



Teknik Budidaya Sayuran Organik Dengan Sistem Plant Factory

Amir Hamzah, Ninin Khoirunnisa', Rizki Alfian, Wahyu Fikrinda, I Made Indra Agastya



Amir Hamzah
Ninin Khoirunnisa'
Rizki Alfian
Wahyu Fikrinda
I Made Indra Agastya

**TEKNIK BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK
DENGAN SISTEM PLANT FACTORY**



Penerbit Forind

TEKNIK BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK DENGAN SISTEM PLANT FACTORY

Copyright©:

Amir Hamzah, Ninin Khoirunnisa', Rizki Alfian,
Wahyu Fikrinda, I Made Indra Agastya

ISBN: 978-623-99722-4-0

Editor: Mohamad Nurul

Cover & Layout: Tim Forind

Diterbitkan oleh Forind
Jl. Raya Tlogomas 05 No. 24 Tlogomas
Malang Jawa Timur

TEKNIK BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK
DENGAN SISTEM PLANT FACTORY

Malang: Forind, 2023

15,5 x 23 cm

viii + 50 hlm

Cetakan Pertama Januari 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak buku ini sebagian atau seluruhnya, dalam bentuk dan dengan cara apa pun juga, baik secara mekanis maupun elektronik, termasuk fotokopi, rekaman, dan lain-lain tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA PENULIS

Pertama-tama Penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT. atas berkat dan pertolongan-Nya sehingga buku ini dapat terselesaikan. Buku ini disusun atas dasar pengalaman Penulis selama menjadi Dosen pada Fakultas Pertanian. Dengan segala kelebihan dan keterbatasan Penulis, buku ini dimaksudkan untuk membantu mahasiswa dalam memahami teori dan mempraktikkan ilmu pengetahuan yang diperoleh. Buku ini kemudian Penulis beri judul “Teknik Budidaya Sayuran Organik Dengan Sistem *Plant Factory*”.

Buku ini digunakan sebagai panduan untuk kegiatan belajar dalam mengembangkan kompetensi budidaya sayuran organik. Buku ajar ini terdiri dari materi Pertanian Organik, Aplikasi *Plant Factory* dalam Sistem Pertanian Terpadu. Harapan kami agar mahasiswa dapat mengaplikasikan teori yang didapat dalam pembelajaran di kelas, selanjutnya mengaplikasikannya dalam praktik laboratorium. Hasil akhirnya diharapkan mahasiswa dapat mengaplikasikan budidaya sayuran organik dengan *system plant factory*, dengan demikian mahasiswa akan dapat menyelesaikan segala permasalahan di sektor pertanian dengan menggunakan teknologi tepat guna.

Buku ini disusun atas 4 materi utama. Bagian pertama, Pertanian Organik yaitu tentang teknik budidaya pertanian yang mengandalkan bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia sintesis serta bagaimana peluang pengembangan pertanian organik di Indonesia. Bagian Kedua, Budidaya Sayuran organik yang lebih spesifik membahas tentang Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L), Tanaman

Kailan (*Brassica oleraceae* var. *ochepala*), Tanaman Bayam (*Amaranthus Spp*). Pada bagian ketiga, buku ini membahas tentang sistem *plant factory* yaitu sistem produksi tanaman yang terisolasi dari lingkungan luar. Pada bagian keempat, buku ini membahas tentang Pertanian Terpadu yaitu praktek pertanian yang mengintegrasikan pengelolaan tanaman dan ternak dalam satu kesatuan yang utuh.

Penyusun menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan buku ajar ini, sehingga saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan. Semoga buku ajar ini banyak memberikan manfaat bagi dunia Pertanian.

Malang, Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA PENULIS	v
DAFTAR ISI.....	v
Bagian 1 : PENDAHULUAN	1
Peluang Pertanian Organik Di Indonesia	5
Bagian 2 : BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK	7
A. Tanaman Sawi (<i>Brassica Juncea</i> L)	7
B. Tanaman Kailan (<i>Brassica Oleraceae</i> Var. <i>Ochepala</i>)	11
Bagian 3 : PLANT FACTORY	21
A. Kelebihan Dan Kekurangan <i>Plant Factory</i>	22
B. <i>Plant Factory</i> Dengan Sumber Pencahayaan Matahari	23
C. <i>Plant factory</i> Dengan Sumber Pencahayaan Matahari Dan Lampu Pelengkap.....	25
D. <i>Plant factory</i> Dengan Pencahayaan Buatan (<i>Fully Artificial Light</i>)	26
E. <i>Plant Factory</i> Berdasarkan Sistem Penanaman	30
F. Pemanfaatan <i>Plant Factory</i> Untuk Indonesia	32
G. Faktor Yang Menentukan Keberhasilan Dalam Menjalankan <i>Plant Factory</i>	33
Bagian 4 : KAWASAN SISTEM PERTANIAN TERPADU	36
A. Langkah-Langkah Dalam Perancangan Pertanian Terpadu.....	37
B. Penetapan Lokasi dan Penilaian Potensi Lahan	37

C. Penetapan Komoditas	38
D. Model Sistem Pertanian Terpadu	39
DAFTAR PUSTAKA	43
TENTANG PENULIS	47

Amir Hamzah, Ninin Khoirunnisa', Rizki Alfian,
Wahyu Fikrinda, I Made Indra Agastya

**TEKNIK BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK
DENGAN SISTEM PLANT FACTORY**

SELAMAT MEMBACA...!!!

PENDAHULUAN

Pertanian organik adalah teknik budidaya pertanian yang mengandalkan bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia sintetis. Tujuan utama pertanian organik adalah menyediakan produk pertanian, terutama bahan pangan yang aman bagi kesehatan produsen dan konsumennya serta tidak merusak lingkungan. Gaya hidup sehat demikian telah melembaga secara internasional mensyaratkan jaminan bahwa produk pertanian harus beratribut aman dikonsumsi, kandungan nutrisi yang tinggi dan ramah lingkungan. Pangan yang sehat dan bergizi tinggi ini dapat diproduksi dengan sistem pertanian organik (Mayrowani, 2012).

Penerapan sistem pertanian organik belum sepenuhnya mendominasi pertanian di Indonesia namun dengan demikian sudah berkembang secara baik, dimana masyarakat sadar akan pentingnya sayuran organik terhadap kesehatan (Yurlisa dan Susanti 2018). Kesadaran masyarakat tersebut memicu permintaan sayuran organik dan penambahan luas lahan yang semakin meningkat. Peningkatan total luas lahan pertanian organik berkisar 39,4% dari mulai tahun 2016 ke tahun selanjutnya yaitu 2017 dan di tahun 2017 ke 2018 sekitar 17,3%, total luas lahan pertanian organik di tahun 2018 sebanyak 251.630,98 ha (SPOI, 2019). Manfaat dari pertanian organik yaitu menghindari penggunaan bahan kimia sintetis dan

memanfaatkan limbah kegiatan pertanian seperti kotoran ternak dan jerami sebagai pupuk kompos.

Budidaya tanaman organik merupakan teknik budidaya yang aman, lestari, mensejahterakan petani dan konsumen. Budidaya organik dan anorganik memiliki perbedaan baik dari aspek *input* maupun *output* produksinya. Pada budidaya organik olah tanah bersifat minimum, pupuk yang digunakan merupakan sumber makanan untuk tanaman dan tanah, menggunakan pestisida hayati yang terbuat dari bahan alami dan berorientasi ekonomi dan ekologi, serta jangka panjang, sedangkan pada budidaya anorganik olah tanahnya bersifat intensif, pupuk yang digunakan pupuk kimia merupakan bahan sintesis yang bukan alami, menggunakan pestisida kimia seperti insektisida, herbisida, dan rodentisida, serta berorientasi produk dan jangka pendek.

Budidaya tanaman organik memberikan manfaat seperti menghasilkan makanan yang cukup aman dan bergizi sehingga meningkatkan kesehatan masyarakat dan sekaligus daya saing produk agribisnis, meningkatkan pendapatan petani, menciptakan lingkungan yang aman dan sehat bagi petan, meminimalkan semua bentuk populasi yang dihasilkan dari kegiatan pertanian, meningkatkan dan menjaga produktivitas lahan pertanian dalam jangka panjang, menciptakan lapangan kerja baru dan keharmonisan kehidupan sosial di pedesaan (Parwata, 2019).

Menurut Parwata, (2019) Sesuai dengan definisi dan tujuan dari pelaksanaan pertanian organik, maka dalam pengelolaan pertanian organik harus memperhatikan prinsip-prinsip sebagai berikut:

1. Prinsip kesehatan: pertanian organik harus melestarikan dan meningkatkan kesehatan tanah, tanaman, hewan dan manusia serta Bumi sebagai satu kesatuan yang tak terpisahkan.
2. Prinsip ekologi: pertanian organik harus didasarkan pada sistem dan siklus ekologi kehidupan, bekerja, meniru dan berusaha memelihara sistem dan siklus ekologi kehidupan. Prinsip ekologi meletakkan pertanian organik dalam sistem ekologi kehidupan, dimana produksi didasarkan atas proses dan daur ulang ekologis. Siklus ini bersifat universal tetapi dalam operasionalnya bersifat lokal spesifik.
3. Prinsip keadilan: pertanian organik harus membangun hubungan yang mampu menjamin keadilan terkait dengan lingkungan dan kesempatan hidup bersama.
4. Prinsip perlindungan: pertanian organik harus dikelola secara hati-hati dan bertanggung jawab untuk melindungi kesehatan dan kesejahteraan generasi sekarang dan mendatang serta lingkungan hidup.

Filosofi pertanian organik sesungguhnya merupakan himbauan moral untuk berbuat kebajikan pada lingkungan sumber daya alam dalam melakukan praktek pertanian dengan mempertimbangkan 3 (tiga) aspek, yaitu:

1. Aspek Ekonomi

Dalam sistem pertanian organik, selalu mempertimbangkan efisiensi terhadap penggunaan sumber daya, efisiensi terhadap penggunaan bahan *input* eksternal, meminimalkan biaya pengobatan dan meningkatkan pendapatan/nilai tambah.

2. Aspek Ekologi

Dalam usahatani organik, selalu diupayakan semaksimal mungkin memanfaatkan *input* lokal, meminimalkan polusi dari proses kegiatan produksi, memperbaiki tekstur dan kesuburan tanah, menyeimbangkan keanekaragaman biologi, mengedepankan usahatani berkelanjutan, konservasi sumber daya alam dan berupaya menjaga keseimbangan ekosistem.

