

Pengurusan faktor biologi di dalam kilang tanaman dengan pencahayaan buatan

(Biological factor management in plant factory with artificial lightings)

Nur Adliza Baharom, Farah Huda Sjaifni Suherman, Mohammad Abid Ahmad, Siti Aisyah Abdullah, Mohamed Hafeifi Basir, Nur Syafini Ghazali, Zulaikha Mazlan, Siti Noor Aishikin Abdul Hamid, Zulhazmi Sayuti dan Farah Farhanah Haron

Pengenalan

Isu sisa baki racun perosak merupakan isu utama dalam penanaman sayur-sayuran. Selain menjejaskan kesihatan untuk jangka masa panjang, ia juga memberi perspektif negatif kepada pengguna terhadap sayuran yang ditanam secara terbuka. Pelbagai inovasi dan teknologi dihasilkan bagi meminimumkan penggunaan racun kimia agar produk sayuran lebih diterima pengguna. Antaranya adalah penanaman dalam struktur pelindung hujan dan kalis serangga, penggunaan racun berasaskan ekstrak bahan semula jadi, penggunaan agen kawalan semula jadi seperti pemangsa dan amalan kawalan perosak secara integrasi. Terkini, teknologi kilang tanaman semakin mendapat tempat untuk mengeluarkan sayur-sayuran tanpa menggunakan racun. Dalam erti kata lain, produk sayuran yang dihasilkan 100% bebas racun. Teknologi kilang tanaman merupakan sistem tanaman dalam persekitaran terkawal dan tertutup (*closed plant production systems*). Sistem ini dapat mengawal semua faktor persekitaran dan keperluan tanaman seperti cahaya, suhu, pengudaraan, kelembapan udara, karbon dioksida, pembajaan dan pengairan.

Terdapat enam ciri utama kilang tanaman yang perlu diaplikasikan dalam sistem iaitu persekitaran terkawal, struktur atau bangunan yang berteknologi hijau serta jimat tenaga, sistem tanaman bertingkat atau vertikal, penggunaan air dan baja yang efektif, bebas daripada penggunaan racun perosak dan penyakit serta penggunaan pencahayaan buatan seperti *Light Emitting Diode* (LED). Aplikasi teknologi kilang tanaman dapat menangani isu sisa baki racun dalam produk komoditi sayuran dan seterusnya meningkatkan kualiti hasil segar. Di MARDI, sebuah kilang tanaman berskala perintis untuk menghasilkan sayur-sayuran dan herba yang bernilai tinggi telah dibina (*Gambar 1*). Secara umumnya, serangan serangga dan jangkitan penyakit di dalam kilang tanaman adalah minimum iaitu kurang



