BAB II

PABRIK TANAMAN

Pabrik tanaman pada dasarnya menggunakan pertanian dengan sistem budidaya secara hidroponik. Hidroponik merupakan sebuah teknik penting dalam pabrik tanaman karena mudah dikendalikan dibandingkan dengan sistem konvensional. Pabrik tanaman sendiri dirancang sebaik mungkin untuk menghindari permasalahan yang bersumber dari permasalahan lingkungan alam.

A. Sejarah Sistem Hidroponik dan Pabrik Tanaman Hidroponik

Sistem hidroponik dan pabrik tanaman hidroponik pada sejarahnya telah melewati fase-fase perubahan dan perkembangan yang sangat panjang dalam perjalanannya hingga bisa mencapai kondisi secanggih dan semaju sekarang ini.

1. Sistem Hidroponik

Sistem hidroponik adalah budidaya menanam dengan memanfaatkan air sebagai sarana penting dalam menumbuhkan tanaman tanpa tanah yang menekankan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Definisi sistem hidroponik menurut Harris dalam Nurul (2018:1) adalah "Ilmu tentang pertumbuhan tanaman yang ditumbuhkan dalam media selain tanah, dengan menggunakan campuran unsur hara esensial tanaman yang dilarutkan dalam air". Oleh sebab itu, perbedaan mendasar pada pertanian konvensional dan pertanian hidroponik adalah media yang digunakan dalam penanaman.

Sistem hidroponik ini merupakan cara untuk bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah, namun memanfaatkan air sebagai sarana penting dengan menekankan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Pada dasarnya, tumbuhan menghasilkan makanan sendiri lewat proses fotosintesis untuk dapat bertahan hidup. Fotosintesis dipengaruhi banyak faktor, baik faktor dari luar maupun faktor dari dalam. Faktor luar yang mempengaruhi proses fotosintesis, yaitu adanya kelembaban dan suhu

udara, cahaya matahari, air, karbondioksida dan oksigen. Sedangkan faktor dari dalam, yaitu umur daun, keadaan stomata, dan jenis tumbuhan. Jika tidak ada faktor-faktor tersebut maka tumbuhan tidak dapat tumbuh dengan baik (Suyitno, 2005:9).

Hidroponik sebenarnya bukan teknologi baru di dunia pertanian. Budidaya secara hidroponik merupakan sebuah teknologi pertanian lama yang telah dimulai dari ribuan tahun lalu. Namun, teknologi yang digunakannya semakin lama semakin efisien dengan bersamaannya perkembangan ilmu pengetahuan. Jenis media yang digunakan dalam sistem hidroponik dibagi menjadi 2, yaitu, media air dan substrat. Substrat dikenal sebagai media inert atau media penyangga. Contohnya seperti pasir, rockwool, kerikil, serbuk gergaji, dan media penyangga lainnya. Media yang digunakan harus dapat menyediakan air, zat hara, dan oksigen, serta tidak mengandung zat yang beracun bagi tanaman karena sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Siti, 2007:17).

Sistem hidroponik di berbagai negara mempunyai keunikan masing-masing pada masanya. Misalnya, pada media hidroponik yang digunakan untuk budidaya penanamannya. Setiap negara mempunyai media penanaman yang berbeda tergantung kondisi geografis negaranya.

a) Hidroponik di Kerajaan Babilonia

Sistem hiroponik pertama kali ditemukan pada tahun 600 SM oleh Bangsa Babilonia. Namun saat itu istilah hidroponik belum diperkenalkan. Nebuchadnezzar II yang merupakan raja di Kerajaan Babilonia pada saat itu, membuat taman gantung *hanging garden* secara bertingkat di istananya Mesopotamia yang terletak di sepanjang Sungai Eufrat. Dikisahkan bahwa taman gantung dibangun oleh Nebuchadnezzar II untuk menghibur istrinya bernama Amytis yang begitu rindu terhadap kampung halamannya yang asri dengan dikelilingi pegunungan (Jimmy, 2016:7).

b) Hidroponik di Meksiko

Sistem hidroponik selanjutnya dibangun oleh suku *Aztecs* di Meksiko sekitar tahun 1325-1428 M. Suku *Aztecs* kala itu hidup nomaden, bertahan hidup di daerah minim daratan dengan membangun rakit mengapung untuk bercocok tanam. Media yang digunakan untuk menyangga tanaman yaitu dengan menggunakan serabut akar dan batang pohon yang sudah dipotong-potong. Taman apung atau dalam Bahasa inggrisnya *floating garden* ini, dikenal sebagai *Chinampas*. Taman apung ini dibangun karena populasi penduduk saat itu semakin meningkat. Namun, tidak dibarengi peningkatan hasil produksi pertanian. Oleh sebab itu, dibangunnya taman apung ini sebagai sumber produksi makanan penting bagi suku *Aztecs*. Tanaman utamanya adalah jagung, tebu, labu, kacang, dan bayam (Evy, 2014:24).