3. Aspek Sosial

Dalam usahatani organik selalu berupaya meningkatkan kepercayaan yang lebih baik terhadap lingkungan, penghargaan terhadap budaya lokal, pemenuhan kebutuhan produk yang sehat dan aman dikonsumsi, mengutamakan lingkungan kerja yang aman dan sehat serta menjaga keharmonisan sosial di pedesaan (Perwata, 2019).

Menurut Charina *et al.*, (2018) sistem pertanian organik mempunyai tujuh keunggulan dan keutamaan sebagai berikut:

1. Orisinal. Sistem pertanian lebih mengandalkan keaslian atau orisinalitas sistem budidaya tanaman atau hewan dengan menghindari rekayasa genetika ataupun introduksi teknologi yang tidak selaras alam. Intervensi budidaya manusia terhadap tanaman atau hewan tetap mengikuti kaidah-kaidah alamiah yang selaras, serasi, dan seimbang.
2. Rasional. Sistem pertanian organik berbasis rasionalitas bahwa hukum keseimbangan alamiah adalah ciptaan Tuhan yang paling sempurna. Nilai-nilai rasionalitas harus digunakan secara seimbang

- dengan sistem nilai agama, etika, estetika, yang menempatkan manusia sebagai makhluk mulia.
3. Global. Saat ini, sistem pertanian organik menjadi isu global dan mendapatkan respons serius di kalangan masyarakat pertanian, terutama di negara-negara maju dimana masyarakat sudah sangat sadar bahwa pertanian ramah lingkungan menjadi faktor penentu kesehatan manusia dan kesinambungan lingkungan.
 4. Aman. Sistem pertanian organik menempatkan keamanan produk pertanian, baik bagi kesehatan manusia ataupun bagi lingkungan, sebagai pertimbangan utama.
 5. Netral. Sistem pertanian organik tidak menciptakan ketergantungan atau bersifat netral sehingga tidak memihak pada salah satu bagian ataupun pelaku dalam sistem agroekosistem.
 6. Internal. Sistem pertanian organik selalu berupaya mendayagunakan potensi sumber daya alam internal secara intensif. Artinya, introduksi *input-input* pertanian dari luar ekosistem pertanian sedapat mungkin dihindari untuk mengurangi terjadinya disharmoni siklus agroekosistem yang sudah berlangsung lama dan terkendali.
 7. Kontinuitas. Sistem pertanian organik tidak berorientasi jangka pendek, tetapi lebih pada pertimbangan jangka panjang untuk menjamin keberlangsungan jutaan kehidupan, baik untuk generasi sekarang ataupun yang akan datang.

Peluang Pertanian Organik Di Indonesia

Indonesia memiliki potensi cukup besar bersaing di pasar internasional walaupun secara bertahap. Hal ini karena berbagai

keunggulan komparatif, antara lain: (1) masih banyak sumber daya lahan yang dapat dibuka untuk mengembangkan sistem pertanian organik, dan (2) teknologi untuk mendukung pertanian organik sudah cukup tersedia seperti pembuatan kompos, tanam tanpa olah tanah, pestisida hayati dan lain-lain. Pengembangan selanjutnya pertanian organik di Indonesia harus ditujukan untuk memenuhi permintaan pasar global. Oleh sebab itu komoditi eksotik seperti sayuran dan perkebunan seperti kopi dan teh organik yang memiliki potensi ekspor cukup cerah perlu segera dikembangkan.

Produk kopi misalnya, Indonesia merupakan pengekspor terbesar kedua setelah Brasil, tetapi di pasar internasional kopi Indonesia tidak memiliki merek dagang. Pengembangan pertanian organik di Indonesia belum memerlukan struktur kelembagaan baru, karena sistem ini hampir sama dengan pertanian intensif saat ini. Kelembagaan petani seperti kelompok tani, koperasi, asosiasi atau korporasi masih sangat relevan. Namun yang paling penting lembaga tani tersebut harus dapat memperkuat posisi tawar (*bergaining position*) petani.

BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK

A. Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L*)

1) Klasifikasi Tanaman Sawi

Sawi (*Brassica juncea L*) masih satu famili dengan kubis, broccoli, dan lobak atau rades, yakni *family cruciferae (bassicaceae)* oleh karena itu sifat morfologis tanamannya hampir sama, terutama pada sistem perakaran, struktur batang, bunga, buah maupun bijinya (Wahyudi, 2010). Menurut Haryanto *et al*, (2013), mengatakan bahwa tanaman sawi hijau dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a) Kindom : *Plantae*
- b) Subkingdom : *Tracheobionta*
- c) Super divisi : *Spermatophyta*
- d) Divisi : *Magnoliophyta*
- e) Kelas : *Magnoliopsida*
- f) Sub kelas : *Dilleniidae*
- g) Ordo : *Capparales*
- h) Family : *Brassicaceae*
- i) Genus : *Brassica*
- j) Spesies : *Brassica chinensis L*

Sawi termasuk ke dalam kelompok tanaman sayuran daun yang mengandung zat-zat gizi lengkap yang memenuhi syarat untuk kebutuhan gizi masyarakat, sawi bisa dikonsumsi dalam bentuk

mentah sebagai lalapan maupun dalam bentuk olahan dalam berbagai bentuk masakan, selain itu berguna untuk pengobatan berbagai macam penyakit, contoh dapat menyembuhkan sakit kepala, bahan pembersih darah, memperbaiki fungsi ginjal serta memperbaiki dan memperlancar pencernaan (Wahyudi, 2010).

Tanaman sawi memiliki akar serabut yang tumbuh dan berkembang secara menyebar ke semua arah di sekitar permukaan tanah, perakarannya sangat dangkal pada kedalaman sekitar 5 cm. Tanaman sawi tidak memiliki akar tunggang. Perakaran tanaman sawi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di tanah yang gembur, subur, tanah mudah menyerap air dan kedalaman tanah cukup dalam. Batang sawi pendek sekali dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan, batang ini berfungsi sebagai penopang daun (Rukmana, 2011).

Daun tanaman sawi berbentuk bulat dan lonjong, lebar dan sempit, ada yang berkerut-kerut (keriting), tidak berbulu, berwarna hijau muda, hijau keputih-putihan, sampai hijau tua. Daun memiliki tangkai daun panjang dan pendek, sempit atau lebar berwarna putih sampai hijau, bersifat kuat dan halus. Pelepah daun tersusun saling membungkus dengan pelepah-pelepah daun yang lebih muda tetapi tetap membuka. Daun memiliki tulang-tulang daun yang menyirip dan bercabang-cabang. Sawi berdaun lonjong, halus, tidak berbulu dan tidak berkrop. Secara umum pola pertumbuhan daunnya ber-serak sehingga sukar membentuk krop (Sunarjono, 2014).

Tanaman sawi umumnya mudah berbunga secara alami, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah, struktur bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga yang tumbuh memanjang (tinggi)

dan bercabang banyak, tiap kuntum bunga terdiri atas empat helai daun kelopak, empat helai daun mahkota bunga berwarna kuning cerah, empat helai benang sari, dan satu buah putik yang berongga dua (Rukmana, 2011). Buah sawi termasuk tipe buah polong, yakni bentuknya memanjang dan berongga, tiap buah (polong) berisi 2-8 biji. Biji sawi berbentuk bulat, berukuran kecil, permukaannya licin dan mengkilap, agak keras dan berwarna coklat kehitaman.

2) Syarat Tumbuh Tanaman sawi

Sawi dapat tumbuh di dataran rendah sampai dataran tinggi. Persyaratan tumbuh bagi jenis komoditi ini tidak terlalu sulit. Sawi dapat tumbuh dan beradaptasi baik hampir di semua jenis tanah baik pada tanah-tanah mineral yang bertekstur ringan sampai liat berat maupun tanah organik seperti tanah gambut. pH tanah yang optimal untuk budidaya caisim berkisar antara 6-6,5 dan temperatur yang optimum bagi pertumbuhan caisim 15-200C (Sompotan, 2013).

Sawi caisim bukan merupakan tanaman asli Indonesia, akan tetapi keadaan alam Indonesia dengan iklim, cuaca serta keadaan dan sifat tanah memungkinkan untuk dikembangkan dengan baik. Tanaman sawi dapat tumbuh di tempat yang berhawa panas maupun hawa dingin, tetapi dapat tumbuh baik dengan iklim yang kering pada suhu 15-200C dan kepanjangan 5-1200 mdpl (Nurshanti, 2009). Daerah penanaman yang cocok untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah mulai dari ketinggian 5-1200 mdpl. Namun, biasanya tanaman ini dibudidayakan di daerah yang berketinggian 100-500 mdpl. Sebagian daerah-daerah di Indonesia memenuhi syarat ketinggian tersebut (Haryanto *et al.*, 2013).

Tanaman dapat melakukan fotosintesis dengan baik memerlukan energi yang cukup, cahaya matahari merupakan sumber energi yang diperlukan tanaman untuk proses fotosintesis. Energi kinetik matahari yang optimal yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan produksi berkisar antara 350-400 cal/cm² setiap hari, tanaman sawi memerlukan cahaya matahari tinggi (Cahyono, 2003).

a) Iklim

Kondisi iklim yang dikehendaki untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah daerah yang mempunyai suhu malam hari 15,60C dan siang harinya 21,10C serta penyinaran matahari antara 10-13 jam/hari. Meskipun demikian, beberapa varietas sawi yang tahan (toleran) terhadap suhu panas, dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah yang suhunya antara 270-320C (Rukmana, 2011).

Kelembaban udara yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman sawi yang optimal berkisar antara 80-90%, tanaman sawi tergolong tanaman yang tahan terhadap hujan, sehingga penanaman pada musim hujan masih bisa memberikan hasil yang cukup baik, curah hujan yang sesuai untuk pembudidayaan tanaman sawi adalah 1000-1500 mm/tahun. Daerah yang memiliki curah hujan sekitar 1000-1500 mm/tahun dapat dijumpai di dataran tinggi pada ketinggian 1000-1500 mdpl, akan tetapi tanaman sawi tidak tahan terhadap air yang menggenang (Wahyudi, 2010).

b) Tanah

Tanah yang cocok untuk ditanami sawi adalah tanah yang gembur, banyak mengandung humus, subur serta pembuangan air baik.