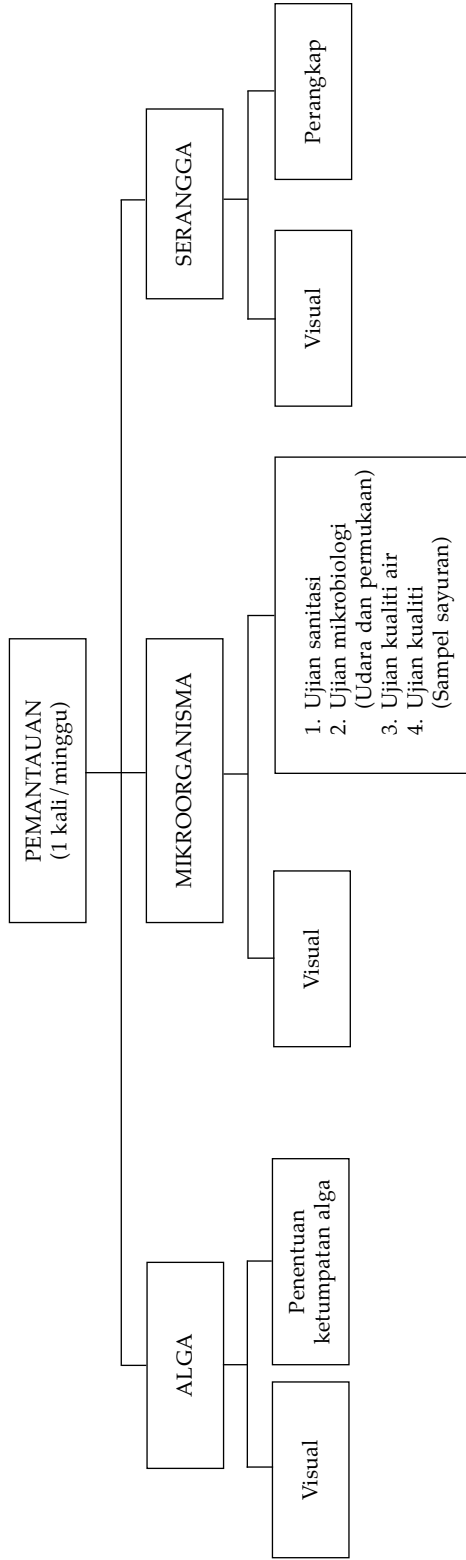
Gambar 1. Kilang Tanaman MARDI

0.05% insiden serangan. Walau bagaimanapun, kehadiran faktor biologi seperti alga, mikroorganisma dan serangga didapati boleh menyebabkan kualiti tanaman terjejas dan mengurangkan hasil pengeluaran. Secara ringkasnya, langkah pemantauan dan pengurusan faktor biologi yang dibangunkan oleh MARDI adalah seperti dalam *Rajah 1* dan *Rajah 2*. Manakala Prosedur Operasi Standard (SOP) Kilang Tanaman MARDI adalah seperti dalam *Rajah 3*. Berdasarkan laporan, tiada penetapan SOP Kilang Tanaman yang dikeluarkan oleh mana-mana agensi di dalam dan di luar negara. Setiap pengeluar mempunyai SOP yang tersendiri, sebagai contoh *Japan Agricultural Standard* (JAS) masih dalam peringkat perbincangan mengenai penetapan SOP Kilang Tanaman terutamanya berkaitan dengan pengurusan faktor biologi untuk negara Jepun.