c) Hidroponik Mulai Berkembang diberbagai Negara

Sejak saat itu, sistem hidroponik terus mengalami perkembangan. Perkembangan selanjutnya dilakukan oleh Bangsa Cina, India, dan Mesir dengan membangun bedengan pasir di tepi sungai. Istilah bedengan berasal dari Bahasa inggris *bed* yang berarti tempat tidur. Oleh sebab itu, bedengan merupakan tempat tidur tanaman. Dengan kata lain media penyangga yang digunakan berupa pasir. Pupuk yang digunakan adalah pupuk organik yang dicampur dengan bedengan pasir yang terletak di tepi sungai. Sehingga, dikenal dengan istilah *River Bed Cultivation*. Tanaman yang ditanam dengan sistem ini adalah semangka, timun, dan melon (Nurul, 2018:3).

d) Istilah Hidroponik Muncul

Istilah hidroponik pertama kali diperkenalkan oleh Dr. WF Gericke seorang agronomis dari Universitas California pada tahun 1936. Gericke menjadi sosok yang sangat berjasa pada abad 20 dengan keberhasilannya melakukan eksperimen berupa tanaman

tomat yang tumbuh hingga setinggi 3 meter di sebuah bak berisi larutan nutrisi yang merupakan hasil uji cobanya (Kunto, 2014:14).

Sejak saat itu, istilah hidroponik digunakan pada kegiatan pertanian tanpa menggunakan tanah sebagai medianya. Hidroponik berasal dari bahasa Yunani yaitu *hydro* yang berarti air dan *ponos* yang berarti tenaga kerja, sehingga hidroponik dapat diartikan bekerja dengan menggunakan air. Hidroponik juga dikenal sebagai *soilless culture* atau budidaya tanaman tanpa tanah (Andre, 2019:7-8).

Sebelumnya beberapa ahli patologis tanaman juga melakukan percobaaan menggunakan nutrien khusus untuk media tanam. Dimana melakukan bercocok tanam tanpa media tanah sebagai medianya. Sehingga pada masa itu bermunculan istilah-istilah: *Water Culture, Solution Culture, dan Gravel Bed Culture* (Kunto, 2014:13).

e) Hidroponik di Jepang

Sistem hidroponik di wilayah Jepang diterapkan pada tahun 1945 ketika Perang Dunia II telah berakhir. Sebelum Perang Dunia II, Jepang dikenal sebagai negara agraris karena sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Pada pemerintahan zaman Edo, populasi petani sekitar 80% dari total keseluruhan masyarakat. Pada zaman ini, demi terpeliharanya kedudukan istimewa bagi kaum militer dibuatlah kestabilan kelas dengan menganut sistem pembedaan kelas yang dikenal dengan *shinokosho* yang terdiri atas kelas *Bushi* (militer), *Nomin* (petani), *Kosakunin* (pengrajin), *Shonin* (pedagang) serta kelas yang terendah yaitu *Eta* atau *Hinin* (kaum budak). Dilihat dari kelas sosial, petani merupakan kelas tertinggi kedua setelah militer. Hal ini disebabkan, petani sebagai kelompok yang menghasilkan barang-barang kebutuhan pokok bagi masyarakat. Akan tetapi, petani saat itu dicirikan sebagai kelas sosial yang paling menderita

dalam menanggung hidupnya. Hasil panen kaum petani harus disetorkan kepada para penguasa sebagai pajak (Sri, 2011:1291-1292).

Tadashi Fukutake yang merupakan ahli sosial budaya Jepang menggambarkan kehidupan kaum petani saat itu benar-benar mengalami penderitaan yang luar biasa. Kaum petani terbebani kerja keras sepanjang hari di bawah sengatan matahari dan guyuran hujan. Sebagian besar pertanian saat itu masih menggunakan tenaga manusia dan ternak karena alat pertanian modern merupakan barang yang sulit dibeli bagi petani. Meskipun sudah bekerja cukup keras, hasil pertaniannya hanya cukup menunjang kehidupan kaum petani yang sederhana. Namun, pada kenyataannya kaum petani merupakan tulang punggung para penguasa. Hal ini disebabkan, kebutuhan hidup penguasa sangat bergantung pada pasokan beras dari para petani (Eman, 2004:207).