Derajat kemasaman (pH) tanah yang optimal untuk pertumbuhannya adalah antara pH 5-7 (Haryanto, *et al.*, 2013). Tanaman sawi dapat ditanam pada berbagai jenis tanah, namun paling baik adalah jenis tanah lempung berpasir seperti andosol. Pada tanah-tanah yang mengandung liat perlu pengolahan tanah secara sempurna, antara lain pengolahan tanah yang cukup dalam, penambahan pasir dan pupuk organik dalam jumlah (dosis) tinggi. Sifat biologis tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman sawi adalah tanah yang banyak mengandung bahan organik (humus) dan bermacam-macam unsur hara yang berguna untuk pertumbuhan tanaman, serta pada tanah terdapat jasad renik tanah atau organisme tanah pengurai bahan organik sehingga dengan demikian sifat biologis tanah yang baik akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Wahyudi, 2010).

B. Tanaman Kailan (*Brassica Oleraceae* Var. *Ochepala*)

1) Morfologi Tanaman Kailan

Kailan (*Brassica oleracea*) merupakan jenis sayuran dari famili kubis yang dikonsumsi adalah daun dan batangnya yang masih muda serta banyak mengandung vitamin dan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Narulova (2021), Tanaman Kailan layak untuk dikembangkan karena umur panen relatif pendek yakni umur 35-45 hari setelah tanam (hst). Samadi (2013) mengatakan bahwa sayuran kailan ini memiliki klasifikasi sebagai berikut: *kingdom: Plantae, divisi: Spermatophyta, kelas: Dicotyledoneae, ordo: Papaverales, famili: Cruciferae (Brassicaceae), genus: Brassica, spesies: Brassica oleraceae var. alboglabra.*

Sayuran dari *familli brassica* ini mempunyai daunnya yang berukuran cukup tebal, datar mengkilap, teksturnya keras, memiliki warna hijau kebiruan serta memiliki letak yang berselang namun batangnya mirip dengan kembang kol (Widaryanto *et al.*, 2003). Kailan memiliki bunga berwarna putih dan terdapat pada ujung batang, kepala bunganya berukuran kecil serta hampir mirip dengan bunga brokoli. Bunga kailan menyembul dari bagian ujung batang, bunga kailan juga merupakan bunga sempurna yakni terdapat enam benang sari dan berada di lingkarannya yang di bagian dalam, sisa bunganya terdapat di lingkaran bagian luarnya (Sunarjono, 2004).

Tanaman kailan sendiri memiliki sistem perakaran tunggang dan serabut, akar tunggang tumbuh luruh menembus tanah sampai kedalaman sekitar 40 cm atau lebih. Sedangkan akar serabutnya tumbuh menyebar (menjalar ke samping dan menembus tanah dangkal pada kedalaman sekitar 25 cm atau lebih. Akar tanaman berwarna keputih-putihan, menyerap zat-zat hara yang diperlukan tanaman dan untuk memperkokoh berdirinya tanaman. (Samadi, 2013). Batang tanaman kailan pada umumnya memiliki cukup pendek dan banyak mengandung air (*Herbaceous*). Di sekeliling batang hingga titik tumbuh terdapat tangkai daun yang bertangkai pendek. Batang kailan merupakan batang sejati, tidak keras, tegak dan beruas-ruas. Batang kailan memiliki diameter 4 cm dan berwarna hijau muda. Permukaan batang halus, pada ruas batang tempat tumbuhnya daun-daun mengalami penebalan (Samdi, 2013).

Tanaman kailan umumnya berdaun rimbun dan letak daunnya berselang-seling mengelilingi batang tanaman. Daun berbentuk bulat panjang dengan ujung meruncing dan tulang daun menyirip.

Warna daun hijau tua. Daun tebal, ada yang berkerut (tergantung pada tipenya). Permukaan daun halus dan tidak berbulu. Ukuran daun besar dan lebar dengan tangkai panjang. Warna tangkai daun tersebut hijau tua (Samadi, 2013). Tanaman kailan memiliki bunga dan bunga tersebut akan menjadi buah dan menghasilkan biji. Warna bunga kailan yaitu putih dan tumbuh lebat dalam satu rangkaian. Bunga tersebut tumbuh dari pucuk-pucuk tanaman, dan tangkai bunganya panjang. Bunga kailan berjenis kelamin dua. Bunga kailan yang telah mengalami penyerbukan akan menghasilkan buah dan biji-biji (Samadi, 2013). Buah kailan berbentuk polong dan di dalamnya, berisi banyak biji yang berukuran sangat kecil. Biji kailan berbentuk bulat, berbulu, bersifat agak keras, dan warnanya hitam. Biji pada kailan tergolong biji tertutup (berada dalam buah) dan berbelah dua. Biji berfungsi untuk memperbanyak tanaman (perkembangbiakan tanaman) (Samadi, 2013).

2) Syarat Tumbuh Tanaman Kailan

Tanaman kailan dapat tumbuh dengan baik memiliki beberapa persyaratan yang harus dipenuhi diantaranya, kondisi geografis: tanaman diproduksi sepanjang tahun baik musim dingin maupun penghujan. Kailan juga dapat tumbuh pada dataran rendah, menengah maupun dataran tinggi hingga ketinggian 300 – 1900 m di atas permukaan laut (Samadi, 2013). Iklim: tanaman dapat tumbuh jika curah hujan yang dikehendaki tanaman ini yaitu 1000 – 1500 mm/tahun, suhu berkisar antara 15-25°C, kelembapan udara 80-90% serta cukup mendapat sinar matahari. Kailan membutuhkan media yang bertekstur gembur, subur dan banyak mengandung

bahan organik dengan PH antara 5,5 - 6,5. Kailan tumbuh di semua jenis tanah, baik tanah yang bertekstur ringan maupun tanah yang bertekstur berat (Sinaga, 2014).

3) Manfaat Tanaman Kailan

Tanaman kailan adalah salah satu jenis sayuran daun, dimana rasanya enak serta mempunyai kandungan gizi yang dibutuhkan tubuh manusia, seperti protein, mineral dan vitamin. Kandungan gizi dalam 100 gram Kailan yang dikonsumsi sehari-hari mengandung serat, vitamin A, vitamin B, vitamin C, serta Fe yang dibutuhkan oleh tubuh. Manfaat lain dari Kailan yaitu untuk mencegah terjadinya sakit sariawan, dan untuk memperlancar buang air besar. Tanaman ini memiliki rasa yang enak serta memiliki kandungan gizi yang baik untuk tubuh manusia. Vitamin A yang dapat mencegah gangguan pada mata. Vitamin B dapat mengobati biri-biri, radang syaraf dan lemah otot-otot. Vitamin C dapat mencegah terjadinya penyakit sariawan. Vitamin C terdapat pada daun-daun yang dekat dengan titik tumbuh (Pracaya, 2003).

Kailan merupakan sayuran yang juga bermanfaat sehingga digunakan dalam terapi berbagai macam penyakit, misalnya untuk memperbaiki dan memperlancar pencernaan makanan, mengobati prostat dan kandung kencing, memperkuat gigi, mencegah kanker paru-paru dan jenis kanker lainnya karena kailan banyak mengandung karotenoid atau senyawa anti kanker. Oleh karena itu kailan termasuk sayuran daun yang memiliki nilai ekonomi tinggi (Narullova, 2021).

4) Teknik Budidaya Tanaman Kailan Secara Organik

a) Persiapan lahan

Lahan yang akan ditanami kailan dibersihkan dari gulma dan sisa tanaman dari periode tanam sebelumnya, lahan dicangkul secara manual atau menggunakan alat mekanik guna mengemburkan lapisan top soil dan sub soil juga sekaligus mengembalikan kesuburan tanah. Setelah tanah diolah, kemudian dilakukan pemupukan dasar dengan memberikan pupuk bokashi. Selanjutnya pembentukan bedengan dengan ukuran panjang bedengan 5,3 m, lebar bedengan 100 cm, tinggi bedengan 20 cm, dan lebar got/parit 30 cm.

b) Penanaman

Sebelum di tanam, bedengan di siram atau di aplikasikan dengan pupuk hayati yaitu PGPR dan Biokonversi agar dapat membunuh mikroorganisme beracun dalam tanah dan meningkatkan kesuburan tanah. Selanjutnya bedengan disiram dengan air bersih hingga basah sebelum ditanam. Tanaman kailan di tanam secara langsung menggunakan benih. Penanaman diawali dengan membuat lubang tanam dengan jarak 20 x 20 cm, setiap lubang tanam hanya di isi dua benih dalam satu bedengan terdapat empat baris tanaman. Terakhir, melakukan penyiraman atau pengairan secara rutin untuk mempercepat tanaman beradaptasi dengan lingkungannya yang baru.

c) Pemeliharaan

1. Penyulaman: Penyulaman Dapat dilakukan apabila ada tanaman yang mati atau terkena hama dan penyakit

tanaman. Penyulaman dengan tujuan untuk menggantikan tanaman yang mati.

2. **Penyiangan:** penyiangan dilakukan terhadap gulma yang tumbuh subur di sekitaran tanaman budidaya. Hal ini bertujuan untuk membersihkan rumput atau gulma di sekitar tanaman kailan termasuk yang tumbuh di selokan, agar tidak terjadi persaingan unsur hara. Penyiangan dilakukan secara manual.
3. **Pemupukan:** pemupukan merupakan suatu langkah yang penting dalam memberikan nutrisi terhadap tanaman. Pupuk yang digunakan adalah pupuk hayati berupa *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan Biokonversi. Kedua bahan ini aplikasikan sebelum dan sesudah tanam. Penggunaan pupuk hayati ini dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata.
4. **Penyiraman:** Penyiraman tanaman dilakukan secara manual yaitu menggunakan gembor. Tanaman dapat disiram apabila kondisi tanaman yang kering dan di sesuaikan dengan kelembapan tanah
5. **Pengendalian hama dan penyakit**
Dalam budidaya tanaman salah satu faktor memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah hama dan penyakit. Penyebab munculnya hama dan penyakit pada tanaman datang dari berbagai faktor, mulai dari faktor lingkungan maupun faktor budidaya. Hama yang muncul pada tanaman kailan adalah kutu daun dan *Leaf Miner* (*Liriomyza* sp.)

6. Panen dan pasca panen

Panen tanaman kailan dilakukan pada umur 35 hst. Ciri-ciri tanaman yang siap dipanen ialah tanaman belum berbunga dan bebas dari hama penyakit. Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut seluruh bagian tanaman dari tanah dan di cuci dengan air bersih. Setelah itu tanaman langsung di pasarkan.

