik pasar dan menyulitkan penetapan harga.

Kegiatan sortasi biasanya dimulai dengan memisahkan produk yang rusak, cacat, busuk, atau tidak memenuhi standar visual minimum. Kerusakan ini bisa disebabkan oleh luka mekanis saat panen, serangan hama, atau penyakit yang sudah ada sejak di lapangan. Produk-produk tersebut tidak dibuang begitu saja, melainkan dapat diarahkan untuk keperluan lain seperti pengolahan atau pembuatan kompos. Dengan demikian, sortasi juga menjadi strategi pengelolaan limbah yang efisien. Dalam praktiknya, sortasi dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan alat, tergantung pada skala produksi dan jenis komoditas. Grading dilakukan terhadap produk yang telah lolos proses sortasi, dan diklasifikasikan berdasarkan kriteria mutu seperti ukuran, warna, keseragaman bentuk, serta tingkat kematangan. Proses ini sangat penting dalam memenuhi standar pasar, terutama untuk keperluan

ekspor yang mensyaratkan spesifikasi mutu yang ketat. Contohnya, buah mangga untuk ekspor biasanya harus memiliki berat dan warna kulit yang seragam, bebas noda, dan tidak memiliki getah berlebih. Untuk produk bunga potong, grading mencakup panjang tangkai, jumlah kelopak, dan tingkat pembukaan bunga. Oleh karena itu, grading berperan besar dalam menjaga konsistensi produk dan menciptakan kepercayaan konsumen.

Pada skala kecil dan menengah, grading umumnya masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan ketelitian pekerja. Meskipun demikian, penggunaan meja sortasi yang ergonomis dan penerangan yang cukup dapat membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi proses. Pada skala industri, grading mulai dilakukan dengan bantuan teknologi seperti sensor warna, kamera digital, dan sistem komputerisasi yang dapat mengklasifikasikan produk dengan cepat dan konsisten. Penggunaan teknologi ini tidak hanya meningkatkan kapasitas sortir, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja dalam jangka panjang.

Sortasi dan grading tidak hanya berfungsi untuk menyaring mutu, tetapi juga memberikan dampak besar terhadap efisiensi dalam proses pengemasan dan distribusi. Produk yang telah digolongkan akan lebih mudah disusun dalam kemasan yang sesuai, mengurangi gesekan antarproduk, dan mempercepat proses logistik. Selain itu, produk dengan kualitas tinggi dapat diberi label premium, sehingga meningkatkan nilai jualnya. Proses ini juga menjadi titik awal untuk pencatatan data mutu produk, yang penting dalam sistem ketertelusuran (traceability) dan manajemen kualitas modern.

Secara keseluruhan, sortasi dan grading bukanlah proses tambahan yang bisa diabaikan, melainkan merupakan bagian yang esensial dalam menjamin mutu dan keamanan produk hortikultura. Kegiatan ini harus dilakukan segera setelah panen untuk mencegah akumulasi kerusakan dan menjaga kesegaran produk. Dengan sistem sortasi dan grading yang baik, pelaku agribisnis dapat memastikan bahwa hanya produk terbaik yang sampai ke pasar, sementara produk yang kurang layak dapat dikelola dengan strategi nilai tambah lainnya. Langkah ini mencerminkan profesionalisme dan kesiapan dalam menghadapi persaingan pasar yang semakin ketat. Kondisi lingkungan saat pemanenan juga turut mempengaruhi

8.3.3 Pencucian dan Pembersihan

Pencucian dan pembersihan merupakan langkah lanjutan yang sangat menentukan kualitas akhir produk hortikultura, terutama untuk komoditas yang akan dikonsumsi dalam keadaan segar. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah menghilangkan kotoran seperti tanah, debu, getah, sisa pestisida, dan mikroorganisme yang menempel di permukaan produk. Produk hortikultura sering kali dipanen dalam kondisi lingkungan yang tidak steril, sehingga pencucian menjadi syarat mutlak untuk memastikan keamanan pangan serta meningkatkan nilai estetika produk sebelum dikemas dan dipasarkan. Proses pencucian harus disesuaikan dengan jenis produk dan tingkat kekotorannya. Sayuran daun seperti bayam dan kangkung biasanya cukup dicuci dengan air mengalir agar tidak merusak struktur jaringan. Sebaliknya, umbi-umbian seperti wortel atau kentang memerlukan pencucian yang lebih intensif untuk mengangkat tanah yang menempel di permukaan. Air yang digunakan harus bersih dan memenuhi standar mutu air untuk pangan, karena penggunaan air yang terkontaminasi justru dapat menjadi sumber penularan penyakit. Dalam beberapa kasus, air pencuci diberi tambahan senyawa sanitasi seperti klorin, asam perasetat, atau ekstrak daun sirih untuk meningkatkan efektivitas pembersihan.

8.3.4 Pengeringan

Pengeringan merupakan tahapan penting dalam penanganan pasca panen, terutama untuk komoditas hortikultura tertentu seperti tanaman obat, rempah, biji-bijian hortikultura, serta beberapa sayuran dan buah yang akan diolah lebih lanjut atau disimpan dalam jangka waktu lama. Tujuan utama dari pengeringan adalah menurunkan kadar air hingga pada tingkat yang aman, sehingga aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dapat ditekan. Tanpa proses ini, produk dengan kadar air tinggi akan cepat mengalami fermentasi, pembusukan, atau bahkan tumbuh jamur yang merusak mutu dan membahayakan kesehatan.

Produk yang masih basah dan langsung dikemas dapat menciptakan kondisi lembap yang ideal untuk pertumbuhan mikroorganisme pembusuk. Oleh karena itu, setelah pencucian,

produk perlu dikeringkan secara hati-hati dengan cara ditiriskan, dilap menggunakan kain bersih, atau menggunakan blower udara dingin. Metode pengeringan ini harus memperhatikan karakteristik fisiologis produk, agar tidak menyebabkan pelayuan atau kerusakan permukaan. Pencucian bukan hanya soal kebersihan, tetapi juga mencerminkan profesionalisme dan kepatuhan terhadap standar mutu. Konsumen modern sangat memperhatikan tampilan dan higienitas produk, terutama pada pasar-pasar premium dan ekspor. Oleh karena itu, pencucian yang baik dapat meningkatkan kepercayaan konsumen dan membuka peluang pasar yang lebih luas. Dalam konteks ini, fasilitas pencucian perlu dirancang dengan tata letak yang efisien, higienis, dan sesuai standar *Good Handling Practices* (GHP) (Susetyo, 2023). Proses pembersihan merupakan bagian dari sistem pengendalian mutu yang lebih luas. Setiap langkah harus terdokumentasi dengan baik, mulai dari sumber air, konsentrasi bahan sanitasi, waktu perendaman, hingga suhu air yang digunakan. Dokumentasi ini penting untuk memenuhi persyaratan audit keamanan pangan dan ketertelusuran produk. Dengan demikian, pencucian dan pembersihan bukan sekadar aktivitas rutin, melainkan fondasi awal dalam menjamin mutu dan keamanan hasil hortikultura secara menyeluruh.

