

**Review: Pemanfaatan Teknologi *Plant Factory* untuk Budidaya Tanaman Sayuran di Indonesia*****Review: Utilization of Technology in Plant factory for Vegetable Crops Cultivation in Indonesia***Qonit M.A.H<sup>1)</sup>, A.A Fauzi<sup>1)</sup>, dan S. Mubarak<sup>2,\*)</sup><sup>1)</sup>Mahasiswa PS. Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Unpad<sup>2)</sup>Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Unpad\*Penulis untuk korespondensi: *syariful.mubarak@unpad.ac.id*.

Diterima 9 Januari 2018/Disetujui 22 Januari 2018

**ABSTRACT**

*The world food crisis is caused by a rapid population growth with a population of 2015 reaching 7.3 billion and by 2050 estimated at 9-12 billion and with the current food supply, there are 27% of the world's population still experiencing a food crisis. Solutions to increase food availability can be resolved by plant factory technology. Utilization of plant factory is expected to overcome the problems of attack of Plant Disturbing Organism (OPT), climate factor disturbance, minimal use of pesticides, and unused land use or cannot be planted such as wasteland, mining, or buildings so the quality and quantity of products can increase. Plant factory has various types based on lighting and planting system that can be adjusted based on the environment and planted plants. The plant factory concept is to create a controlled environment such as light, carbon dioxide, temperature, moisture, water, and nutrients so that it is suitable for plant growth. However, the constraints in plant factories require higher costs and energy for construction, equipment, and operations. Vegetable crops cultivation system using plant factories in Indonesia using a solar or semi-artificial lighting is potential to utilize natural resources, more over the using type of multistage planting system for short and flat plants for high crops will improve the plant productivity.*

*Keywords : Vegetables; Plant factor; Indonesia*

**ABSTRAK**

*Krisis pangan di dunia disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang pesat dengan populasi di tahun 2015 mencapai 7,3 milyar dan tahun 2050 diperkirakan mencapai 9 – 12 milyar dan dengan ketersediaan pangan sekarang, terdapat 27% populasi dunia yang masih mengalami krisis makanan. Solusi untuk meningkatkan ketersediaan pangan dapat dilakukan dengan teknologi plant factory. Pemanfaatan plant factory diharapkan dapat mengatasi permasalahan 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 kualitas dan kuantitas produk dapat meningkat. Plant factory memiliki berbagai tipe berdasarkan pencahayaan dan sistem penanaman yang dapat disesuaikan berdasarkan lingkungan dan tanaman yang ditanam. Konsep plant factory adalah menciptakan lingkungan yang terkendali seperti cahaya, kadar karbon dioksida, suhu, kelembaban, air, dan nutrisi sehingga sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Akan tetapi, kendala dalam plant factory adalah memerlukan biaya dan energi yang lebih tinggi untuk konstruksi, alat, dan operasional. Penanaman tanaman sayuran dengan plant factory di Indonesia akan optimal dengan menggunakan plant factory bertipe pencahayaan matahari atau setengah artificial untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada dan tipe sistem penanaman multistage untuk tanaman yang pendek dan flat untuk tanaman yang tinggi dapat meningkatkan produktivitas tanaman.*

*Kata kunci : Sayuran; Plant factory; Indonesia*

**PENDAHULUAN**

**Krisis pangan di dunia.**Permasalahan krisis pangan dunia menjadi permasalahan penting pada tahun terakhir. Hal ini sejalan dengan pertambahan populasi dunia. Pada tahun 2015 populasi manusia telah mencapai 7,3 milyar dan terdapat kemungkinan akan bertambah hingga 9-12 milyar sampai pada akhir tahun 2050

(Uniyal *et al.*,2017). Hal ini mulai dirasakan dampaknya terutama kepada kecukupan makanan bagi setiap manusia yang mulai terancam. Grebmer *et al.* (2017) sekitar 27% populasi duni masih mengalami krisis makanan.