5) Tanaman Bayam *Amaranthus SPP*

Budidaya bayam efektif dilakukan hingga ketinggian 100 mdpl. Di Indonesia terdapat dua jenis tanaman bayam (*Amaranthus Spp.*) yang biasa dibudidayakan para petani. Pertama, jenis tanaman bayam cabut yang terdiri dari bayam hijau dan bayam merah. Cirinya, lebar daun relatif kecil, untuk jenis bayam hijau warnanya hijau terang agak keputih-putihan, untuk bayam merah warnanya merah hati cenderung gelap. Jenis kedua, bayam yang berdaun lebar atau bayam raja. Warna daunnya hijau tua cenderung keabu-abuan, tumbuh berdiri tegak. Cara panennya bisa dicabut atau dipotong. Secara metode, budidaya bayam organik mempunyai perlakuan sama dengan budidaya non-organik, perbedaannya pada pemberian jenis pupuk. Sedangkan untuk pengendalian hama, petani biasa menanganinya dengan memperbaiki kesehatan tanaman seperti pemberian pupuk, pengairan dan menjaga kebersihan kebun.

Budidaya bayam lebih efektif dilakukan tanpa tahapan persemaian terlebih dahulu. Hal yang perlu diperhatikan adalah tanaman

bayam memerlukan cahaya matahari penuh. Suhu ideal berkisar antara 16-20°C, dengan kelembaban udara antara yang sedang.

a) Penyiapan Benih Bayam

Benih untuk budidaya bayam disiapkan melalui perbanyakan biji. Benih diambil dari tanaman bayam yang dipelihara hingga tua berumur sekitar 3 bulan. Apabila tanaman masih muda sudah diambil bijinya, daya simpan benih tidak lama dan tingkat perkecambahan rendah. Benih bayam yang baik bisa disimpan hingga umur satu tahun. Benih bayam tidak memerlukan masa dorman. Jadi, benih yang baru dipanen sebenarnya sudah siap untuk langsung ditanam. Kebutuhan benih untuk budidaya bayam adalah 5-10 kg per hektar, sangat tergantung pada keterampilan menebar.

b) Pengolahan Lahan Budidaya Bayam Organik

Pertama-tama haluskan tanah dan buat bedengan. Lebar bedengan satu meter dan tinggi 20-30 cm sedangkan panjangnya mengikuti kondisi lahan. Jarak antar bedengan 30 cm. Sebaiknya bedengan membujur dari timur-barat untuk mendapatkan pencahayaan yang maksimal. Budidaya bayam sensitif dengan keasaman tanah. Apabila derajat keasaman tanah rendah pH kurang dari enam sebaiknya netralkan dengan kapur atau dolomit sebanyak 2-3 ton per hektar. Apabila pH lebih dari 7 netralkan dengan belerang. Tebarkan pupuk kandang, paling baik kotoran ayam, sebanyak 10 ton per hektar lalu diamkan selama 2-3 hari. Kotoran ayam merupakan pupuk kandang yang sangat kaya dengan nitrogen yang sangat dibutuhkan tanaman bayam dan jenis sayuran daun lainnya.

c) Penebaran Benih Bayam

Benih bayam sangat kecil, dalam budidaya bayam biasanya benih ditebar dengan tangan atau saringan. Usahakan benih menyebar dengan baik. Kepadatan tebar benih adalah 0,5-1 gram per meter persegi. Agar penebaran benih merata, kita juga bisa mencampurkan benih dengan tanah atau kompos lalu ditebar di atas bedengan. Berikut ini gambar benih bayam:

d) Perawatan Budidaya Bayam

Perawatan yang paling penting dalam budidaya bayam adalah pengaturan air, terutama saat awal benih ditebar. Lakukan penyiraman dua kali sehari saat musim kemarau. Jaga selalu kelembaban tanah hingga bayam berkecambah. Setelah bayam-bayam berkecambah, siangi gulma atau rumput yang tumbuh bersama kecambah bayam. Gulma akan berebut nutrisi dengan tanaman bayam. Berikut beberapa hama dan penyakit yang kerap menyerang budidaya bayam, yaitu ulat daun, kutu daun, tungau, busuk basah dan karat putih. Penanganannya adalah dengan menjaga kesehatan tanaman dengan penyiraman teratur. Jika sudah melewati ambang ekonomis yakni dengan penggunaan pestisida hayati, untuk pencegahan lakukan budidaya tanaman sehat, mencegah timbulnya jamur dan mempertinggi kekebalan tanaman Menginjak usia tanaman dua minggu, apabila daun terlihat menguning, berikan pemupukan tambahan. Pemupukan tambahan bisa menggunakan kompos atau kotoran ayam yang telah matang. Atur pemupukan sehemat mungkin untuk menjaga budidaya bayam tetap ekonomis.

e) Panen Dan Pasca Panen

Budidaya bayam bisa dipanen mulai 20 hari setelah tanam atau tinggi tanaman sekitar 20 cm. Dengan pencabutan rata-rata panen yang dihasilkan dalam satu hektar adalah 20 ton. Sedangkan pada budidaya bayam potong biasanya dipanen pada umur 1-1,5 bulan dengan interval pemeriksaan seminggu sekali. Setelah dipanen cuci dan sortir tanaman. Sebelum dikirim, bayam diikat dengan bilah bambu, setiap 50 ikatan digabungkan dalam satu gabung. Simpan hasil panen budidaya bayam di tempat teduh karena bayam termasuk tanaman yang cepat layu.

PLANT FACTORY

Plant factory adalah sistem produksi tanaman yang terisolasi dari lingkungan luar, sehingga lampu buatan (*fluorescent*) populer digunakan sebagai cahaya buatan untuk tanaman. Akan tetapi lampu *fluorescent* memiliki spektrum cahaya yang masih tergolong panjang dan beberapa dari spektrum itu tidak dibutuhkan untuk fotosintesis tanaman (Shimizu *et. al.*, 2011). Pada tumbuhan tingkat tinggi, hanya warna jingga, biru dan merah yang paling efektif dalam proses terjadinya fotosintesis karena memiliki nilai panjang gelombang efektif (Fried dan Hademenos, 1999).

LED (*Light Emitting Diode*) menawarkan beberapa keuntungan seperti spektrum cahaya yang kecil, konsumsi daya yang rendah, dan produksi panas yang sedikit. Sehingga tanaman akan ditumbuhkan di laboratorium di bawah 3 lampu buatan yaitu, *fluorescent*, LED merah dan LED biru (Kobayashi *et. al.*, 2013). Beberapa *plant factory* skala besar sudah menawarkan sistem pencahayaan LED dan sistem irigasi secara presisi, sehingga *plant factory* tersebut mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman dan mengurangi kebutuhan air dan energi (Hendrawan *et. al.*, 2014).

Konsep teknologi *plant factory*. Konsep dari *plant factory* yakni membuat suatu fasilitas yang memungkinkan membentuk suatu lingkungan yang baik bagi pertumbuhan tanaman dan lingkungan tersebut mudah dikontrol serta diatur. Semua faktor pertumbuhan

seperti cahaya, kadar karbon dioksida, suhu, kelembaban, air serta nutrisi diatur dengan gabungan teknologi sehingga selalu tersedia bagi pertumbuhan tanaman yang baik (Kwon *et al.*, 2013). Sistem standar pada *plant factory* adalah kontrol suhu dan kelembaban, wadah kultur hidroponik, pengaturan larutan unsur hara (suhu larutan, konduktivitas listrik, pH, dan oksigen terlarut), konsentrasi CO₂, dan pengaturan pencahayaan (Yamori *et al.*, 2014). Seluruh sistem standar tersebut dilakukan secara otomatis dengan diperlukannya pemantauan untuk penyesuaian kondisi lingkungan berdasarkan kondisi tanaman.

A. Kelebihan Dan Kekurangan *Plant Factory*

Berdasarkan Yamori *et al* (2014) *plant factory* mempunyai beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu:

1) Kelebihan *plant factory*

- Mampu memproduksi sepanjang tahun tanpa dibatasi musim
- Mampu menghasilkan produksi dan frekuensi panen yang lebih tinggi
- Aplikasi dapat dilakukan di seluruh tempat dengan memerlukan luasan yang relatif kecil
- Sistem ini dapat lebih efisien dengan dikombinasikan dengan vertikultur
- Pengaturan kualitas produksi dapat dilakukan seperti ukuran dan bentuk produk
- Kandungan nutrisi dalam suatu produk dapat mencapai maksimal
- Produk yang lebih sehat dan terbebas dari penggunaan pestisida

- Berpotensi untuk memproduksi dan mengembangkan tanaman transgenik tanpa khawatir adanya kerusakan ataupun *gen flow*
- Daya tahan produk yang lebih tinggi
- Hambatan kegiatan budidaya tanaman lebih rendah karena kegiatan dilakukan dalam ruangan tertutup
- Keamanan tanaman oleh faktor eksternal lebih terjamin
- Mengurangi kebutuhan air yang lebih
- Tidak memerlukan banyak pekerja sehingga biaya produksi dapat ditekan

2) Kekurangan *plant factory*

- Memerlukan biaya yang lebih tinggi baik dari segi konstruksi, fasilitas pengaturan ruangan, *system controlling*, dan lain-lain.
- Memerlukan energi yang lebih tinggi untuk memenuhi seluruh kebutuhan tanaman
- Memerlukan keterampilan khusus untuk mengoperasikan *plant factory*
- Jenis tanaman yang dapat ditanam di *plant factory* lebih terbatas
- Memerlukan perawatan yang intensif seperti pengaturan lingkungan, kandungan nutrisi dalam hidroponik, polinasi, dan lain-lain
- Sterilisasi lingkungan dan alat dari OPT harus diperhatikan

B. *Plant Factory* Dengan Sumber Pencahayaan Matahari

Plant factory ini pada dasarnya merupakan teknologi *greenhouse* atau rumah kaca. Namun *plant factory* jenis ini dapat dikatakan

sebagai bentuk pengembangan *greenhouse* karena dikembangkan fasilitas seperti pengatur konsentrasi karbon dioksida, *thermal screen*, kipas, serta *heat pump* yang mengatur komponen kadar karbon dioksida, kelembaban, dan suhu di dalam konstruksi. Pada *plant factory* ini, sumber pencahayaan bagi pertumbuhan tanaman bersumber dari cahaya matahari.