Metode pengeringan sangat beragam, mulai dari teknik tradisional seperti penjemuran di bawah sinar matahari hingga teknologi modern seperti oven listrik, solar dryer, atau pengering udara panas bersirkulasi. Penjemuran matahari banyak diterapkan di tingkat petani karena biayanya rendah dan mudah dilakukan. Namun, metode ini sangat tergantung pada cuaca dan berisiko terhadap kontaminasi debu, serangga, atau hujan mendadak. Oleh karena itu, metode ini perlu dimodifikasi dengan sistem penjemuran beralas terpal dan pelindung atas agar lebih higienis dan efisien.

Pada skala industri atau untuk produk yang membutuhkan mutu tinggi, penggunaan alat pengering bersuhu terkontrol lebih disarankan. Pengering tipe kabinet atau pengering rak bertingkat dengan ventilasi udara panas memungkinkan proses yang lebih cepat, merata, dan higienis. Selain itu, suhu dan waktu pengeringan dapat diatur sesuai dengan karakteristik bahan, sehingga senyawa aktif, aroma, dan warna tetap terjaga. Misalnya, daun herbal seperti

mint dan kemangi harus dikeringkan pada suhu rendah agar minyak atsirinya tidak menguap. Sementara itu, rimpang seperti jahe atau kunyit memerlukan suhu lebih tinggi agar kadar air dapat turun ke tingkat di bawah 10%. Kualitas hasil pengeringan sangat dipengaruhi oleh kecepatan penguapan air dan ketebalan bahan yang dikeringkan. Penataan bahan dalam lapisan tipis dan pembalikan secara berkala menjadi teknik sederhana namun penting untuk mempercepat proses dan menghasilkan produk yang merata keringnya. Kadar air akhir harus diperiksa secara teliti menggunakan alat pengukur kadar air atau metode oven, untuk memastikan bahwa produk benar-benar kering dan aman disimpan. Kegagalan dalam mencapai kadar air aman akan berdampak pada pertumbuhan jamur selama penyimpanan, terutama dalam kondisi iklim tropis yang lembap. Selain berfungsi sebagai metode pengawetan, pengeringan juga berperan dalam mengurangi bobot dan volume produk, sehingga memudahkan proses pengemasan dan distribusi. Produk hortikultura kering memiliki umur simpan yang panjang dan dapat menjadi bahan baku untuk industri pengolahan, seperti pembuatan jamu, teh herbal, bumbu instan, atau makanan ringan. Dengan demikian, pengeringan bukan hanya bertujuan menjaga mutu, tetapi juga membuka peluang nilai tambah yang lebih tinggi bagi produk hortikultura.

DAFTAR PUSTAKA

- Arista, Y.L.V. *et al.* (2023) 'Edukasi Penanganan Pascapanen Produk Hortikultura pada Pedagang di Pasar Tradisional Blambangan', *Jurnal Abdimas Gorontalo (JAG)*, 6(1), pp. 40–47. Available at: <https://doi.org/10.30869/jag.v6i1.1136>.
- Bisht, A. and Singh, S.P. (2024) 'Postharvest Losses and Management of Horticultural Produce: A Review', *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(3), pp. 305–320. Available at: <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i31881>.
- Elik, A. *et al.* (2019) 'Strategies to Reduce Post-Harvest Losses for Fruits and Vegetables', *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(3), pp. 29–39. Available at: <https://doi.org/10.7176/jstr/5-3-04>.
- Faqeerzada, M.A. *et al.* (2018) 'Postharvest Technologies for Fruits and Vegetables in South Asian Countries: a Review', *Korean Journal of Agricultural Science*, 45(3), pp. 325–353. Available at: <https://doi.org/10.7744/kjoas.20180050>.
- Istianingsih, T. and Efendi, D. (2013) 'Pengaruh Umur Panen dan Suhu Simpan Terhadap Umur Simpan Buah Naga Super Red (*Hylocereus costaricensis*)', *J. Hort. Indonesia*, 4(1), pp. 54–61.
- James, A. and Zikankuba, V. (2017) 'Postharvest Management of Fruits and Vegetable: A Potential for Reducing Poverty, Hidden Hunger and Malnutrition in Sub-Sahara Africa', *Cogent Food and Agriculture*, 3(1). Available at: <https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1312052>.
- Kitinoja, L., Tokala, V.Y. and Brondy, A. (2018) 'Challenges and Opportunities for Improved Postharvest Loss Measurements in Plant-Based Food Crops', *Journal of Postharvest Technology*, 06(4), pp. 16–34. Available at: <http://www.jpht.info>.
- Mahajan, P. V. *et al.* (2017) 'Quality and Safety of Fresh Horticultural Commodities: Recent Advances and Future Perspectives', *Food Packaging and Shelf Life*, 14(July), pp. 2–11. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.08.001>.
- Manuhutu, E.A., Lengkong, M.R. and Paendong, S.M.P. (2022) 'Penerapan Inovasi Teknologi Pasca Panen Tanaman Wortel dalam Manajemen Agribisnis Berkelanjutan', *Journal Locus*

- Penelitian dan Pengabdian*, 1(4), pp. 209–214. Available at: <https://doi.org/10.36418/locus.v1i4.26>.
- Mulyawanti, I. and Suryana, E.A. (2024) 'Strategi Pengurangan Kehilangan Pascapanen Produk Hortikultura', *Analisis Kebijakan Pertanian*, 22(2), pp. 183–194. Available at: <https://doi.org/10.21082/akp.v22i2.183-194>.
- Rahardjo, B., Yudhanto, W. and Aprilia, V.D. (2023) 'Penerapan Green Economy Melalui Pengolahan Pasca Panen Bagi Kelompok Tani Hortikultura Desa Pogalan Kecamatan Pakis Kabupaten Magelang', *Dharma Jnana*, 3(2), pp. 163–172.
- Singh, Rajat *et al.* (2022) 'Horticulture 4.0: Adoption of Industry 4.0 Technologies in Horticulture for Meeting Sustainable Farming', *Applied Sciences (Switzerland)*, 12, pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app122412557>.
- Susetyo, H.P. (2023) 'Menyiasati Kehilangan Hasil Dengan Penanganan Penyakit Pascapanen', *Buletin Teknologi & Inovasi Pertanian*, 2(1), pp. 10–14.
- Widodo, W.D., Suketi, K. and Rahardjo, R. (2019) 'Evaluasi Kematangan Pascapanen Pisang Barangan untuk Menentukan Waktu Panen Terbaik Berdasarkan Akumulasi Satuan Panas', *Buletin Agrohorti*, 7(2), pp. 162–171. Available at: <https://doi.org/10.29244/agrob.7.2.162-171>.
- Xu, X. (2022) 'Major Challenges Facing the Commercial Horticulture', *Frontiers in Horticulture*, 1. Available at: <https://doi.org/10.3389/fhort.2022.980159>.
- Zam, W., Ilyas, I. and Syatrawati, S. (2019) 'Penerapan Teknologi Pascapanen untuk Meningkatkan Nilai Jual Cabai di Tanatoraja', *Jurnal Dedikasi Masyarakat*, 2(2), p. 92. Available at: <https://doi.org/10.31850/jdm.v2i2.407>.