Pasca Perang Dunia II, kebutuhan pangan masyarakat Jepang tidak stabil. Saat itu, masyarakat Jepang sudah kelaparan. Hasil produksi beras hanya berada di Kyushu dan Korea, tetapi rel kereta api untuk mengangkut kebutuhan pangan tersebut sudah putus. Kapal-kapal pun yang biasanya digunakan untuk mengangkut kebutuhan pangan sudah tidak dapat digunakan lagi. Akibatnya masyarakat Jepang merasakan kelaparan massal karena tidak adanya kebutuhan pokok yang datang. Kepulauan Jepang saat itu sudah dipenuhi ranjau-ranjau yang disebar oleh tentara AS. Ranjau-ranjau yang sengaja disebar tentara AS merupakan strategi blokade untuk membuat Jepang menyerah dalam perang. Namun, faktanya Jepang sama sekali tidak menyerah (Marcel, 2018).

Diakhir Perang Dunia II, AS benar-benar membuat Jepang terdesak dan sampai menyerah. Hal ini disebabkan karena, AS telah menjatuhkan 2 bom di kota Hiroshima dan Nagasaki, membuat infrastruktur di Jepang rusak berat, hingga membuat

masyarakat Jepang satu demi satu mati kelaparan. Tanggal 15 Agustus 1945, Jepang menyerah tanpa syarat kepada AS. Wilayah Jepang saat itu diduduki oleh tentara AS. Tentara AS memilih menggunakan metode hidroponik demi memenuhi kebutuhan pangan tentaranya. Proyek hidroponik ini dibangun dengan luas 22 ha di Chofu, Tokyo dan Otsu, Shiga. Alasan pertama, karena kondisi tanah tandus akibat serangan bom atom terutama di wilayah Hiroshima dan Nagasaki. Alasan kedua, masyarakat Jepang menggunakan kotoran manusia sebagai pupuk untuk menyuburkan tanah tandus yang merupakan dampak dari perang (Nurul, 2018:5).

Akibatnya sistem konvensional tidak dapat diperuntukan bagi AS untuk menghasilkan kebutuhan pangan yang higienis bagi tentaranya. Sehingga sistem hidroponik adalah satu-satunya jalan keluar bagi AS untuk menghasilkan pangan yang higienis dengan proses penanaman terkontrol penuh dari pembibitan hingga menjadi layak konsumsi untuk tentaranya.

Berikut merupakan kutipan dari sumber buku yang berjudul *Current and Future Prospects of Clean Vegetables* (1953) yang ditulis oleh Kato Kaname menjelaskan mengenai metode hidroponik di daerah Chofu dan Otsu :

> "*The Allied Forces at that time procured food from their homeland. In addition to vegetables transported from the homeland in refrigerated vessels, they built hydroponic farms in Chofu, Tokyo and Otsu, Shiga to provide vegetables for themselves. Hydroponic farms were chosen because they were concerned about the method of soil fertilization used by the Japanese. Human manure was used as fertilizer, raising concerns about hygiene and parasites.*"

> "Pasukan Sekutu saat itu mendapatkan makanan dari tanah air mereka. Selain sayuran yang diangkut dari tanah air dengan kapal berpendingin, mereka juga membangun pertanian hidroponik di Chofu, Tokyo

> dan Otsu, Shiga untuk menyediakan sayur untuk diri mereka sendiri. Pertanian hidroponik dipilih karena mereka khawatir tentang metode pemupukan tanah yang digunakan oleh Jepang. Dimana kotoran manusia digunakan sebagai pupuk, sehingga meningkatkan kekhawatiran tentang kebersihan dan parasit."

Metode penanaman secara hidroponik oleh tantara AS sudah dilakukan pada Perang Dunia II. Amerika Serikat membuat proyek hidroponik sebagai bahan pangan tentaranya di berbagai pangkalan luar negeri, termasuk Pulau Ascension. Sehingga, Jepang bukan salah satu negara yang wilayahnya dimanfaatkan oleh tantara AS untuk metode penanaman secara hidroponik.

Pertanian hidroponik di Chofu dan Otsu menurut Katurzyna J. Cwiertka dalam Ts'ui-jung (2018) mengungkapkan bahwa:

> "*Hydroponic farms in Chofu and Otsu were run by 1.115 Japanese operators in 1949 (including 16 officers and 63 non-commissioned officers. Some of the workers were prisoners dispatched from Sugamo prison).*"

> "Pertanian hidroponik di Chofu dan Otsu dijalankan oleh 1.115 operator Jepang pada tahun 1949 (termasuk 16 petugas dan 63 petugas yang tidak ditugaskan. Beberapa pekerja adalah tahanan yang dikirim dari penjara Sugamo)."