Pada *plant factory* ini juga umumnya digunakan teknologi hidroponik untuk menunjang keseimbangan nutrisi bagi tanaman. Konstruksi dari *plant factory* jenis ini umumnya tidak tertutup, melainkan terdapat jalur masuk dan keluarnya udara untuk mengalirkan suhu yang terlampau tinggi di dalam konstruksi. Adanya ventilasi udara dapat menimbulkan adanya resiko serangan organisme pengganggu tanaman yang masuk melalui ventilasi tersebut (Yamori *et al.*, 2014). Adapun penggunaan ventilasi yang digabungkan dengan kipas (*fan*) dapat mengatasi resiko masuknya organisme pengganggu, namun hal ini tentunya akan menambah biaya konstruksi (Karlsson, 2014).

Kelebihan dari *plant factory* jenis ini yakni biaya operasional yang relatif lebih murah karena sumber pencahayaan hanya bergantung pada sinar matahari. Di negara yang memiliki musim dingin, biaya operasional umumnya didominasi oleh biaya penggunaan pemanas yakni berkontribusi sebesar 65-85% dari total biaya untuk setiap tahunnya (Runkle dan Both, 2011). Hal ini mengingat fungsi dari konstruksi ini untuk tetap mengusahakan produksi tanaman terus berlangsung setiap tahun termasuk pada musim dingin. Pengaruh faktor lingkungan dari luar terhadap lingkungan di dalam konstruksi dapat diminimalisir dengan adanya teknologi

buatan sehingga per-tumbuhan tanaman dapat tetap optimal. Selain itu, *plant factory* jenis ini cocok digunakan pada produksi tanaman dengan segala organ target. Hal ini mengingat intensitas cahaya yang diterima dari matahari cukup tinggi untuk digunakan tanaman seperti tomat atau tanaman lainnya. Adapun dalam pemanfaatan lahan, pada produksi tanaman dengan organ target buah umumnya ditanam secara datar (flat) (Kazuya *et al.*, 2016). Pada produksi sayuran, pemanfaatan teknologi hidroponik secara bertingkat (vertikultur) dapat meningkatkan kapasitas tanaman dalam satuan luas lahan (Anda dan Shear, 2017).

Meskipun, begitu kekurangan yang dari jenis *plant factory* ini yakni kesesuaian pada lingkungan yang terbatas terkait pada lama dan intensitas pencahayaan dalam suatu kondisi. Dalam kondisi seperti musim hujan atau musim dingin bersalju, lama dan intensitas pencahayaan menjadi lemah dan memungkinkan produksi tanaman terhenti pada saat itu (Yamori *et al.*, 2014).

C. *Plant factory* Dengan Sumber Pencahayaan Matahari Dan Lampu Pelengkap

Plant factory jenis ini memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber pencahayaan bagi tanaman. Namun pada saat musim hujan atau musim dingin bersalju, lama dan intensitas cahaya menjadi berkurang dan dapat menimbulkan kondisi yang tidak menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Sistem *plant factory* ini dilengkapi dengan cahaya tambahan yang berasal dari lampu sodium atau lampu LED dengan tujuan untuk pengaturan cahaya yang lebih lanjut Ketika sumber cahaya matahari tidak ada sehingga

terjadinya pengaturan pembungaan pada tanaman. Sehingga dapat dikatakan bahwa sumber cahaya bagi tanaman bisa berasal dari cahaya matahari atau pun lampu dengan pencahayaan buatan. Sehingga *plant factory* ini mampu mengatur lama dan intensitas cahaya yang diperlukan dan disesuaikan dengan kondisi lingkungan di luar konstruksi. Secara bentuk konstruksi, *plant factory* ini serupa sehingga memiliki kelemahan yang tidak berbeda dengan jenis *plant factory* yang hanya bergantung pada matahari (Yamori et al., 2014).

D. *Plant factory* Dengan Pencahayaan Buatan (*Fully Artificial Light*)

Plant factory ini memanfaatkan lampu *fluorescent* atau LED sebagai sumber energi cahaya bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, semua komponen faktor pertumbuhan tanaman seperti suhu, kelembaban, kadar karbon dioksida, serta nutrisi tanaman ditunjang oleh teknologi buatan yang mampu disesuaikan dengan syarat tumbuh tanaman. Sehingga produksi tanaman dapat mencapai nilai maksimum baik dari segi kualitas dan kuantitas. Kondisi konstruksi *plant factory* ini tertutup sehingga sangat kecil kemungkinan adanya pengaruh lingkungan luar terhadap lingkungan di dalam *plant factory*. Hal ini menjadikan kelebihan *plant factory* jenis ini yakni memungkinkan untuk dibangun di tempat yang pada dasarnya tidak dapat ditanam komoditas tertentu karena kondisi yang ekstrim seperti lingkungan bersalju atau lingkungan yang sangat kering (Yamori et al., 2014).

Lingkungan tertutup pada *plant factory* jenis ini memberikan dampak yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi

lingkungan di luar gedung *plant factory* akan sedikit atau bahkan tidak akan mempengaruhi lingkungan tumbuh tanaman dalam gedung. Selain itu resiko adanya kerusakan tanaman akibat serangan organisme pengganggu tanaman dapat diminimalisir. Hal ini akan membuat penggunaan pestisida tidak ada atau hanya dalam batas penggunaan yang sangat kecil. Pada akhirnya produk yang dihasilkan tentu bersih dari kontaminasi biologi maupun bahan kimia. Menurut Kozai (2013), produk yang dihasilkan dari *plant factory* jenis ini terbilang aman karena resiko kontaminasi bakteri pada produk dapat ditekan di kisaran di bawah 300 CFU g⁻¹, sehingga produk sangat mungkin dikonsumsi langsung.

Kondisi yang tertutup menjadikan lingkungan produksi bisa dikatakan minim sirkulasi udara, hal ini mengingat lingkungan dibuat agar menunjang pada pertumbuhan tanaman yang optimal. Dalam kondisi tertutup dan adanya pengaturan konsentrasi karbon dioksida di dalam ruangan, konsentrasi karbon dioksida dibuat lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi karbon dioksida di luar gedung *plant factory*. Umumnya konsentrasi karbon dioksida dalam ruangan harus dibuat tinggi yakni di kisaran 1600-2000 ppm atau 4-5 kali lebih tinggi dari lingkungan di luar gedung (Kozai, 2013).

Hal ini tentunya perlu diperhatikan terkait dengan kondisi ruangan yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja saat melaksanakan operasional produksi. Konsentrasi karbon dioksida yang tinggi dapat menimbulkan resiko kesehatan bagi pekerja. Menurut Robertson (2006), karbon dioksida pada level konsentrasi 500 ppm dalam ruangan dapat mempengaruhi pH darah manusia menjadi lebih asam dan tentunya dapat mengganggu fungsi tubuh.

Pada jenis *plant factory* dengan menggunakan teknologi pencahayaan buatan dalam ruangan yang tertutup, pertumbuhan tanaman hanya bergantung pada pencahayaan buatan. Mengingat cahaya merupakan komponen yang krusial bagi pertumbuhan tanaman. Dalam skala komersial, pemanfaatan *plant factory* jenis ini cocok digunakan dalam memproduksi komoditas tanaman yang menghendaki pertumbuhan optimal pada intensitas cahaya yang rendah (Kozai, 2013). Tanaman yang umumnya cocok diproduksi pada jenis *plant factory* ini yakni tanaman yang memiliki organ target daun seperti *lettuce*, bayam, dan sayuran daun lainnya. Umumnya sayuran daun ini membutuhkan intensitas cahaya pada kisaran $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Sehingga dapat dikatakan produksi tanaman dengan *plant factory* jenis ini masih terbatas pada tanaman dengan organ target daun. Meskipun begitu, penggunaan lampu dengan intensitas cahaya tinggi masih dimungkinkan untuk memproduksi tanaman yang membutuhkan kebutuhan cahaya dengan intensitas tinggi seperti padi ($800\text{-}1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Yamori *et al.*, 2014).

Namun hal ini akan berbanding lurus dengan semakin besarnya biaya operasional penggunaan lampu intensitas cahaya tinggi. Menurut Kozai (2013) menjadikan produk seperti padi memiliki nilai ekonomi yang rendah dan tidak seimbang dengan modal yang dikeluarkan. Pada akhirnya produksi tanaman akan tidak menguntungkan lagi bagi tujuan komersial. Pada sistem ini, hasil produksi yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan sistem lain dan frekuensi pemanenan yang lebih tinggi karena cahaya akan terus tersedia jika dibandingkan dengan pencahayaan dengan matahari.

Pada sistem pencahayaan *plant factory* ini dapat diaplikasikan pada berbagai tempat baik iklim tropis ataupun sub tropis. Hal ini dikarenakan penggunaan sistem ini tidak terlalu berpengaruh dengan kondisi iklim luar. Negara Jepang telah mengaplikasikan *plant factory* dengan pencahayaan artifisial untuk penanaman sayuran berdaun dengan volume penjualan tahunan per unit luas lahan sebesar 100 kali lipat dibandingkan dengan penanaman di lapangan terbuka.

Penggunaan lampu sebagai sumber cahaya buatan, menjadikan produksi tanaman khususnya pada sayuran daun yang memiliki tinggi tanaman sekitar 30 cm atau kurang dapat direkayasa terkait penggunaan lahan produksi. Penempatan sayuran dibuat bertumpuk dengan jarak antar tumpukan sekitar 40 cm dengan berbagai tingkatan tumpukan. Pemberian jarak pada tiap tumpukan ditujukan untuk memberikan ruang udara bagi pertumbuhan tanaman. Dengan penempatan bertumpuk ini, penggunaan lahan produksi pada *plant factory* jenis ini lebih efektif jika dibandingkan dengan jenis *plant factory* lain yang umumnya penggunaan lahannya bertipe datar terkait sumber pencahayaan dari matahari.

Dibandingkan dengan jenis *plant factory* yang lain, pemanfaatan *plant factory* ini relatif menghabiskan biaya yang lebih besar dilihat baik dari biaya konstruksi bangunan, biaya pengadaan fasilitas penunjang lingkungan optimal bagi tanaman, ataupun pada biaya operasional selama memproduksi tanaman. Hal ini karena semua komponen faktor pertumbuhan tanaman ditunjang oleh teknologi buatan (Kazuya et al., 2016). Kozai (2007) mengatakan bahwa operasional lampu sebagai pencahayaan buatan berkontribusi

sebesar 80% dalam konsumsi total listrik. Serta penggunaan listrik menghabiskan sekitar 25-30% dari total biaya produksi (Kozai et al., 2015). Hal ini tentunya menjadikan biaya operasional bagi *plant factory* jenis ini relatif lebih mahal dibandingkan pada jenis *plant factory* yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber cahaya bagi tanaman.