BAB 9

TEKNOLOGI DALAM PEMASARAN

Oleh Roosganda Elizabeth

9.1 Pendahuluan

Seiring berkembangnya teknologi digital dan informasi, sektor pertanian termasuk hortikultura mengalami transformasi signifikan, terutama dalam aspek pemasaran. Pemasaran yang dahulu terbatas pada pasar fisik kini telah menjangkau pasar digital yang lebih luas melalui pemanfaatan teknologi. Perubahan ini membuka peluang baru bagi petani hortikultura untuk meningkatkan akses pasar, memperpendek rantai distribusi, dan meningkatkan nilai tambah produk.

9.1.1 Teknologi Sebagai Pengungkit Transformasi Pemasaran Hortikultura

Dalam era globalisasi dan digitalisasi, sektor pertanian terutama subsektor hortikultura menghadapi tantangan dan peluang yang sangat dinamis. Salah satu aspek krusial dalam pengembangan hortikultura adalah strategi pemasaran yang mampu menjawab perubahan perilaku konsumen, kebutuhan akan efisiensi, serta tuntutan akan kualitas dan keberlanjutan. Peran teknologi dalam pemasaran hortikultura kini tidak lagi bersifat pelengkap, melainkan menjadi kunci utama dalam menciptakan sistem pemasaran yang adaptif dan kompetitif.

Produk hortikultura memiliki karakteristik yang unik: cepat rusak (*perishable*), bersifat musiman, dan seringkali tergantung pada kondisi iklim yang tidak menentu. Oleh karena itu, pemasaran yang lambat, berlapis-lapis, dan tidak terintegrasi berpotensi menimbulkan kerugian besar bagi petani maupun pelaku rantai pasok. Di sinilah teknologi hadir sebagai solusi strategis untuk mempercepat, menyederhanakan, dan mengoptimalkan proses pemasaran hortikultura mulai dari petani hingga ke tangan konsumen akhir.

9.1.2 Perubahan Pola Konsumsi dan Perilaku Pasar

Konsumen modern kini semakin sadar akan kualitas produk, aspek kesehatan, keberlanjutan, serta kemudahan dalam memperoleh barang. Munculnya gaya hidup sehat, urbanisasi, serta meningkatnya penggunaan teknologi digital menyebabkan perubahan signifikan dalam perilaku konsumsi produk hortikultura. Konsumen tidak lagi hanya membeli berdasarkan kebutuhan dasar, tetapi juga mempertimbangkan asal-usul produk (*traceability*), cara produksi (organik atau konvensional), dan dampak lingkungan dari produk yang dikonsumsi.

Di sisi lain, masyarakat perkotaan yang sibuk kini cenderung mengandalkan layanan daring (online) untuk kebutuhan sehari-hari, termasuk dalam membeli sayur-mayur dan buah-buahan. Hal ini menciptakan peluang pasar baru bagi petani dan pelaku usaha hortikultura yang mampu beradaptasi dengan teknologi digital. Dengan kata lain, transformasi digital dalam pemasaran hortikultura bukan hanya tren sesaat, tetapi merupakan kebutuhan mendesak untuk keberlanjutan dan pertumbuhan usaha tani di masa depan.

9.1.3 Teknologi sebagai Jembatan Antara Petani dan Konsumen

Selama bertahun-tahun, salah satu tantangan utama dalam pemasaran hasil hortikultura di Indonesia adalah panjangnya rantai distribusi yang menyebabkan harga produk di tingkat konsumen meningkat drastis, sementara petani justru memperoleh keuntungan yang kecil. Teknologi dapat menjadi jembatan pemutus mata rantai distribusi yang tidak efisien tersebut.

Melalui aplikasi digital, petani kini dapat menjual langsung kepada konsumen atau pengepul besar tanpa perantara. Model *direct-to-consumer* (D2C) ini memungkinkan harga yang lebih kompetitif dan pendapatan yang lebih baik bagi petani. Selain itu, petani juga dapat menerima umpan balik langsung dari pasar mengenai preferensi konsumen, kualitas produk, hingga permintaan kuantitas yang dibutuhkan.

Beberapa aplikasi seperti TaniHub, Sayurbox, dan Agromaret telah membuktikan bahwa teknologi mampu menghadirkan model bisnis yang inklusif, memberdayakan petani kecil, dan sekaligus memberikan nilai tambah pada produk hortikultura lokal. Model ini juga mendukung keberlanjutan karena meminimalkan pemborosan hasil panen yang tidak terserap pasar dan meningkatkan efisiensi logistik.

9.1.4 Meningkatkan Daya Saing Produk Hortikultura

Dalam era perdagangan bebas dan pasar global, produk hortikultura Indonesia dihadapkan pada persaingan yang ketat dari negara-negara lain. Tanpa inovasi dan peningkatan efisiensi, produk dalam negeri akan kalah bersaing baik dari segi harga, kualitas, maupun kecepatan pengiriman. Teknologi dalam pemasaran dapat membantu pelaku usaha hortikultura untuk meningkatkan daya saing, antara lain melalui:

- 1. Digital Branding:** Petani dan pelaku usaha dapat membangun merek produk yang dikenal luas melalui media sosial dan platform digital.
- 2. Sertifikasi dan Traceability Digital:** Memungkinkan konsumen mengetahui asal usul produk, proses budidaya, serta sertifikasi organik atau keamanan pangan yang dimiliki.
- 3. Analisis Pasar Real-Time:** Dengan teknologi informasi, petani dapat mengetahui tren harga, permintaan konsumen, dan melakukan penyesuaian strategi secara cepat.

Daya saing ini tidak hanya penting untuk menghadapi persaingan domestik, tetapi juga untuk membuka akses pasar ekspor yang memerlukan standar kualitas dan ketelusuran produk yang tinggi.