**Adanya teknologi *plant factory*.**Pada beberapa tahun terakhir, muncul teknologi *plant factory* yang menarik perhatian sebagai inovasi meningkatkan

ketahanan pangan sekaligus sebagai solusi untuk melakukan pertanian dalam suatu gedung atau ruangan. Pertanian dalam *plant factory* dapat menghasilkan produksi yang tinggi dan berkualitas baik karena lingkungan tumbuh dalam *plant factory* dibuat optimal dan tidak terpengaruh oleh iklim diluar *plant factory* (Kazuya *et al.*, 2016). Hal ini memberikan peluang untuk melakukan pertanian di lokasi yang sebelumnya tidak dimungkinkan untuk memproduksi tanaman (Yamori *et al.*, 2014). Selain untuk produksi makanan, *plant factory* dapat digunakan untuk tujuan pemuliaan tanaman seperti penanaman tanaman transgenik dengan memanfaatkan *plant factory* sistem tertutup sehingga mencegah terjadinya gen flow.

**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 CO<sub>2</sub>, dan pengaturan pencahayaan (Yamori *et al.*, 2014). Seluruh sistem standar tersebut dilakukan secara otomatis dengan diperlukannya pemantauan untuk penyesuaian kondisi lingkungan berdasarkan kondisi tanaman.

**Kelebihan dan kekurangan *plant factory*.** Dalam memanfaatkan teknologi *plant factory* tentunya perlu ada pertimbangan dengan melihat kekurangan dan kelebihan *plant factory*. Secara umum *plant factory* memiliki kelebihan dan kekurangan berdasarkan Yamori *et al* (2014) sebagai berikut.

**Kelebihan *plant factory***

- Mampu berproduksi sepanjang tahun tanpa dibatasi musim
- Mampu menghasilkan produksi dan frekuensi panen yang lebih tinggi
- Aplikasi dapat dilakukan diseluruh 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

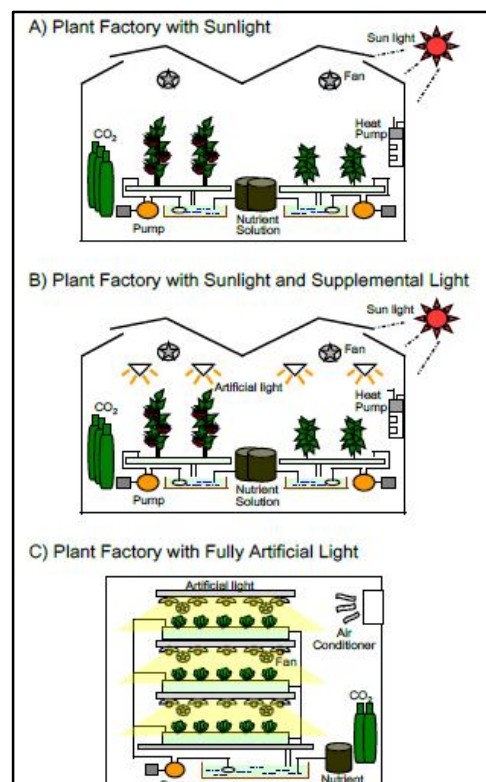
- Keamanan tanaman oleh faktor eksternal lebih terjamin
- Mengurangi kebutuhan air yang lebih
- Tidak memerlukan banyak pekerja sehingga biaya produksi dapat ditekan

**Kekurangan *plant factory***

- Memerlukan biaya yang lebih tinggi paik 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

**JENIS PENCAHAYAAN PADA *PLANT FACTORY***

*Plant factory* pada dasarnya dibagi menjadi tiga jenis dengan karakteristik yang berbeda-beda antara lain *plant factory* menggunakan sinar matahari, *plant factory* menggunakan sinar matahari dan tambahan cahaya buatan dari lampu, dan *plant factory* menggunakan cahaya buatan dari lampu.



Gambar 1. Jenis *plant factory* (A) *plant factory* menggunakan sinar matahari (B) *plant factory* menggunakan sinar matahari

dan tambahan cahaya buatan dari lampu (C) *plant factory* menggunakan cahaya buatan dari lampu (Yamori *et al.*, 2014)

### **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 didalam 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 terlampaui 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 didalam konstruksi dapat diminimalisir dengan adanya teknologi buatan sehingga pertumbuhan 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).