E. Plant Factory Berdasarkan Sistem Penanaman

1) *Multistage Type*

Tipe penyusunan tanaman ini dilakukan dengan sistem vertikultur bertingkat dengan jumlah tingkatan antara 2 hingga 8. Sistem ini dilengkapi dengan lampu artificial berupa lampu *fluorescent* dan LED pada setiap tingkatannya untuk memberikan pencahayaan yang seragam. Kelebihan dalam tipe *plant factory* ini adalah mampu mengefisiensikan suatu lahan dengan jumlah penanaman yang maksimal. Akan tetapi, sistem ini memerlukan energi yang lebih tinggi dikarenakan memerlukan lampu serta pengedar larutan sejalan dengan jumlah tingkatan yang digunakan.

2) *House Type*

Tipe penyusunan penanaman ini biasa digunakan untuk perumahan yang memiliki lahan kosong atau ruangan yang terbatas. Tipe *plant factory* ini memiliki ukuran yang kecil dan menggunakan sistem vertikultur dengan jumlah tingkatan 3 sampai 4 untuk tanaman sayuran daun dan 1 tingkat untuk tanaman buah sayur. Keuntungan dari tipe ini adalah mampu diaplikasikan dalam tempat yang kecil dan sebagai solusi

dalam mengelola area kecil yang tak terpakai di perumahan. Kekurangan pada sistem ini adalah luasan penanaman yang relatif sempit.

3) *Flat Type*

Tipe penyusunan penanaman ini memiliki ciri dengan area penanaman yang dibentuk lebar dengan arah penanaman horizontal (tidak ditingkat). Pencahayaan pada tipe ini memanfaatkan cahaya artifisial dari lampu HID. Keuntungan dari tipe *plant factory* ini adalah ruang tumbuh tanaman yang lebih lebar serta monitoring tanaman yang lebih mudah. Kekurangan dari tipe ini adalah jumlah penanaman yang lebih sedikit dalam suatu area.

4) *Container Type*

Tipe *plant factory* ini dirancang dalam suatu *container* yang telah dilengkapi dengan seluruh pengaturan ruangan seperti sumber cahaya artifisial, pengaturan suhu, dan lain – lain. Kelebihan dari sistem ini adalah *plant factory* yang bersifat *mobile* atau dapat dipindahkan serta dibawa ke dalam kendaraan seperti truk.

5) *Nursery Plant factory*

Tipe *plant factory* ini berperan sebagai ruangan perawatan seperti pembibitan, perawatan bibit, perawatan aklimatisasi, dan penyimpanan cadangan bibit tanaman. Penyusunan penanaman dalam tipe ini berupa vertikultur atau bertingkat yang dilengkapi dengan sumber cahaya artifisial seperti lampu *fluorescent*, LED, dan CCF dan dilengkapi dengan pengaturan suhu dan *blowing system*.

F. Pemanfaatan *Plant Factory* Untuk Indonesia

Kondisi iklim di Indonesia dalam keadaan ekstrim dan sulit diprediksi sehingga dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pemanfaatan teknologi *plant factory* di Indonesia untuk budidaya tanaman sayuran bertujuan untuk menghindari serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), gangguan faktor iklim, minimalisir penggunaan pestisida, serta penggunaan lahan yang tidak terpakai atau tidak dapat ditanami tanaman seperti lahan bekas limbah, pertambangan, ataupun gedung – gedung sehingga luasan penanaman akan meningkat. Selain itu, kondisi lingkungan penanaman yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dapat meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. *Plant factory* memiliki berbagai jenis pencahayaan dan sistem penanaman sehingga memerlukan penyesuaian antara jenis *plant factory* yang digunakan dan kondisi lingkungan serta jenis tanaman.

Indonesia memiliki lingkungan dengan ketersediaan cahaya matahari yang melimpah setiap tahunnya. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, jenis *plant factory* yang baik digunakan berdasarkan tipe pencahayaan adalah *plant factory* dengan pencahayaan matahari. Metode ini memerlukan biaya dan energi yang lebih sedikit dibandingkan tipe lainnya dengan kendala berupa kondisi matahari yang berubah seperti adanya awan dapat memengaruhi pencahayaan. Untuk mengatasi hal tersebut dapat menggunakan tipe pencahayaan semi artifisial untuk memberikan bantuan cahaya ketika kondisi cahaya matahari yang mengalami

gangguan meskipun memerlukan biaya dan energi tambahan untuk tipe tersebut.

Tipe *plant factory* yang baik digunakan berdasarkan tipe sistem penanaman ditentukan berdasarkan tinggi suatu tanaman yang akan ditanam. Untuk tanaman yang memiliki tinggi rendah seperti pakcoy dapat menggunakan sistem multistage yang mampu menghasilkan kuantitas yang lebih banyak dibandingkan tipe lain. Penanaman tanaman yang tinggi di *plant factory* disarankan menggunakan tipe sistem penanaman flat karena dapat memberikan ruang tumbuh yang baik untuk tanaman meskipun kuantitas yang dihasilkan lebih rendah dan luasan lahan yang lebih besar.

G. Faktor Yang Menentukan Keberhasilan Dalam Menjalankan *Plant Factory*

Keberhasilan dalam menjalankan *plant factory* ditentukan oleh beberapa hal yang harus dipenuhi berdasarkan Yamori *et al* (2014), antara lain:

1) Modal yang memadai

Dalam menjalankan *plant factory*, modal atau dana yang diperlukan cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan seperti keperluan tanaman, peralatan dalam pengaturan ruangan, pengaturan *controlling system*, energi yang dikeluarkan hingga biaya *maintenance* jika terjadi gangguan. Gangguan yang terjadi pada salah satu komponen dalam *plant factory* dapat beresiko terjadi gangguan pada hasil bahkan kegagalan dalam kegiatan penanaman tanaman dalam *plant factory*.

2) Penentuan tipe *plant factory* yang sesuai

Tipe *plant factory* yang digunakan ditentukan berdasarkan tanaman yang akan dipilih, kondisi lingkungan penanaman, luasan lahan, serta modal atau dana. Penggunaan *plant factory* dengan tipe pencahayaan dengan cahaya matahari akan lebih cocok dilakukan pada lingkungan yang beriklim tropis karena cahaya matahari tersedia sepanjang tahun, sedangkan tipe pencahayaan artifisial dapat diaplikasikan di berbagai tempat tetapi tanaman yang ditanam terbatas seperti sayuran daun. Luasan lahan atau ruangan dapat menentukan tipe *plant factory* berdasarkan penyusunan penanaman.

3) Kondisi lingkungan tumbuh

Kondisi iklim mikro dalam *plant factory* harus disesuaikan dengan komoditas yang ditanam. Pengaturan kondisi lingkungan harus mempertimbangkan pencahayaan (intensitas cahaya, panjang gelombang, dan panjang hari), kelembaban, suhu, dan konsentrasi CO₂ yang mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

4) Optimalisasi kondisi unsur hara

Kondisi unsur hara dalam hidroponik perlu diperhatikan secara rutin dengan melakukan monitoring konduktivitas listrik, tingkat keasaman, tingkat kepekatan unsur hara, dan lain – lain. Formulasi unsur hara yang diaplikasikan dilakukan berdasarkan komoditas yang dipilih serta target produk yang ingin dihasilkan yang sesuai dengan kebutuhan pasar.

5) Sterilitas lingkungan dan peralatan

Sterilitas lingkungan dan peralatan perlu diperhatikan agar tidak adanya sumber penyakit yang terbawa ke dalam *plant factory*.

Hama atau penyakit yang berhasil masuk dan menyebar pada penanaman dalam *plant factory* dapat memicu kegagalan yang cukup tinggi.

6) Pekerja yang memiliki keahlian

Faktor keahlian yang dimiliki pekerja sangat menentukan keberhasilan dalam menjalankan *plant factory* tersebut. Hal ini disebabkan kegiatan – kegiatan dalam *plant factory* relatif cukup sulit dan rumit serta banyaknya perangkat yang mudah rusak. Keahlian para pekerja diharapkan mampu mengoperasikan seluruh peralatan yang terdapat dalam *plant factory*.

KAWASAN SISTEM PERTANIAN TERPADU

Sistem pertanian terpadu merupakan komponen yang sangat penting dan sentral di dalam konsep *ecovillage*. Karena di dalam sistem pertanian terpadu praktek pertanian yang ramah lingkungan sangat dikedepankan. Salah satu syarat dalam pelaksanaan pertanian terpadu adalah harus secara ekologi dapat diterima dan meminimumkan limbah (*zero waste*). *Ecovillage* juga mempunyai prinsip ekologis. Jadi antara pertanian terpadu dan *ecovillage* mempunyai prinsip yang sama. Pertanian terpadu adalah praktek pertanian yang mengintegrasikan pengelolaan tanaman, ternak dan ikan dalam satu kesatuan yang utuh. Antara ketiga jenis usaha tersebut (tanaman, ternak, ikan) harus terdapat aliran energi biomasa. Tanaman menghasilkan produk samping berupa hijauan yang dapat digunakan sebagai pakan ternak dan pakan ikan. Kotoran ternak dimanfaatkan untuk memupuk tanaman dan sebagai pakan ikan.

Sedangkan kotoran ikan dapat digunakan untuk memupuk tanaman. *Ecovillage* pada prinsipnya adalah mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia di suatu desa *village*. Jika sumber daya internal masih belum mencukupi baru diperkenankan menambahnya dari luar. Demikian juga dengan ketersediaan *input* dari satu komponen untuk mensuplai komponen lain di dalam pertanian terpadu. semaksimal mungkin memanfaatkan *input* dari

dalam sistem. Apabila dianggap masih kurang. Input tersebut bisa ditambah dari luar sistem.

A. Langkah-Langkah Dalam Perancangan Pertanian Terpadu

LEISA, *low external input and sustainable agriculture* (pertanian berkelanjutan yang bermasukan eksternal rendah), merupakan salah satu sistem pertanian terpadu unggulan masa depan yang dapat mengurangi kelemahan-kelemahan yang dimiliki oleh pertanian konvensional. Sistem pertanian yang ramah lingkungan ini dapat dipandang sebagai sistem pertanian menuju sistem pertanian organik.