Hasil produksi pada pertanian hidroponik terkhususkan untuk makanan pokok tentara AS yang menduduki Jepang. Sedangkan masyarakat Jepang masih menggunakan pertanian secara konvensional pada sumber pangannya. Namun, saat dibawah kependudukan AS dari tahun 1945-1946 terjadi kegagalan dalam hasil panen padi, sehingga terjadi permasalahan

dalam bahan pangan yang membuat rakyat Jepang kelaparan. Oleh karena itu, AS menjalankan kebijakan demokratis ekonomi salah satunya dalam sektor pertanian yaitu *Land Reform* atau diartikan perombakan secara mendasar terhadap sistem pemilikan tanah.

Setelah diberlakukannya *Land Reform* pada tahun 1946 oleh pemerintah AS, kehidupan petani perlahan-lahan berubah menjadi lebih baik dibandingkan sebelum Perang Dunia II. *Land Reform* diberlakukan bagi tuan tanah untuk menjual lahan pertaniannya dengan harga murah kepada pemerintah. Penjualan lahan kepada pemerintah ini selesai pada tanggal 31 Desember 1948 dan kemudian lahan tersebut dijual kembali kepada petani penyewa dan buruh tani dengan harga murah. Sehingga jumlah kepemilikan tanah pertanian semakin meningkat dan juga berdampak pada distribusi pendapatan petani. Kebijakan *Land Reform* ini perlahan-lahan menghapus sistem penyewaan tanah oleh tuan tanah yang dicirikan sebagai parasit dalam pertanian Jepang sebelumnya.

Seiiring dengan kemajuan pada sektor pertanian, perkembangan industri pun semakin pesat. Industri menjadi peranan penting dalam peningkatan perekonomian Jepang dibandingkan pada sektor pertanian. Pergeseran penekanan ini dimungkinkan oleh menurunnya keuntungan komparasi (*comparative advantage*) sektor pertanian akibat terbatasnya lahan pertanian dan meningkatnya keuntungan komparasi sektor industri yang didukung oleh tersedianya tenaga kerja terdidik yang memadai. Sehingga negara Jepang yang sebelumnya dikenal sebagai negara agraris kini berubah menjadi negara industri setelah memperoleh bantuan modal dari AS. Jepang terfokus pada pembangunan industri dan ekonomi, hingga akhirnya membuat Jepang menjadi negara industri yang sejajar dengan negara maju saat itu. Etos kerja dan kedisiplinan masyarakat Jepang adalah

jawaban atas kemajuan Jepang hingga saat ini (Eman, 2004:208).

2. Pabrik Tanaman

Seiring munculnya permasalahan pada pertanian akibat dari serangan hama maupun hujan yang dapat merusak pertanian, maka terciptalah *greenhouse* yang berfungsi untuk melindungi tanaman. Istilah *greenhouse* menurut Nelson dalam Mila (2009:7) didefinisikan sebagai suatu bangunan yang memiliki struktur atap atau dinding yang bersifat tembus cahaya, memungkinkan cahaya yang dibutuhkan tanaman bisa masuk ke dalam bangunan akan tetapi tanaman tetap dapat terhindar dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan seperti curah hujan yang deras, tiupan angin yang kencang atau keadaan suhu yang terlalu tinggi yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Greenhouse pertama kali dikembangkan pada pertanian organik maupun konvensional di wilayah beriklim subtropis. Namun, seiiring berjalannya waktu pertanian hidroponik pun menggunakan *greenhouse* yang bertujuan untuk melindungi tanaman sama halnya dengan pertanian organik maupun konvensional. Pada pertanian hidroponik, *greenhouse* salah satu jenis bangunan yang menggunakan cahaya matahari yang disebut sebagai "pabrik tanaman". Pabrik tanaman merupakan suatu bangunan yang memiliki kegiatan pertanian secara hidroponik dengan dikendalikan sepenuhnya secara buatan oleh manusia untuk menghasilkan produksi pangan secara stabil. Pabrik Tanaman menurut Takatsuji (2010:4) dalam bukunya yang berjudul 「よくわかる植物工場(しょくぶつこうじょう)」 menjelaskan bahwa :

> 『「植物工場(しょくぶつこうじょう)」の定義(ていぎ)は、「野菜(やさい)や苗(なえ)を中心(ちゅうしん)とした作物(さくもつ)を施設内(しせつない)で光(ひかり)、温湿度(おんしつど)、二酸化炭素濃度(にさんかたんそのうど)、培養液(ばいようえき)などの環境条件(かんきょうじょうけん)を人工的(じんこうてき)に制御(せいぎょ)し、季節(きせつ)や場所(ばしょ)にあまり捉(とら)われずに自動的(じどうてき)に連続生産(れんぞくせいさん)するシステム」ということになります。』