9.1.5 Transformasi Budaya Usaha Tani

Lebih jauh, pemanfaatan teknologi dalam pemasaran hortikultura turut mendorong perubahan paradigma dalam budaya usaha tani. Jika sebelumnya petani hanya berorientasi pada produksi, kini petani juga dituntut menjadi pelaku usaha

yang memahami rantai nilai (*value chain*), strategi pemasaran, serta pemanfaatan teknologi sebagai alat bantu kerja.

Hal ini mengubah peran petani dari sekadar produsen menjadi *agropreneur* atau wirausaha pertanian yang melek teknologi, kreatif, dan adaptif terhadap perubahan pasar. Dukungan pemerintah, perguruan tinggi, dan lembaga swadaya masyarakat sangat dibutuhkan untuk memperkuat kapasitas petani melalui pelatihan, pendampingan, dan akses terhadap teknologi yang sesuai dengan kondisi lokal.

Pemasaran hortikultura yang berbasis teknologi bukan hanya pilihan, tetapi merupakan keharusan untuk menjawab tantangan zaman. Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), platform e-commerce, sistem logistik digital, serta media sosial adalah bagian dari transformasi sistem agribisnis hortikultura yang modern, inklusif, dan berkelanjutan.

Bab ini akan membahas lebih lanjut bagaimana berbagai bentuk teknologi diterapkan dalam pemasaran hortikultura, manfaat yang dihasilkan, tantangan implementasi, hingga contoh sukses dari lapangan. Harapannya, pembaca tidak hanya memahami teori, tetapi juga terinspirasi untuk menerapkan strategi pemasaran berbasis teknologi dalam praktik budidaya hortikultura.

9.2 Jenis Teknologi yang Digunakan dalam Pemasaran Hortikultura

Produk hortikultura seperti sayuran, buah-buahan, bunga, dan tanaman hias memiliki karakteristik mudah rusak dan umur simpan yang pendek. Oleh karena itu, strategi pemasaran yang efisien dan tepat waktu menjadi sangat penting. Teknologi dapat membantu mengatasi tantangan ini dengan cara:

1. Menyediakan informasi pasar secara real-time.
2. Memfasilitasi transaksi digital.
3. Memperluas jangkauan pemasaran secara geografis.
4. Meningkatkan branding dan loyalitas pelanggan.

Pemanfaatan teknologi dalam pemasaran hortikultura telah berkembang secara pesat dalam satu dekade terakhir.

Perkembangan ini tidak hanya didorong oleh kemajuan teknologi informasi, tetapi juga oleh tuntutan pasar yang semakin dinamis, efisien, dan transparan. Berbagai jenis teknologi kini hadir untuk mendukung aktivitas pemasaran hasil hortikultura, mulai dari hulu hingga hilir. Subbab ini akan menguraikan jenis-jenis teknologi utama yang umum digunakan serta peran strategisnya dalam memperkuat posisi petani dan pelaku usaha hortikultura.

1. Platform E-Commerce dan Marketplace Agribisnis

Platform digital seperti **e-commerce** dan **agrimarketplace** menjadi jalur utama penjualan langsung dari petani ke konsumen atau pelaku usaha lainnya seperti restoran, hotel, dan supermarket. Beberapa contoh platform populer di Indonesia yang berfokus pada hasil pertanian adalah:

- a. TaniHub: Menghubungkan petani dengan berbagai pembeli dalam jumlah besar (B2B).
- b. Sayurbox: Menyediakan layanan belanja sayuran dan buah segar kepada konsumen akhir (B2C).
- c. Agromaret: Marketplace yang memungkinkan petani memasarkan produk secara mandiri.

Melalui platform ini, petani dapat mengunggah foto produk, menentukan harga, menjadwalkan pengiriman, dan menerima pembayaran secara digital. Teknologi ini memotong jalur distribusi tradisional, memungkinkan petani mendapat harga yang lebih adil dan mempercepat waktu pemasaran.

2. Media Sosial dan Aplikasi Komunikasi Digital

Media sosial seperti Instagram, Facebook, TikTok, dan aplikasi seperti WhatsApp Business menjadi alat pemasaran yang efektif untuk membangun hubungan dengan pelanggan, membentuk merek dagang (*brand*), serta mempromosikan keunikan produk hortikultura. Beberapa fitur penting meliputi:

- a. Foto dan video interaktif untuk menunjukkan kualitas produk atau proses budidaya.
- b. Fitur “Stories” atau “Live Streaming” untuk memperkenalkan produk baru atau promosi khusus.

- c. Grup pelanggan di WhatsApp atau Telegram yang berfungsi sebagai komunitas pelanggan loyal.

Penggunaan media sosial juga memungkinkan pelaku hortikultura melakukan pemasaran dengan biaya rendah namun jangkauan luas, khususnya di daerah perkotaan yang memiliki tingkat literasi digital tinggi.

3. Aplikasi Manajemen Rantai Pasok (*Supply Chain Management*)

Dalam produk hortikultura yang mudah rusak, efisiensi rantai pasok sangat penting. Aplikasi berbasis teknologi membantu mengelola alur produk mulai dari panen hingga sampai ke tangan konsumen. Beberapa fitur unggulan dari teknologi ini meliputi:

- a. Pelacakan produk secara *real-time* (*tracking*)
- b. Manajemen stok dan pergudangan
- c. Integrasi dengan layanan logistik

Contohnya adalah SAP Agribusiness, FarmLogics, dan ColdHubs, yang menyediakan solusi digital untuk menjaga kualitas dan keamanan produk dalam perjalanan. Teknologi rantai pasok ini juga dapat dilengkapi dengan **sensor suhu dan kelembaban** guna memastikan produk hortikultura tetap segar selama proses pengiriman.

4. Pembayaran Digital (*Digital Payment*)

Teknologi pembayaran digital seperti QRIS, e-wallet (OVO, GoPay, Dana), mobile banking, dan sistem pembayaran langsung melalui aplikasi e-commerce memungkinkan proses transaksi menjadi lebih cepat, aman, dan transparan. Keunggulan dari teknologi pembayaran digital antara lain:

- a. Menghindari transaksi tunai yang rawan kesalahan dan tidak tercatat
- b. Mempercepat proses pembayaran
- c. Memberikan akses ke layanan keuangan bagi petani yang sebelumnya tidak terjangkau perbankan (*financial inclusion*)

Pembayaran digital juga membuka peluang bagi pelaku hortikultura untuk mendapatkan akses permodalan dan investasi berbasis data transaksi yang terdokumentasi.