Keberlanjutan sistem LEISA lebih cepat dicapai jika komoditi tersebut merupakan komoditi lokal setempat. Oleh karena itu sistem LEISA merupakan sistem pertanian yang spesifik lokasi yang keberlanjutannya dapat dicapai oleh berbagai agroekosistem yang berbeda komponennya.

B. Penetapan Lokasi dan Penilaian Potensi Lahan

Ketercukupan air merupakan komponen yang sangat mempengaruhi dalam pemilihan lokasi. Dalam konteks ini. Pertimbangan ekologis yang diambil mencakup hal-hal berikut: (1) lahan sedikitnya dapat diusahakan untuk dua musim tanam; (2) lahan biasanya diusahakan dengan teknologi pertanian konvensional. Dalam pemberdayaan petani, penetapan lahan selanjutnya dilakukan dengan pertimbangan ekonomis ; (1) usahatani yang kini dilaksanakan masih dapat ditingkatkan efisiennya; (2) lokasi lahan beraksesibilitas baik. tidak terlalu jauh dari pasar sarana produksi dan produk usahatani. Pertimbangan sosialnya adalah (1) pemilik lahan berkekurangan modal

untuk menggarap lahannya (sehingga digarapkan kepada petani lain); (2) para petani yang kini menggarap lahan juga kekurangan modal untuk kegiatan usahatannya; (3) para petani penggarap lahan, meskipun belum mengetahui teknologi LEISA, diharapkan telah terbiasa dengan teknologi pertanian konvensional; (4) pemilik lahan diharapkan akan menjadi petani maju yang memahami sistem LEISA.

Peruntukan lahan ditetapkan dengan memperhatikan kelayakannya sebagai tempat kegiatan pertanian yang direncanakan. Biodiversitas (polikultur) mendapatkan penekanan dalam sistem pertanian yang akan dibangun. Tetapi tidak terlalu tinggi karena akan menyulitkan dalam pengelolaannya. Lahan untuk pertanaman diupayakan agar tanahnya selalu tertutup oleh kanopi tanaman. Oleh karena itu, diusahakan untuk melakukan penanaman sisipan komoditi sayuran berumur pendek menjelang panen hingga menjelang pengolahan tanah musim tanam berikutnya. Tumpang sari, pergiliran tanaman, dan rotasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi. Memberikan intensitas pertanaman yang sangat tinggi, dan mengurangi resiko ekonomi jika terjadi kegagalan pertanaman atau harga produk suatu jenis tanaman rendah.

C. Penetapan Komoditas

Seleksi dan penetapan komoditi dilakukan dengan mempertimbangkan perlunya petani sesering mungkin mendapatkan penghasilan dari lahannya. Sebagai contoh, peternakan ayam dapat memberikan penghasilan harian bagi petani; pemeliharaan ikan memberikan penghasilan setiap 20-30 hari atau 3 bulan; pertanaman semusim (padi, jagung, kedelai) memberikan penghasilan setiap

3-4 bulan; penggemukan domba memberikan penghasilan setiap 4 bulan; pertanaman tahunan (tanaman buah-buahan, tanaman perkebunan) memberikan penghasilan dalam jangka panjang. Selain itu. Pengusahaan tanaman dan hewan ternak juga ditujukan untuk melaksanakan fungsi pendaur-ulangan hara di dalam sistem agar dapat mengurangi penggunaan masukan usahatani dari luar sistem. Ini juga berarti menekan biaya usahatani. Jadi, baik tanaman maupun hewan ternak menghasilkan produk utama untuk memenuhi kebutuhan pengelolanya (berupa penghasilan dan -bahan pangan) dan produk ikutan untuk kebutuhan proses produksi tanaman dan hewan (sebagai sumber masukan Internal). Dalam seleksi dan penetapan komoditi ini, kesesuaiannya dengan lingkungan setempat dan prospek pasarnya merupakan dua hal yang paling utama untuk dipertimbangkan.

D. Model Sistem Pertanian Terpadu

Sistem pertanian terpadu antara tanaman, ternak dan ikan adalah suatu sistem pertanian yang dicirikan adanya keterkaitan antara komponen tanaman dan ternak dalam suatu kegiatan usahatani dalam satu wilayah. Secara umum penerapan Sistem Pertanian Terpadu berbasis potensi lokal mampu menunjang pendapatan petani di pedes, ternak dan ikan. Pertanian terpadu mempunyai ciri antara lain: 1) pengelolaan pertanian secara luas dan komprehensif; 2) berorientasi pada produktivitas, efisiensi, keberlanjutan dan diterima secara sosial dan menguntungkan secara ekonomi; 3) Suatu sistem yang mandiri dengan sistem LEISA (*Low External Input Sustainable Agriculture*), sistem mampu berjalan dengan

baik, tanpa ketergantungan asupan dari luar sistem; dan 4) Sistem dapat diukur dan dievaluasi pada setiap tahapan.

Pertanian dengan sistem terpadu diharapkan mampu menghasilkan kesejahteraan meliputi 4F, yaitu *food*, *feed*, *fuel*, dan *fertilizer*.

1. *Food* – Pertanian terpadu diharapkan dapat menghasilkan pangan lebih beragam, seperti beras, sayuran, daging, dan ikan.
2. *Feed* – Limbah dari pengolahan produk pertanian seperti dedak dan bungkil jagung dapat diolah kembali menjadi konsentrat untuk pakan ternak dan perikanan.
3. *Fuel* – Bahan bakar biogas dapat diperoleh dari pengolahan kotoran ternak, sehingga dapat mencukupi kebutuhan energi rumah tangga, seperti memasak.
4. *Fertilizer* – Limbah dari kotoran hewan serta pembusukan bahan organik lain dapat dimanfaatkan untuk pupuk cair dan padat.

Beberapa pertimbangan pentingnya pertanian terpadu dikembangkan yaitu:

1. Panen tidak setiap hari, dengan adanya sistem pertanian terpadu akan menjadikan petani memiliki alternatif pendapat untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari;
2. Menekan harga produksi, dengan pertanian terpadu merupakan kombinasi sektor pertanian, peternakan, perikanan, kehutanan dan lainnya dalam satu wilayah tani. Adanya sistem pertanian terpadu, akan menekan biaya produksi (pupuk organik dan pestisida nabati) dengan penerapan sistem zero waste;

3. Meningkatkan harga jual dengan pembinaan yang berkelanjutan, hasil panen memiliki keunggulan dibanding pertanian konvensional, sehingga meningkatkan pendapatan petani.

Ada beberapa model pertanian terpadu yang dapat dikembangkan sesuai kondisi lingkungan sebagai berikut:

1. Pada lahan sawah

Model ini dapat dilakukan dengan mengintegrasikan antara tanaman, ternak dan ikan. Dengan model ini petani dapat memperoleh penghasilan dari tanaman/komoditi yang diusahakan dan mengolah limbahnya yang dapat menghasilkan pupuk organik dan pestisida nabati. Selanjutnya budidaya secara terpadu ini dapat dikembangkan menjadi pertanian organik yang bebas bahan kimia sehingga menghasilkan komoditas yang berkualitas, aman bagi kesehatan dengan harga yang tinggi.

2. Pada lahan perkebunan

Lahan perkebunan berpotensi sebagai lahan pertanian terpadu kombinasi antara tanaman (sawit, kakao, kopi dll.) dengan ternak (sapi). Limbah dari tanaman sawit (pelepah, daun, limbah olahan sawit), kakao dan kopi (kulit buah) dimanfaatkan sebagai sumber pakan ternak. Kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan sumber energi (biogas).

3. Pada lahan pekarangan

Lahan pekarangan dapat memberikan manfaat yang sangat besar dalam menunjang gizi dan pendapatan keluarga. Di lahan pekarangan, dapat ditanami tanaman hortikultura (sayuran dan buah), tanaman obat (kunyit, jahe dll) dan tanaman pangan

(umbi-umbian, kacang-kacangan) dikombinasikan dengan ternak (unggas, ruminansia dan ikan) perkebunan.

4. Pada lahan konservasi

Pada lahan konservasi dapat mengkombinasikan tanaman yang berfungsi sebagai penutup lahan dan bernilai ekonomi, tanaman tinggi untuk konservasi (pohon enau), tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, memelihara ternak ruminansia, dari limbah ternak diolah menjadi pupuk organik, biogas sebagai sumber energi.

Sistem pertanian secara terpadu adalah solusi dari permasalahan ketersediaan lahan yang semakin sempit, sehingga pertanian intensif dapat dilakukan. Sistem ini juga dapat menjadi solusi kemandirian dan swasembada pangan produk-produk hasil pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah A. Z. 2019. *Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Dan Dosis Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (Brassica oleraceae L. var. Nova)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Anggraeni, Cici. 2020. *TA: Budidaya Tanaman Kailan (Brassica Olearaceae L.) Secara Organik*. Diploma tesis, Politeknik Negeri Lampung.
- Charina, A., Kusumo, R. A. B., Sadeli, A. H., & Deliana, Y. 2018. *Faktor-faktor yang Mempengaruhi Petani dalam Menerapkan Standar Operasional Prosedur (SOP) Sistem Pertanian Organik di Kabupaten Bandung Barat*. *Jurnal Penyuluhan*, 14 (1), 68-78. From. <https://doi.org/10.25015/penyuluhan.v14i1.16752>. Diakses tanggal 12 Juli 2022.
- Hariyadi, BW, Ali, M., & Pratiwi, YI. 2018. *Pengaruh Pupuk Cair Organik Tambasil Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kangkung (Ipomoea Reptans Poir)*. *Ilmu Pertanian*, 1(2), 49–60.
- Haryadi, D., H. Yetti, Dan S. Yoseva. 2015. *Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kailan (Brassica Alboglabra L.)*. *Jurnal Online Mahasiswa Faperta*, 2 (2), 1-10.
- Hubeis, M., Najib, M., Widyastuti, H., & Wijaya, N. H. 2013. *Strategi Produksi Pangan Organik Bernilai Tambah Tinggi Yang Berbasis Petani*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 18 (3), 194–199.