> "Pabrik tanaman adalah pabrik yang memproduksi tanaman seperti sayuran dan bibit yang dikendalikan dengan mengatur kondisi lingkungan seperti cahaya, suhu, kelembaban, konsentrasi karbondioksida, dan larutan kultur. Produksi berkelanjutan tanpa mempengaruhi musim dan tempat."

a) Pabrik Tanaman di Eropa

Pabrik tanaman hidroponik pertama kali berada di Eropa dan dikembangkan pada tahun 1957 di pertanian Christensen, Denmark. Membangun *greenhouse* dengan panjang 90 m (panjang budidaya 70 m) dan lebar 12 m. *Greenhouse* di pertanian Christensen ini menggunakan 2 jenis cahaya, yaitu menggunakan sinar matahari dan lampu natrium. Pada dasarnya, proses pertaniannya menggunakan sinar matahari sebagai sumber cahaya utama. Namun, bila musim dingin tiba, sumber cahaya diganti dengan lampu natrium. Suhu dan kelembaban dikontrol penuh sesuai kebutuhan tanaman.

Pertanian Christensen ini memproduksi kaiware yang merupakan makanan sehari-hari masyarakat Konpenhagen (Denmark) pada saat itu. Kaiware adalah daun lobak muda atau cikal bakal dari lobak. Proses penanamannya dibagi menjadi 6 tahap dan dipanen hanya membutuhkan 6 hari dengan tinggi tanaman 40-50 mm.

Perkembangan selanjutnya pada awal tahun 1970-an hingga awal 1980-an yang merupakan industri pertanian terbaik di Eropa. Dikembangkan oleh insinyur Othmar Ruthner yang telah membangun *greenhouse* dengan tinggi 53 m. Bangunan ini menarik banyak perhatian dengan desain pertanian perkotaan dan diberi nama *The Ruthner Greenhouse* di pinggiran kota Wina, Austria. *The Ruther Greenhouse* memproduksi jenis tanaman sayuran, yaitu: selada, tomat, paprika, asparagus, dan jamur. Selain itu, *The Ruther Greenhouse* juga memproduksi jenis

tanaman hias, yaitu: geranium, begonia, carnation, zinnias, dan orchids.

The Ruther Greenhouse ini menerapkan teknologi canggih, dengan memanfaatkan *conveyor* vertikal. Menurut Adika (2020:90) *conveyor* adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Teknologi ini, dapat mengahasilkan tanaman 5 kali lebih banyak dibandingkan sistem pertanian konvensional dengan luas lahan yang sama. Sehingga, memungkinkan terdapat 10.000 tanaman di dalamnya. Proses penanamannya, tanaman berada di *conveyor* memutar dan selama perjalanan menuju ke atas maupun kebawah tanaman disiram dan juga disemprotkan larutan nutrisi pada titik tertentu. Hasil produksinya di ekspor diberbagai negara yaitu: Swedia, Kanada, Norwegia, dan Swiss (Takatsuji, 2010:6).

b) Pabrik Tanaman di Amerika

Pabrik tanaman selanjutnya berada di Amerika Serikat dikembangkan pada tahun 1970-an hingga 1980-an. *General Electric* (GE) yang merupakan perusahaan multinasional dalam bidang teknologi dan jasa ini pada tahun 1970-an mulai mengembangkan pabrik tanaman hidroponik yang sangat canggih dengan dikendalikan sepenuhnya. Sumber cahayanya menggunakan lampu natrium tekanan tinggi. Produksi tanaman dibudidayakan adalah bayam, terong, bawang, lobak daikon, stroberi, lobak, melon, tanaman obat, tanaman hias, dan bibit pohon.

Hasil produksi tomat dalam pabrik tanaman GE dapat menghasilkan panen lebih banyak dibandingkan pertanian konvensional yang memiliki luas lahan yang sama. Produksi tomat pada pertanian konvensional hanya seberat 1,5 pon per kaki pesegi sedangkan GE menghasilkan 50 pon per kaki persegi. Meskipun

membutuhkan biaya besar untuk meneliti dan merancang pertanian ini, pabrik tanaman GE berhasil untuk menghasilkan pertanian yang stabil, bebas dari hama dan hasil produksi memiliki lebih banyak kadungan vitamin. Namun, karena kenaikan biaya bahan bakar setelah krisis minyak tahun 1970-an, GE memberikan paten Geniponicsh kepada industri Nobel, sebuah perusahaan Swedia. Geniponicsh dibeli oleh Control Data Corp. Pada tahun 1980, GE menarik diri sepenuhnya dari bisnis pabrik tanaman (Ts'ui-jung, 2018).