5. Teknologi *Traceability* dan Sertifikasi Digital

Sistem pelacakan asal-usul produk (*traceability*) berbasis kode QR atau RFID (*Radio Frequency Identification*) memungkinkan konsumen mengetahui informasi lengkap tentang produk hortikultura, seperti:

- a. Asal-usul lokasi produksi
- b. Jenis pupuk dan pestisida yang digunakan
- c. Tanggal panen dan proses pascapanen
- d. Sertifikasi (organik, Global GAP, dll.)

Teknologi ini meningkatkan kepercayaan konsumen dan memperluas peluang ekspor ke negara yang mewajibkan sistem *traceability*, seperti Uni Eropa dan Jepang. Beberapa platform *traceability* berbasis blockchain juga mulai dikembangkan di Indonesia oleh startup agritech dan koperasi tani modern.

6. Teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dan Analisis Data

Penggunaan kecerdasan buatan (AI) dan data analytics dalam pemasaran hortikultura memungkinkan analisis permintaan pasar secara real-time. Beberapa manfaatnya meliputi:

- a. Prediksi tren permintaan dan harga pasar
- b. Segmentasi pelanggan dan personalisasi penawaran
- c. Optimasi jadwal panen dan distribusi berdasarkan permintaan pasar

Sebagai contoh, petani dapat menggunakan aplikasi rekomendasi tanam yang mengintegrasikan data permintaan pasar dengan iklim lokal untuk menyesuaikan jenis tanaman hortikultura yang akan ditanam, sehingga meminimalkan risiko kelebihan pasokan dan penurunan harga.

7. Sistem Manajemen Pelanggan (*Customer Relationship Management/CRM*)

CRM berbasis teknologi membantu petani dan pelaku usaha kecil menengah (UKM) hortikultura dalam membangun hubungan jangka panjang dengan pelanggan. Melalui CRM, pelaku usaha dapat:

- a. Mencatat riwayat pembelian konsumen

- b. Menyusun strategi promosi dan diskon yang tepat sasaran

- c. Mengelola keluhan dan masukan dari pelanggan

Dengan pendekatan berbasis data, teknologi CRM dapat membantu usaha hortikultura mempertahankan loyalitas pelanggan dan meningkatkan *penjualan berulang (repeat orders)*.

8. *Teknologi Internet of Things (IoT)* dalam Distribusi dan Pemasaran

IoT digunakan dalam sistem logistik pintar, seperti sensor dalam kendaraan pengangkut hasil panen untuk memantau suhu, kelembaban, dan getaran. Alat ini membantu menjaga kesegaran produk hingga ke tangan konsumen. Contoh penerapannya:

- a. Smart cooler box untuk buah-buahan

- b. Sensor suhu berbasis cloud pada truk pengangkut sayuran

Teknologi ini sangat penting untuk produk-produk ekspor hortikultura seperti mangga, nanas, dan sayuran daun yang rentan rusak.

Jenis-jenis teknologi dalam pemasaran hortikultura tidak hanya meningkatkan efisiensi dan pendapatan petani, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan, transparansi, dan inklusi digital. Dengan mengintegrasikan berbagai teknologi ini, sistem pemasaran hortikultura di Indonesia dapat menjadi lebih tangguh menghadapi tantangan zaman dan bersaing di pasar global.

Penguasaan terhadap teknologi ini harus dimulai dari tingkat petani hingga ke pelaku usaha dan pemerintah sebagai fasilitator. Pada subbab berikutnya, akan dijelaskan lebih lanjut bagaimana strategi penerapan teknologi ini dapat dilakukan secara efektif dan adaptif di berbagai skala usaha.

9.3 Platform Digital dan E-commerce dalam Pemasaran

Transformasi digital telah menghadirkan berbagai platform yang mendukung pemasaran produk hortikultura, antara lain:

1. *Marketplace Online (e-commerce)*: Seperti Tokopedia, Shopee, dan Bukalapak, yang memungkinkan petani dan pelaku usaha agribisnis menjual langsung ke konsumen.
2. Aplikasi Pertanian Terintegrasi: Misalnya TaniHub, Sayurbox, dan Agromaret, yang menghubungkan petani dengan pembeli akhir maupun pedagang besar.
3. Media Sosial: Instagram, Facebook, dan TikTok digunakan untuk promosi produk hortikultura secara visual dan interaktif.

9.4 Sistem Informasi Pasar Digital

Teknologi informasi memungkinkan ketersediaan data harga, permintaan pasar, dan tren konsumen secara aktual. Beberapa manfaat dari sistem informasi pasar berbasis digital antara lain:

1. Petani dapat menetapkan harga jual secara lebih tepat.
2. Mengurangi ketergantungan pada tengkulak.
3. Mengoptimalkan waktu panen berdasarkan permintaan pasar.
4. Contoh: Sistem Informasi Harga Pangan (Sihati) dari Kementerian Pertanian dapat diakses oleh petani untuk mengetahui harga komoditas di berbagai daerah.

9.5 Teknologi Logistik dan Rantai Pasok

Inovasi dalam logistik dan rantai pasok seperti cold chain (rantai pendingin), tracking GPS, dan aplikasi manajemen distribusi memainkan peran penting dalam menjaga kualitas produk hortikultura. Dengan sistem ini, produk dapat dikirim dalam kondisi segar dan sesuai standar pasar modern.

Contoh:

1. Cold storage portable untuk petani kecil.
2. Sistem pemesanan berbasis aplikasi yang terintegrasi dengan armada pengiriman.

9.6 Internet of Things (IoT) dan Smart Marketing

IoT telah masuk dalam strategi pemasaran hortikultura melalui sensor yang bisa memberikan data kondisi produk selama pengiriman atau penyimpanan. Teknologi ini meningkatkan transparansi dan kepercayaan konsumen terhadap kualitas produk.

Selain itu, Big Data dan *Artificial Intelligence* (AI) juga mulai digunakan dalam menganalisis pola konsumsi, preferensi pasar, dan perilaku pelanggan.

9.7 Branding dan Sertifikasi Digital

Teknologi juga membantu dalam membangun branding produk hortikultura, melalui:

1. **QR Code dan Blockchain:** Memberikan informasi asal-usul produk, proses budidaya, dan keamanan pangan.
2. **Sertifikasi Online:** Seperti organik, GlobalGAP, dan lainnya, yang meningkatkan daya saing di pasar modern.

9.8 Tantangan dan Strategi Pengembangan

Meskipun pemanfaatan teknologi dalam pemasaran menawarkan banyak manfaat, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi:

1. Keterbatasan akses internet di pedesaan.
2. Rendahnya literasi digital petani.
3. Ketimpangan distribusi teknologi antar wilayah.
4. Strategi pengembangan ke depan meliputi:
5. Pelatihan dan pendampingan digital untuk petani.
6. Pengembangan infrastruktur teknologi di daerah pertanian.
7. Kolaborasi antara pemerintah, swasta, dan komunitas petani.