### **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).

### **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 dikisaran dibawah 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 didalam ruangan, konsentrasi karbon dioksida dibuat lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi karbon dioksida diluar gedung *plant factory*. Umumnya konsentrasi karbon dioksida dalam ruangan harus dibuat tinggi yakni dikisaran 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 (800-1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (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 artificial untuk penanaman sayuran berdaun dengan volume penjualan tahunan per unit luas lahan sebesar 100 kali lipat dibandingkan dengan penanaman di lapangan terbuka.

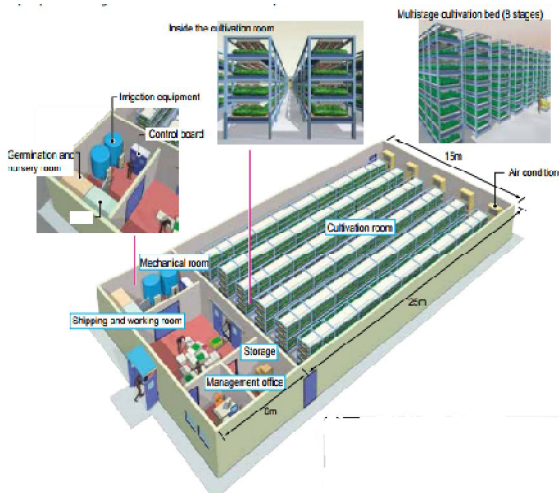
Penggunaan lampu sebagai sumber cahaya buatan, menjadikan produksi tanaman khususnya pada sayuran daun yang memiliki tinggi tanaman sekitar 30 cm atau kurang dapat direkayasa terkait penggunaan lahan produksi. Penempatan sayuran dibuat bertumpuk dengan jarak antar tumpukan sekitar 40 cm dengan berbagai 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.

## PLANT FACTORY BERDASARKAN SISTEM PENANAMAN

### Multistage Type

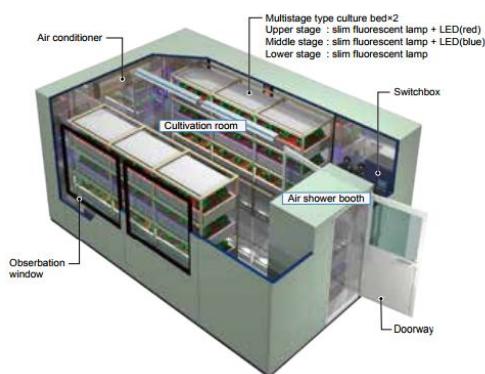
Tipe penyusunan tanaman ini dilakukan dengan sistem *vertikultur* bertingkat dengan jumlah tingkatan antara 2 hingga 8. Sistem ini dilengkapi dengan lampu artificial berupa lampu fluorescent dan LED pada setiap tingkatannya untuk memberikan pencahayaan yang seragam. Kelebihan dalam tipe *plant factory*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



Gambar 2. *Plant factory* multistage type ([https://www.especmic.co.jp/especmic\\_english/products\\_pf.html](https://www.especmic.co.jp/especmic_english/products_pf.html))

### House Type

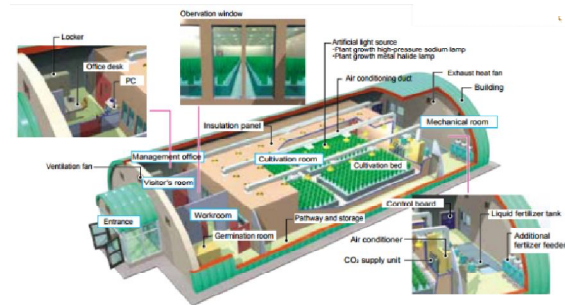
Tipe penyusunan penanaman ini biasa digunakan di perumahan yang memiliki lahan kosong yang terbatas. Tipe *plant factory* ini memiliki ukuran yang kecil dan menggunakan sistem vertikultur dengan jumlah tingkatan 3 sampai 4 untuk tanaman sayuran daun dan 1 tingkat untuk tanaman buah sayur. Keuntungan 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.



Gambar 3. *Plant factory* house type ([https://www.especmic.co.jp/especmic\\_english/products\\_pf.html](https://www.especmic.co.jp/especmic_english/products_pf.html))

### 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 artificial 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.