c) Pabrik Tanaman di Jepang

Penelitian pabrik tanaman hidroponik di Jepang pertama kali dimulai pada tahun 1974 oleh lembaga riset *Hitachi* di *Hitachi Central Research Laboratory*. Orang pertama yang memulai pabrik-pabrik cahaya buatan di Jepang adalah Takatsuji Masamoto. Ia memulai penelitian tentang pabrik tanaman di Laboratorium Penelitian Pusat Hitachi. Berikut adalah kutipan dari *The Birth of the Plant Factory* yang menggambarkan ide-ide kreatifnya:

> "*First I thought that even a layman like me should be able to grow vegetables. Then I thought that it is critical to control the environmental conditions for controlled agriculture, and Hitachi manufactures the necessary equipment such as microcomputers, air-conditioner, lamps, and various sensors. Many measurement instruments may be necessary, but we have a Measurement Equipment Division as well. There may even be a possibility of receiving orders for advanced agricultural plants. In conclusion, this is consistent with Hitachi's technology.*"
>
> "Awalnya saya berpikir bahwa bahkan orang awam seperti saya harus dapat menanam sayuran. Kemudian saya berpikir bahwa sangat penting untuk mengontrol kondisi lingkungan untuk pertanian yang dikendalikan, dan Hitachi memproduksi peralatan yang diperlukan seperti mikrokomputer, AC, lampu, dan berbagai sensor. Banyak instrumen pengukuran

> mungkin diperlukan, tetapi kami juga memiliki Divisi Peralatan Pengukuran. Bahkan mungkin ada kemungkinan menerima pesanan untuk tanaman pertanian canggih. Kesimpulannya, ini konsisten dengan teknologi Hitachi."

Takatsuji Masamoto merupakan lulusan Universitas Tokyo jurusan teknik dan telah mendapatkan penghargaan pada penemuannya dalam bidang laser. Ketika di usia 30-an, Takatsuji mulai tertarik dengan pertanian yang merupakan hal baru baginya. Semasa sekolahnya Takatsuji tidak mempelajari tentang makhluk hidup (biologi) yang merupakan dasar ilmu pertanian. Namun, karena mulai ada permasalahan pertanian di Jepang dan menganggap pabrik tanaman akan menjadi pertanian masa depan. Takatsuji Masamoto mulai meneliti hubungan sayuran dengan kondisi lingkungan yang didukung oleh tempat penelitiannya (*Hitachi Central Research Laboratory*). *Hitachi* merupakan perusahaan multinasional yang beroperasi di bidang elektronik dan mesin. Sehingga, dapat memproduksi teknologi yang dibutuhkan pada pabrik tanaman (Takatsuji, 2010:20).

B. Jenis Pabrik Tanaman

Seiring berkembangnya teknologi pada pabrik tanaman di dunia maupun di Jepang. Hingga saat ini, ada 2 jenis pabrik tanaman hidroponik, jenis tenaga surya (matahari) dan jenis cahaya buatan (lampu). Perbedaan mendasar pada 2 jenis pabrik tanaman tersebut, terletak pada sumber pecahayaan dan struktur bangunannya. Tujuan utama dibangunnya pabrik tanaman adalah untuk melindungi tanaman dari faktor luar, seperti hama dan cuaca.

1. Jenis Tenaga Surya (Matahari)

Bangunan yang digunakan jenis tenaga surya (matahari) adalah *greenhouse*. Sehingga, *greenhouse* yang menggunakan pertanian hidroponik dapat disebut sebagai "pabrik tanaman". Masyarakat Indonesia biasanya menyebut istilah *greenhouse* dengan sebutan rumah kaca. Sebagian besar, bangunan *greenhouse* ini dibuat dari bahan bening

atau tembus cahaya seperti kaca, plastik, dan fiberglass. Bahan yang tembus cahaya ini bertujuan untuk memudahkan cahaya matahari masuk untuk menyinari tanaman di dalam *greenhouse* tersebut.