- Irwanto, Cik, Z., & Wahyudin, P. D. 2018. Growth Response And Yield Of Kailan (*Brassica Oleraceae*) Against Water Hyacinth Bokashi And Some Types Of Livestock Urine Application. *Agricultural Research Journal*, 14 (1), 99-106.
- Isdiayanti. 2007. Analisis usahatani sayuran organik di perusahaan Matahari Farm [Skripsi]. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kamalia, S. 2013. Pengaruh Konsentrasi CaCl_2 pada Nutrisi Hidroponik Sistem Sumbu terhadap Kuantitas dan Kualitas Produksi Tiga Varietas Selada (*Lactuca Sativa* L.).
- Kazuya, N., Takashi. S., and Hidenari. I. 2016. *Plant factory solution with instrument and control* .
- Kozai, T. 2007. Propagation, grafting, and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan. *J. Ornamental Plants* 7 (3):145-149.
- Kozai, T. 2007. Propagation, grafting, and transplant production in closed systems with artificial lighting for commercialization in Japan. *J. Ornamental Plants* 7 (3):145-149.
- Kozai, T., Niu. G., and Takagaki. M. 2015. *Plant factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Academic Press, London.
- Lahitani, S. 2017. Manfaat Sayur Kailan Yang Tak Banyak Diketahui. Retrieved from <https://www.liputan6.com/citizen6/read/2881944/11-manfaat-sayuran-kailan-yang-tak-banyak-diketahui> . Diakses tanggal 24 April 2022.

- Lintang A. T. 2012. *Teknik Budidaya Tanaman Kailan (Brassica Oleraceae Var. Acephala) Di Upt Usaha Pertanian Aspakusa Makmur Teras Boyolali. Tugas Akhir. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.*
- Macarthur, F. E. (2019). *Cities and Circular Economy for Food*. Dalam F. E. Macarthur, *Cities and Circular Economy for Food* (hal. 57).
- Mayrowani, H. 2012. *Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia*. Forum Penelitian Agro Ekonomi 30(2):19-29.
- Nugroho, P. 2013. *Panduan Membuat Pupuk Kompos Cair*. Pustaka Baru Press. Yogyakarta.
- Oktaviani, E., dan S. M. Sholihah. 2018. *Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (Brassica oleraceae var. acephala) Sistem Vertikultur*. Jurnal Akrab Juara.
- Perwata, I., M. 2019. *Pertanian organik menuju bali pulau organik (bali organic island)*. From <https://distanpangan.baliprov.go.id/pertanian-organik-menuju-pulau-organik-bali-organik-island>. Diakses tanggal 23 Juni 2022.
- Rahman, S., Ekalestari, A., & Ruhumuddin. 2015. *IbM Kelompok Tani sayuran organik di Kota Makassar*. Majalah Aplikasi Ipteks NGAYAH, 6(1), 9-19.
- Rukmana, R. Dr dan Herdi Yudirachman, M.T. 2016. *Bisnis dan Budidaya Sayuran Kailan*. Bandung: Nuansa Cendikia. Hal 67-71.
- Samadi, B. 2013. *Budidaya IntensifKailan Secara Organik dan Anorganik*. Pustaka Mina. Jakarta. 107

- Samadi, B. 2013. *Budidaya Tanaman Kailan Secara Organik Dan Anorganik*. Pustaka Mina. Jakarta.
- Sunarjono, 2004. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta. Halaman 38– 47.
- Susila, A. D. 2013. *Sistem Hidroponik*. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.
- Timisela, N. R. 2017. *The demand of organic vegetables at Frismart Modern Market in Ambon City*. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 8(18), 132–139.
- Timisela, N. R., Leatemala, E. D., & Polnaya, F. 2018. *Supply chain sayuran organik di Kota Ambon*. *Prosiding Semnas PPM*, 1(1): 637–645.
- Wahyudi, N. 2021. *Application of POC POMI and Tricho Corn Compost On The Growth of Kailan (Brassica Oleraceae. L)*. *AgriHumanis*. 2(2), 109-118.
- Widaryanto, E., N. Herlina, dan P.H., Putra., 2003. *Upaya Peningkatan Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kailan (Brassica oleraceae Var. Acephala) dengan Pengaturan Populasi Tanaman pada Sistem Hidroponik Tipe NFT (Nutrient Film Technique)*.
- Yamaguchi, M. 1983. *World Vegetable: Principle, Production, & Nutritive Value*. Van Nusland: New York.
- Yamori, W., Zhang. G., Takagaki. M., and Maruo. T. 2014. *Feasibility study of rice growth in plant factories*. *J Rice Res* 2: 119. doi: 10.4172/jrr.100011.
- Yourself, MMA, Eissa MFM 2014. *Biofertilizers and their role in management of plant parasitic nematodes. A review*. *E3 J Biotechnol Pharm Res*. 5: 1–6.

TENTANG PENULIS



Amir Hamzah, lahir di Maluku Utara, 27 Mei 1967. Saat ini bekerja sebagai dosen Lembaga Layanan Dikti (LLDikti) Wilayah 7 Jawa Timur, diperbantukan (dpk) pada Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi, Malang. Sejak 2017 - sekarang dipercaya menjabat sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi, dengan Jabatan Fungsional Lektor Kepala. Gelar Sarjana Pertanian (Ir) diperoleh dari Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Darussalam Ambon, 1992. Tahun 1999 memperoleh Gelar Magister Pertanian (MP) dari Pascasarjana Universitas Brawijaya Program Studi Pengelolaan Tanah dan Air. Tahun 2013 menyelesaikan Program Doktor Ilmu Pertanian dari Universitas Bra-wijaya. Sejak tahun 2008 sampai saat ini masih menekuni berbagai penelitian yang berkaitan dengan pencemaran dan pengelolaan sumberdaya lahan. Aktif pada forum-forum ilmiah baik sebagai pe-makalah maupun peserta. Beberapa hasil penelitian telah publikasikan di jurnal Nasional maupun Internasional, serta beberapa diantaranya telah dipatenkan. Buku yang baru terbit 2019, “Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat”.



Ninin Khoirunnisa, Lahir di Desa Pendem Kota Batu Jawa Timur, merupakan Dosen pada Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungga Dewi Malang. Penulis menyelesaikan Pen-didikan Dasar di MI Iskandar Sulaiman Kota Batu, Sekolah Menengah Pertama di SLTP Negeri 3 Batu, Sekolah Mene-ngah Atas di SMA Negeri 1 Batu. Gelar sarjana dan magisternya diperoleh dari Universitas Brawijaya Malang.



Rizki Alfian, lahir di Sidoarjo, Jawa Timur pada Tanggal 26 Juni 1987, merupakan dosen di Program Studi Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggadewi. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Kejapanan-Pasuruan dan melanjutkan Jenjang SMP dan SMA di Pondok Modern Darussalam Gontor Ponorogo. Gelar sarjana diperoleh di Universitas Tribhuwana Tunggadewi Program Studi Arsitektur Lanskap lulus pada tahun 2010 dan melanjutkan jenjang Magister di Departemen Arsitektur Lanskap, Institut Pertanian Bogor lulus pada tahun 2015. Selain menjadi dosen, saat ini penulis aktif dalam organisasi asosiasi profesi FPALI (Forum Pendidikan Arsitektur Lanskap Indonesia) dan IALI (Ikatan Arsitektur Lanskap Indonesia). Selain aktif dalam organisasi, penulis juga aktif dalam kegiatan Riset dan Pengabdian masyarakat yang menghasilkan karya tulis ilmiah berupa jurnal dan *proceeding* di bidang Perencanaan dan Pengelolaan lanskap.



Wahyu Fikrinda, lahir di Malang, Jawa Timur pada tanggal 11 Januari 1989. Merupakan Dosen Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Tunjung Sekar I Malang dan melanjutkan pendidikan SMP di SMP Negeri 3 Malang selanjutnya menyelesaikan pendidikan SMA di SMA Negeri 4 Malang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan jenjang S1 dengan jalur USMI IPB di Agronomi dan Hortikultura, IPB pada tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan Magister di Agronomi dan Hortikultura, IPB pada tahun 2012. Selama menjadi dosen, penulis aktif dalam organisasi ABI (Asosiasi Biochar Indonesia). Sampai saat ini penulis masih menekuni penelitian di bidang hortikultura terutama pada tanaman sayuran dan tanaman buah tropis (dari budidaya *on-farm* sampai *off-farm*). Selain itu, penulis aktif dalam pengabdian masyarakat terutama bidang hortikultura.



I Made Indra Agastya, Lahir di Mataram 01 Juli 1989. Saat ini berkerja sebagai Dosen Tetap pada Universitas Tribhuwana Tunggaladewi pada Program Studi Agro-teknologi Fakultas Pertanian sejak tahun 2015. Sejak Tahun 2022 – Sekarang dipercaya menjabat Kepala Program Studi Agroteknologi dengan jabatan Fungsional Lektor. Gelar Sarjana Pertanian (SP) Diperoleh dari Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Mataram Pada Tahun 2011. Tahun 2015 Memperoleh

Gelar Magister Pertanian (PM) dari Pascasarjana Universitas Brawijaya, Program Studi Ilmu Tanaman. Sampai Saat ini masih menekuni penelitian yang berkaitan dengan Pengelolaan Hama dan Penyakit tumbuhan. Aktif Pada Forum-forum ilmiah baik sebagai pemakalah maupun peserta. Beberapa hasil Penelitian telah di Publikasikan Pada Jurnal-Jurnal Nasional terakreditasi DIKTI.



Teknik Budidaya Sayuran Organik Dengan Sistem Plant Factory

Saat ini sektor pertanian telah mengalami perkembangan ke era revolusi industri 4.0 yang mendukung sistem produksi tanaman dan pertanian yang berkelanjutan. Pertanian organik merupakan salah satu sistem produksi yang meminimalisir penggunaan bahan-bahan kimia sehingga hasil panen yang diperoleh menjadi lebih sehat. Sayuran organik dalam buku ini dibudidayakan menggunakan teknologi plant factory yaitu membudidayakan sayuran organik dengan mengatur kebutuhan cahaya dan nutrisinya secara optimal. Plant factory merupakan kombinasi teknologi dalam mengatur nutrisi dan pencahayaan sehingga diperoleh hasil yang optimal untuk perkembangan tanaman. Dalam buku ini dibahas bagaimana budidaya tanaman sayuran organik menggunakan sistem Plant factory yang merupakan kombinasi antara sistem pertanian organik dengan teknologi LED dan hidroponik. Selanjutnya dibahas pula sistem pertanian terpadu bagaimana mengolah limbah-limbah pertanian yang bisa menjadi sumber nutrisi dari sayuran organik dengan konsep zero waste. Adanya sistem yang terintegrasi ini dapat meningkatkan produksi dan keuntungan terutama dalam meningkatkan penghasilan petani.



Penerbit Forind
Jl. Raya Tlogomas V No. 24
Tlogomas Malang 65141
Telp. 081233992973
Email : forind_publishing@yahoo.com

ISBN 978-623-99722-4-0