9.9 Studi Kasus: Pemasaran Hortikultura Melalui Platform Digital

Contoh 1: Sayurbox di Jawa Barat

Sayurbox menghubungkan petani hortikultura langsung ke konsumen urban melalui aplikasi mobile. Petani mendapatkan harga lebih baik, sementara konsumen mendapat produk segar.

Contoh 2: TaniHub di Jawa Timur

TaniHub menyediakan sistem pemesanan, pengemasan, dan pengiriman dengan dukungan logistik modern dan cold storage, memudahkan petani menjangkau restoran, hotel, dan supermarket.

9.10 Strategi Penerapan Teknologi dalam Pemasaran Hortikultura

Agar pemanfaatan teknologi dalam pemasaran hortikultura berjalan optimal, diperlukan strategi penerapan yang tepat. Strategi ini harus mempertimbangkan kesiapan petani, kondisi infrastruktur, karakteristik pasar, dan dukungan dari pemangku kepentingan lainnya seperti pemerintah, lembaga keuangan, dan mitra usaha. Strategi penerapan teknologi tidak hanya bertujuan meningkatkan efisiensi dan jangkauan pasar, tetapi juga untuk menciptakan ekosistem agribisnis yang berkelanjutan dan inklusif.

Berikut ini beberapa strategi penting yang dapat diterapkan dalam mendukung pemasaran hortikultura berbasis teknologi:

1. Peningkatan Literasi Digital Petani dan Pelaku Usaha

Salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan teknologi adalah rendahnya literasi digital di kalangan petani hortikultura, terutama di wilayah pedesaan. Oleh karena itu, strategi awal yang harus dilakukan adalah:

- a. **Pelatihan teknis** terkait penggunaan smartphone, aplikasi e-commerce, media sosial, dan sistem pembayaran digital.

- b. **Pendampingan langsung** dari tenaga penyuluh pertanian, mahasiswa KKN, atau komunitas digital desa.
- c. **Pembuatan modul dan tutorial sederhana**, baik dalam bentuk cetak maupun video, yang dapat diakses oleh petani kapan saja.

Meningkatkan literasi digital akan membuka peluang lebih luas bagi petani untuk memasarkan produknya secara langsung dan membangun merek sendiri.

2. **Pembentukan Kelompok Usaha atau Koperasi Digital**

Penerapan teknologi akan lebih efektif jika dilakukan secara kolektif. Salah satu bentuknya adalah membentuk kelompok tani digital atau koperasi berbasis teknologi, yang bertugas:

- a. Mengelola akun e-commerce atau marketplace untuk memasarkan produk anggota.
- b. Menyediakan tenaga admin yang melek digital.
- c. Mewakili kelompok dalam kerja sama dengan platform logistik, keuangan, atau institusi lain.
- d. Memfasilitasi pelatihan rutin bagi anggotanya.

Contoh sukses dapat dilihat pada Koperasi Petani Muda di Sleman yang berhasil menjual sayuran organik ke Jakarta melalui marketplace dan media sosial, dengan manajemen pemasaran dilakukan oleh generasi muda di desa.

3. **Pemilihan Teknologi yang Tepat Guna dan Kontekstual**

Tidak semua teknologi cocok untuk semua kondisi. Oleh karena itu, strategi yang efektif adalah memilih teknologi sesuai dengan:

- a. **Skala usaha:** Petani skala kecil mungkin lebih cocok menggunakan WhatsApp Business atau Instagram, sementara eksportir memerlukan sistem traceability dan IoT.
- b. **Jenis produk:** Sayuran daun yang cepat rusak membutuhkan teknologi logistik dingin dan sistem pemantauan distribusi.
- c. **Wilayah geografis:** Wilayah dengan sinyal internet rendah membutuhkan sistem offline atau hybrid.

Pemilihan teknologi harus mempertimbangkan kebutuhan nyata, biaya, kemudahan penggunaan, dan dampaknya terhadap keberlanjutan usaha.

4. Kemitraan dengan Startup Agritech dan Layanan Pendukung

Petani atau pelaku hortikultura sebaiknya membangun kemitraan strategis dengan startup atau perusahaan penyedia teknologi. Kolaborasi ini bisa berbentuk:

- a. **Pemanfaatan platform pemasaran:** seperti Sayurbox, TaniHub, dan Agriaku.
- b. **Akses pada sistem logistik modern:** seperti layanan pengiriman dingin (*cold chain*).
- c. **Integrasi dengan layanan keuangan digital:** seperti pencatatan transaksi otomatis untuk mengakses pinjaman dari lembaga keuangan.

Contohnya, kemitraan antara startup EdenFarm dengan petani di Jawa Barat memungkinkan petani memperoleh pembeli tetap, pembayaran tepat waktu, dan pelatihan penggunaan aplikasi secara berkala.

5. Dukungan Pemerintah dan Lembaga Pendukung

Peran pemerintah dan lembaga pendukung sangat krusial dalam mempercepat adopsi teknologi. Bentuk dukungan strategis meliputi:

- a. **Pembangunan infrastruktur digital:** jaringan internet desa, pusat data pertanian, dan sistem informasi pasar.
- b. **Subsidi perangkat teknologi:** seperti smartphone, sensor IoT, atau biaya langganan aplikasi.
- c. **Insentif dan bantuan promosi:** berupa pelatihan pemasaran digital, pameran virtual, dan bantuan promosi produk lokal.

Sebagai contoh, program **PETANI MILENIAL** yang digagas beberapa pemerintah daerah telah memberikan pelatihan digital dan akses modal bagi petani muda untuk memasarkan hasil panen secara daring.

6. Peningkatan Kualitas dan Standardisasi Produk

Teknologi pemasaran tidak akan efektif jika kualitas produk hortikultura rendah atau tidak konsisten. Maka dari itu, strategi pemasaran digital harus disertai dengan:

- a. **Penerapan standar mutu** sesuai kebutuhan pasar (misal, grading buah).
- b. **Pengemasan modern** yang ramah lingkungan dan menarik.
- c. **Penyimpanan pascapanen yang tepat** agar produk tetap segar selama proses distribusi.

Dengan kualitas dan penampilan produk yang baik, daya tarik di platform digital akan meningkat, dan konsumen lebih percaya untuk melakukan pembelian secara daring.

7. Monitoring dan Evaluasi Berbasis Data

Strategi penerapan teknologi harus disertai dengan pemantauan dan evaluasi berkala. Data dari platform digital, transaksi penjualan, ulasan pelanggan, serta data cuaca dan panen dapat digunakan untuk:

- a. Mengukur efektivitas strategi pemasaran
- b. Menentukan waktu promosi terbaik
- c. Memperbaiki pelayanan dan respons terhadap permintaan pasar

9.11 Penutup

Pemanfaatan dashboard digital atau aplikasi CRM membantu pelaku hortikultura dalam mengambil keputusan berbasis data, bukan sekadar intuisi.