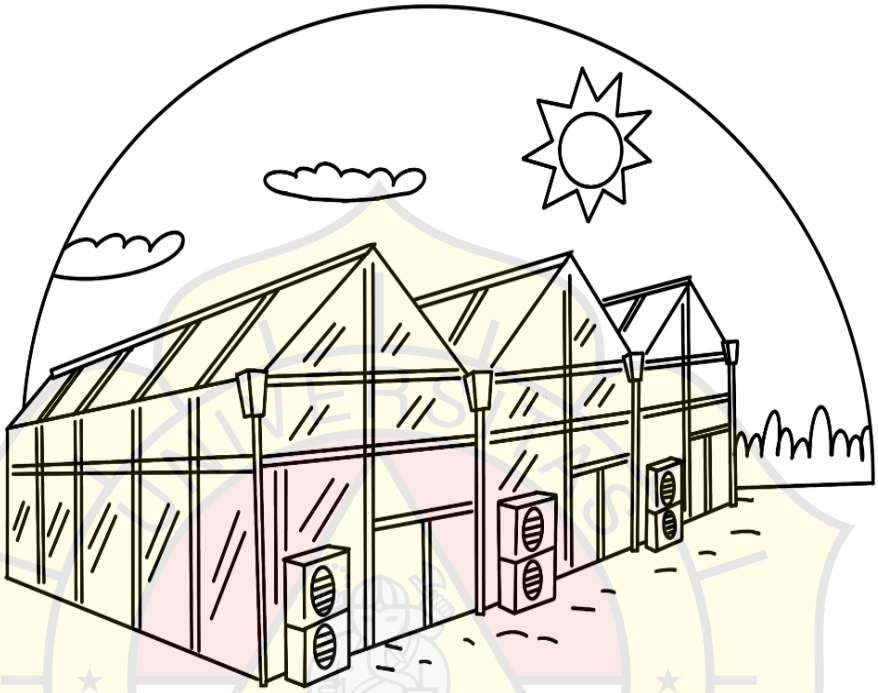
Namun, setiap negara memiliki iklimnya masing-masing sehingga hal ini dapat berpengaruh kepada bentuk dan fungsi dari rumah kaca sendiri. Salah satunya hal ini dapat dilihat melalui perbedaan bentuk *greenhouse* di iklim tropis dan subtropis. *Greenhouse* di iklim tropis seperti Indonesia, berfungsi melindungi tanaman dari serangan hama dan menahan air hujan secara langsung yang dapat membuat tanaman rusak. Bentuk kontruksinya di iklim tropis lebih sederhana dan lebih terbuka agar suhu di dalam ruangan dan di luar ruangan sama.

Sedangkan, iklim subtropis pada sebagian wilayah Jepang, *greenhouse* berfungsi untuk melindungi perubahan musim yang sangat mencolok. Melindungi tanaman dari musim dingin maupun musim lainnya yang sangat ekstrim yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Bentuk konstruksi di iklim subtropis lebih kompleks karena memerlukan berbagai sarana kontrol lingkungan dan lebih tertutup tujuannya untuk menjebak panas agar suhu udara di dalam *greenhouse* optimal (Nurhazmi, 2017:23).

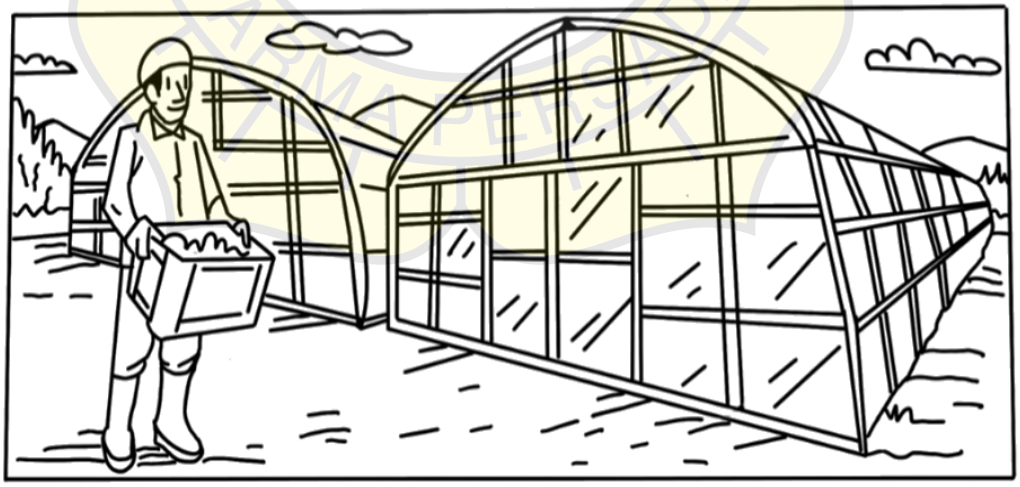
Penjabaran prinsip kerja *greenhouse* di iklim subtropis adalah menjebak panas ke dalam *greenhouse* yang berasal dari pemantulan radiasi gelombang panjang, sehingga suhu udara dalam greenhouse lebih hangat dibandingkan suhu luar. Untuk meningkatkan suhu di dalam *greenhouse*, biasanya dilengkapi dengan alat pemanas ruangan sehingga suhu udara sesuai untuk pertumbuhan tanaman (Nurul, 2018:85).

Mengenai pertanian di *greenhouse*, jenis tanaman yang cocok adalah tanaman pangan pokok terutama kalori seperti beras, gandum, tomat, strawberry, dan kentang. Selain itu, berbagai jenis sayuran juga dapat ditanam di *greenhouse*. Sehingga, jenis tanaman yang di tanam sesuai manajemen perusahaan dengan menentukan target pasar yang telah disepakati.