Gambar 4. *Plant factory* flat type ([https://www.especmic.co.jp/especmic\\_english/products\\_pf.html](https://www.especmic.co.jp/especmic_english/products_pf.html))

### Container Type

Tipe *plant factory* ini dirancang dalam suatu container yang telah dilengkapi dengan seluruh pengaturan ruangan seperti sumber cahaya artificial, 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.



Gambar 5. *Plant factory* container type ([https://www.especmic.co.jp/especmic\\_english/products\\_pf.html](https://www.especmic.co.jp/especmic_english/products_pf.html))

### 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 artificial seperti lampu fluorescent, LED, dan CCF dan dilengkapi dengan pengaturan suhu dan blowing system.







Gambar 6. *Plant factory* nursery  
([https://www.especmic.co.jp/especmic\\_english/products\\_pf.html](https://www.especmic.co.jp/especmic_english/products_pf.html))

## 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 artificial 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.

## 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 :

### 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*

### 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 artificial 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.

### 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 CO<sub>2</sub> yang mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

### 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.

### 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.

technology. Fuji electric review vol. 62 (3): 160-164.

### 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*.

### KESIMPULAN

Teknologi *plant factory* yang sesuai dengan kondisi Indonesia adalah *plant factory* dengan jenis pencahayaan matahari atau setengah artificial. Hal ini dikarenakan ketersediaan cahaya matahari sepanjang tahunnya cukup memadai untuk melakukan budidaya tanaman sayuran daun. Teknologi ini memerlukan biaya dan energi yang lebih rendah dibandingkan sistem lain sehingga dapat lebih hemat. Kerugian dari sistem ini adalah kondisi matahari yang tidak menentu seperti terjadi awan mendung, terdapat objek yang menghalangi, dan lain – lain sehingga pencahayaan tanaman akan terganggu dan hasil produksi tanaman akan berkurang. Dengan menggunakan sistem setengah artificial, kendala ketidakpastian kondisi matahari dapat teratasi meskipun memerlukan biaya dan energi tambahan tetapi tidak setinggi sistem artificial secara penuh. Tipe sistem penanaman yang baik untuk penanaman tanaman sayuran di Indonesia adalah sistem multistage untuk tanaman yang pendek agar kuantitas yang dihasilkan lebih banyak dan flat untuk tanaman yang tinggi agar ruang tumbuh tanaman lebih baik meskipun kuantitas menurun dan luasan lahan yang diperlukan lebih luas.

50

### DAFTAR PUSTAKA

- Anda, J.D., and Shear. H. (2017). Potential of vertical hydroponic agriculture in Mexico. MDPI journal Sustainability 140 doi :10.3390/su9010140
- Grebmer, K.V., Bernstein. J., Brown. T., Prasai. N., Yohannes. Y., Towey. O., Foley. C., Patterson. F., Sonntag. A., Zimmermann. S.M., and Hossain. N. (2017). Global Hunger Index : The Inequalities of Hunger. Welthungerhilfe, International Food Policy Research Institute, Concern Worldwide pre-review publication.
- Karlsson, M. (2014). Controlling the greenhouse environment. Cooperative extension service University of Alaska Fairbanks
- 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. (2013). *Plant factory* in Japan: current situation and perspectives. *Chronica Horticulturae* vol. 53 (2): 8-11
- Kozai, T., Niu. G., and Takagaki. M. (2015). *Plant factory : An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. Academic Press, London.
- Kwon, S.Y., Ryu. S.H., and Lim. J.H. (2013). Design and implementation of an integrated management system in a *plant factory* to save energy. Springer Science doi : 10.1007/s10586-013-0295-2
- Robertson, D.S. (2006). Health effects of increase in concentration of carbon dioxide in the atmosphere. *Current Science* vol. 90 (12): 1607-1609
- Runkle, E., and Both. A.J. (2011). Greenhouse energy conservation strategies. Michigan State University Extension Bulletin E-3160. East Lansing, Michigan.
- Uniyal, S., Kaphaliya. B., Paliwal. R., Sharma. R.K. (2017). Human overpopulation : impact on environment. IGI Global : 1-11
- 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.1000119