Penerapan teknologi dalam pemasaran hortikultura bukan sekadar mengganti metode konvensional menjadi digital, tetapi merupakan transformasi sistemik yang menyentuh aspek produksi, distribusi, dan konsumsi. Agar transformasi ini berjalan sukses, diperlukan strategi yang terencana, inklusif, dan adaptif terhadap kondisi lokal. Dukungan dari berbagai pihak — petani, penyuluh, pemerintah, startup, hingga konsumen — akan menentukan keberhasilan pemanfaatan teknologi sebagai pengungkit utama kemajuan sektor hortikultura Indonesia.

Perkembangan teknologi digital telah menghadirkan perubahan mendasar dalam berbagai sektor, termasuk dalam dunia pertanian hortikultura. Teknologi tidak hanya dimanfaatkan dalam proses produksi, tetapi juga memberikan peluang besar dalam proses pemasaran hasil pertanian. Pemasaran hortikultura berbasis teknologi menjadi jawaban atas tantangan klasik dalam distribusi, fluktuasi harga, keterbatasan pasar lokal, serta rendahnya daya saing produk petani.

Beberapa strategi penting yang dapat diterapkan untuk memperkuat pemasaran hortikultura berbasis teknologi antara lain: peningkatan literasi digital petani, pembentukan koperasi digital, pemilihan teknologi yang tepat guna, kemitraan dengan startup agritech, peningkatan mutu dan kemasan produk, serta pemanfaatan data dan evaluasi berbasis sistem digital. Strategi ini harus dijalankan secara sinergis dan berkelanjutan untuk menciptakan ekosistem pemasaran hortikultura yang adaptif terhadap perubahan zaman.

9.12 Kesimpulan

Melalui pemanfaatan media sosial, platform e-commerce, sistem informasi pasar, dan teknologi berbasis data, petani dapat menjangkau konsumen secara langsung, memperpendek rantai distribusi, serta membangun merek produk hortikultura yang berdaya saing tinggi. Namun, keberhasilan adopsi teknologi sangat tergantung pada kesiapan sumber daya manusia, dukungan infrastruktur digital, serta kolaborasi dengan berbagai pemangku kepentingan.

Teknologi telah mengubah wajah pemasaran hortikultura dari sistem konvensional menjadi sistem digital yang lebih efisien dan inklusif. Pemanfaatan teknologi yang tepat dapat membantu petani hortikultura memperluas pasar, meningkatkan pendapatan, dan memperkuat daya saing di era ekonomi digital. Diperlukan sinergi antara pelaku usaha, pemerintah, dan penyedia teknologi untuk memastikan manfaat ini dapat dirasakan secara merata oleh seluruh pelaku sektor hortikultura di Indonesia.

Dengan penerapan teknologi yang tepat, petani hortikultura tidak hanya akan memperoleh akses pasar yang lebih luas, tetapi juga mampu meningkatkan nilai tambah produk, memperkuat ketahanan usaha tani, serta berkontribusi pada pembangunan pertanian yang modern, mandiri, dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, R. (2020). Pemasaran Digital untuk UMKM Agribisnis. Yogyakarta: Deepublish.
- BPS. (2022). Statistik Hortikultura Indonesia 2021. Badan Pusat Statistik.
<https://www.bps.go.id>
- Ghozali, I. (2019). Strategi Pemasaran Produk Hortikultura di Era Digital. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Kementerian Pertanian RI. (2021). Strategi Peningkatan Daya Saing Hortikultura Nasional. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Lestari, D. & Puspitasari, W. (2021). "Peran Teknologi Informasi dalam Peningkatan Akses Pasar Petani Hortikultura di Indonesia." *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 9(2), 87–95.
- Mulyadi, A. (2022). Digitalisasi Pertanian dan Transformasi Usaha Tani di Indonesia. Bandung: Alfabeta.
- Nugroho, H. & Setyawan, R. (2021). "Pemanfaatan E-Commerce dalam Rantai Pemasaran Produk Hortikultura." *Jurnal Inovasi Agribisnis*, 5(1), 22–35.
- Prabowo, H. (2023). Adopsi Teknologi dalam Sistem Agribisnis Hortikultura Berkelanjutan. Bogor: IPB Press.
- Purwanto, Y. (2020). "Strategi Pengembangan Koperasi Digital Petani di Era Revolusi Industri 4.0." *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 4(3), 200–210.
- Sari, T. R. & Wicaksono, A. (2022). "Transformasi Digital UMKM Pertanian: Studi Kasus Sayurbox dan TaniHub." *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), 55–66.
- World Bank. (2021). Digital Agriculture Profiles: Indonesia. The World Bank Group. <https://www.worldbank.org>

BIODATA PENULIS



Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP.

Dosen Program Studi Agroteknologi, Departemen Agronomi
Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

Dr. Silvia Permata Sari, SP., MP. lahir di Kota Padang, Sumatera Barat pada tanggal 21 Mei 1986 sebagai anak pertama dari 5 bersaudara dari Bapak Syofyan Tanjung dan Ibu Kasmawati, S.Pd. Penulis lulus pendidikan SD Negeri 30 Cengkeh tahun 1998, SLTP Negeri 11 Padang tahun 2001, dan SMA Negeri 4 Padang tahun 2004. Pendidikan Sarjana (S1) ditempuh di Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 2004 dan lulus tahun 2008 dengan predikat lulusan terbaik. Penulis mendapatkan beasiswa *Fast Track* Magister (S2) di Universitas Andalas tahun 2008 dan lulus dengan predikat Cumlaude (Dengan Pujian) tahun 2010. Lulus pendidikan Magister, penulis lulus PNS sebagai dosen Fakultas Pertanian, Universitas Andalas pada tahun 2010. Pada tahun 2012, penulis mewakili Indonesia dalam kegiatan pengembangan Gandum Tropis ke Slovakia, Eropa Timur. Tahun 2013-2018, penulis mendapatkan beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri dari Kemeristek Dikti untuk pendidikan Doktor (S3) pada Program Studi Entomologi di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan IPK 3,76. Kemudian tahun 2018, penulis kembali menempuh pendidikan Doktor pada program studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas dan lulus pada tahun 2022 dengan IPK 3,97 pada usia 36 tahun. Penulis juga aktif mengikuti berbagai kegiatan, mulai dari mengajar perkuliahan, penelitian, pengabdian kepada masyarakat, mengikuti seminar

nasional dan internasional, menulis jurnal nasional dan internasional terindeks Scopus, Chief editor di jurnal nasional, reviewer jurnal nasional dan jurnal internasional, serta menulis buku dan artikel di media massa nasional maupun internasional.