Perbedaan struktur bangunan greenhouse di iklim tropis dan subtropis:



Gambar 1. *Struktur Bangunan Greenhouse Subtropis*



Gambar 2. *Struktur Bangunan Greenhouse Tropis*

Sumber: トコトンやさしい植物工場の本

Perbedaan *greenhouse* di daerah tropis dan subtropis.

Subtropis	Tropis
Fungsi: sebagai sarana pertanian, sangan penting pada musim gugur, semi dan dingin.	Fungsi: melindungi tanaman dari siraman hujan secara langsung dan intensitas cahaya yang berlebihan.
Prinsip Kerja: menjebak panas sehingga suhu udara dalam *greenhouse* optimal.	Suhu udara relatif sama dengan luar *greenhouse.*
Kontruksi lebih kompleks karena memerlukan berbagai sarana kontrol lingkungan.	Kontruksi lebih sederhana. Saran kontrol relatif sedikit.

Tabel 1. *Perbedaan Greenhouse Subtropis dan Tropis*

Sumber: Bangunan Pertanian-Syarat Mutu Rumah Tanaman

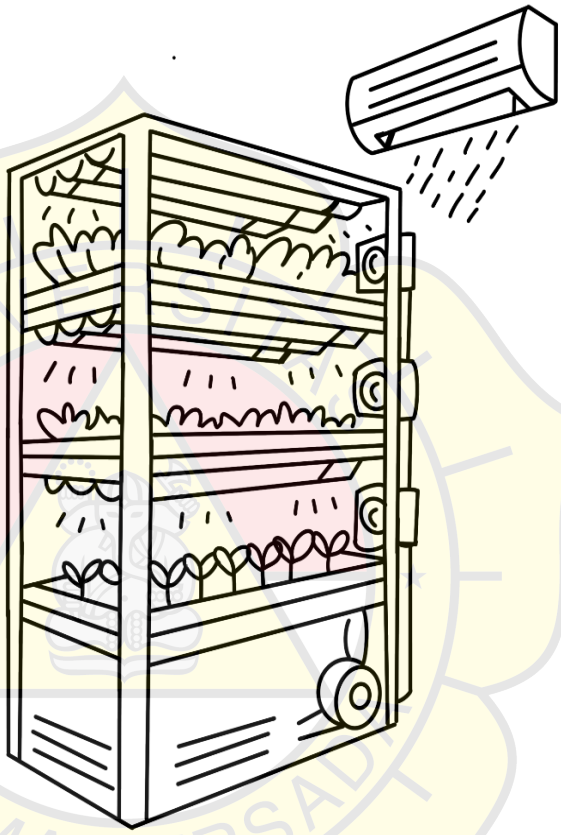
2. Jenis Cahaya Buatan (Lampu)

Bangunan yang digunakan pada jenis cahaya buatan ini disebut *Plant Factory with Artificial Lighting* atau disingkat PFAL. Pengertian PFAL menurut Kozai dalam bukunya *Plant Factory* (2020:32) adalah:

> "*The term plant factory with artificial (PFAL) refers to a plant production facility with thermally insulated and nearly airtight warehouse like structure.*"
>
> "Istilah pabrik tanaman jenis cahaya buatan mengacu pada fasilitas produksi pabrik dengan gudang seperti struktur yang kedap udara dan hampir kedap udara."

PFAL ini memanfaatkan lampu sebagai sumber cahaya utama tanaman. Lampu yang digunakan seperti lampu natrium tekanan tinggi, lampu neon dan LED. Tanaman yang cocok untuk PFAL adalah yang tingginya 30 cm atau lebih pendek seperti sayuran berdaun hijau, transplantasi, dan tanaman obat. Sebab, jarak antara tingkatan vertikal biasanya sekitar 40 cm, ketinggian optimal untuk memaksimalkan

penggunaan ruang. Selain itu, tanaman yang cocok untuk PFAL harus tumbuh dengan baik pada intensitas cahaya yang relatif rendah. Tanaman pangan pokok tidak cocok ditanam di PFAL karena hasil berat bersihnya lebih rendah dan tanamannya membutuhkan lebih banyak waktu untuk tumbuh dibandingkan sayuran (Kozai, 2016:46).



Gambar 3. *Peralatan pada Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL)*

Sumber: トコトンやさしい植物工場の本

Jenis tanaman pada PFAL sebagian besar berdaun, berbatang, dan berakar lunak. Sehingga semua bagian tanaman dapat dimakan tanpa ada yang terbuang. Berbagai macam sayuran banyak dijumpai di PFAL, pada proses pembenihan hingga panen, sayuran merupakan jenis tanaman yang lebih cepat panen dibandingan jenis tanaman lainnya.