BIODATA PENULIS



Murdaningsih, SP.MP.

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Flores

Ketertarikan penulis terhadap Pertanian dimulai pada tahun 1988 yang mendorong penulis memilih melanjutkan jenjang pendidikan pada SPP-SPMA Daerah Madiun yang lulus pada tahun 1991. Kemudian melanjutkan pendidikan ke Sekolah Tinggi Pertanian Tribhuwana Malang dan berhasil menyelesaikan studi S1 di Prodi Agronomi pada tahun 1996. Kemudian, penulis menyelesaikan studi S2 di Prodi Ilmu Tanaman pada Pasca Sarjana Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2002.

Penulis berkarir sebagai Dosen pada Fakultas Pertanian - Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang sejak tahun 1997 – 2008, selanjutnya menjadi Dosen pada Prodi Agroteknologi - Universitas Flores sejak tahun 2009 – sekarang, dan memiliki kepakaran dibidang Pertanian dan Perkebunan, dalam menunjang karir sebagai dosen profesional, maka penulis pun aktif melakukan penelitian dan pengabdian masyarakat serta menulis buku dengan harapan dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dan berhadap dapat memberikan kontribusi positif bagi masyarakat secara umum.

Email Penulis: murdaningsih11@gmail.com

BIODATA PENULIS



Josina Irene Brigetha Hutubessy,SP.,M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Flores

Penulis lahir di Ambon tanggal 26 April 1976. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Flores. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Budidaya Fakultas Pertanian Universitas Papua dan melanjutkan S2 pada Jurusan Lingkungan Universitas Udayana.

BIODATA PENULIS



Husainah Yusuf, SP.,M.Si

Dosen DPK Universitas Gunung Leuser Aceh

Husainah Yusuf, SP.,M.Si dilahirkan di Pulonas, Kabupaten Aceh Tenggara tahun 1974. Sarjana strata satu ditamatkan di Universitas Amir Hamza Medan jurusan Budi Daya Pertanian, tahun 2009. Strata dua (S2) ditamatkan di Universitas Medan Area Medan pada tahun 2014 Jurusan Magister Agri Bisnis. Saat ini ditugaskan sebagai Dosen DPK di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Gunung Leuser Aceh.

BIODATA PENULIS



Trisday Yiin Parari, SP., M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Papua

Penulis lahir di Toraja tanggal 01 Mei 1997. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SDN 6 Rantebua, Toraja Utara dan lulus pada tahun 2008, kemudian melanjutkan pendidikan ke tingkat menengah pertama di SMPN 1 Sangalla, Tana Toraja dan selesai pada tahun 2011, kemudian melanjutkan pendidikan lebih lanjut di SMA Negeri 2 Rantepao, Toraja Utara dan lulus pada tahun 2014. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Agroteknologi di Universitas Kristen Indonesia Toraja pada tahun 2019 dan melanjutkan S2 pada Jurusan yang sama yakni Agroteknologi di Universitas Hasanuddin, Makassar dan lulus pada tahun 2022. Pada saat ini penulis aktif bekerja sebagai Dosen tetap pada Program Studi Agroteknologi, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Papua dengan bidang keahlian Agroteknologi, Agronomi dan Pemuliaan Tanaman Konvensional.

BIODATA PENULIS



Ir. Eliyani, M. Si

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Banjarmasin tanggal 12 Maret 1963. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Agronomi di Universitas Mulawarman dan S2 pada Program Studi Agronomi (Fisiologi Tanaman) di Institut Pertanian Bogor.

BIODATA PENULIS



Reza Zulfahmi, S.P., M.Si.

Dosen Program Studi Hortikultura
Jurusan Budidaya Tanaman Hortikultura Politeknik Negeri
Lampung

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 16 Januari 1991. Saat ini, penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Hortikultura, Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Lampung. Ketertarikan penulis dalam bidang pertanian, khususnya hortikultura dan pemuliaan tanaman, telah tumbuh sejak masa studi sarjana. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Pemuliaan Tanaman, dan melanjutkan pendidikan Strata 2 (S2) pada Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman. Sebagai akademisi dan peneliti, penulis aktif dalam kegiatan tridharma perguruan tinggi, khususnya dalam pengajaran, penelitian, dan pengabdian kepada masyarakat. Fokus penelitian penulis meliputi peningkatan produktivitas tanaman hortikultura melalui pendekatan pemuliaan konvensional dan molekuler, serta pengembangan teknologi pertanian ramah lingkungan yang mendukung ketahanan pangan lokal.

BIODATA PENULIS



CP/WA : Roosganda Elizabeth / 087770881581;
E-mail : roosimanru@yahoo.com
Google Scholar : roosimanru@yahoo.com ;
roosimanru@gmail.com
Orcid : 0000-0003-4937-9739
SCOPUS ID : 57218892768
SINTA ID : 6671403

Penulis berkarya nyata sebagai seorang peneliti ASN – di Lembaga Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) di bidang Pemberdayaan dan Inovasi Kompetensi SDM, Kelembagaan, Sosial Ekonomi Manajemen Bisnis dan Agribisnis, Ekonomi Khusus, Kerakyatan dan Kreatif, Pengabdian Masyarakat, Founder Start Up, Dewan Komisaris Perkebunan Swasta Nasional, Mitra Bestari, Reviewer, dan Editor anggota Tim Dewan Redaksi dan Editorial Board beberapa publikasi dan jurnal. **Penulis** seorang fungsionalis dan pengurus aktif di beberapa organisasi dan profesi ilmiah. Aktif menulis karya tulis ilmiah (KTI) dan populer yang riil dan telah menghasilkan sekitar 300 KTI di publikasi internasional dan nasional bereputasi tinggi, sedang dan menengah. Ber-orientasi sektor publik, menyelaraskan keberpihakan dan pendampingan. Pembimbing Mahasiswa agar mampu menyelesaikan tugas akhir, skripsi, tesis, desertasi yang berkualitas dan sempurna dan segera mampu memanfaatkan keilmuannya di masyarakat dan lingkungan luas dengan kompetensi, qualified, dan nilai jual tinggi dan bertanggungjawab serta ber-ahlak, ber-attitude, menjunjung tinggi

dan komit melaksanakan etika dan norma empati, simpati dan toleransi dalam bermasyarakat yang majemuk dan beragam, untuk mampu menuliskan, mendiseminasikan, mensosialisasikan hasil karya nyata mereka kepada masyarakat luas (nasional dan internasional) melalui karya tulis, artikel, deskripsi dan statement ilmiah dan populer yang kompeten, bertanggungjawab dan bermanfaat tinggi dan luas. -.-