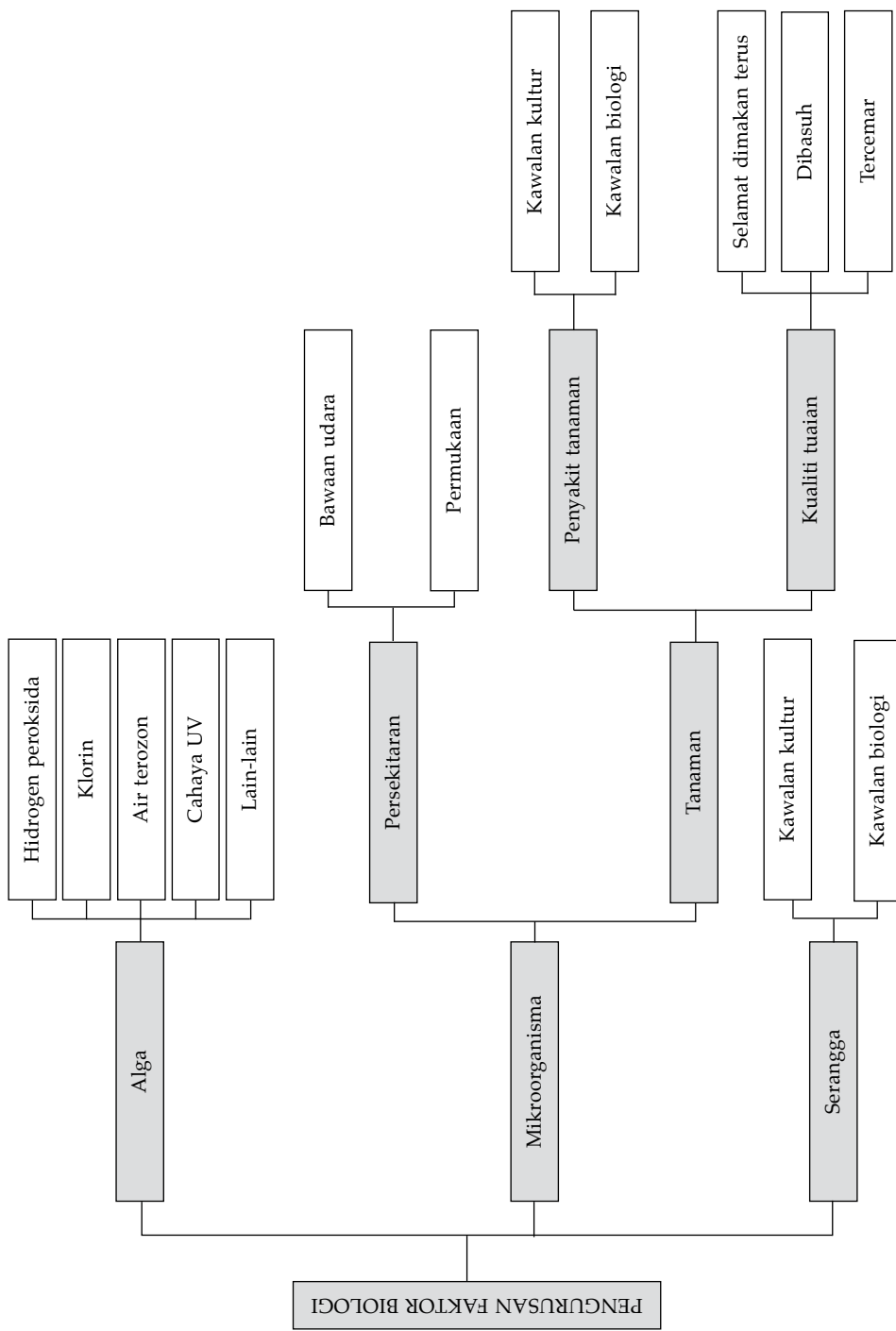
Pengurusan alga

Alga merupakan organisma yang bersifat fototrofik dan boleh membuat makanan sendiri (*Gambar 2*). Alga menghasilkan oksigen dan menyerap karbon dioksida. Di dalam kilang tanaman, ketumpatan alga (*algae density*) yang tinggi akan menyebabkan kualiti air dan tanaman terjejas. Secara visual, ketumpatan alga yang tinggi ($>10^4 - 10^6$ cells mL⁻¹) akan menyebabkan larutan nutrien keruh dengan bacaan ketumpatan oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yang rendah iaitu kurang daripada 6 ppm. Ketumpatan alga yang tinggi boleh menarik kehadiran serangga seperti *fungus gnat* (*Bradysia* sp.) dan *shore fly* (*Scatella* sp.) dan juga jangkitan penyakit disebabkan oleh *Phytlum* spp.

Cara terbaik pengawalan alga adalah menggunakan medium tanaman (span) berwarna hitam dan menutup permukaan sistem penanaman dengan bahan legap (plastik hitam) bagi menghalang pantulan cahaya ke permukaan air. Selain itu, penggunaan tangki pelindung pantul cahaya dan paip legap juga turut membantu bagi mengurangkan ketumpatan alga. Namun, terdapat beberapa cadangan pengawalan alga seperti menggunakan hidrogen peroksida, klorin, air terozon dan cahaya ultra ungu (UV). Penggunaan aplikasi cahaya UV dilaporkan dapat mengurangkan masalah alga dan juga penyakit bawaan air. Kajian mengenai kesan aplikasi cahaya UV terhadap ketumpatan alga sedang dijalankan di Kilang Tanaman MARDI. Untuk langkah pencegahan, dulang penanaman termasuk keseluruhan sistem penanaman perlu dibersihkan dan disinfeksi dengan bahan disinfeksi seperti hidrogen peroksida (0.08%) atau sodium hipoklorik (10%) pada setiap pusingan penanaman bagi mengekalkan sanitasi yang baik di dalam kilang. Secara ringkasnya, pengesyoran pengawalan alga adalah seperti dalam *Jadual 1*. Kaedah *flushing* dan semburan ke setiap permukaan sistem penanaman adalah disyorkan bagi tujuan disinfeksi.

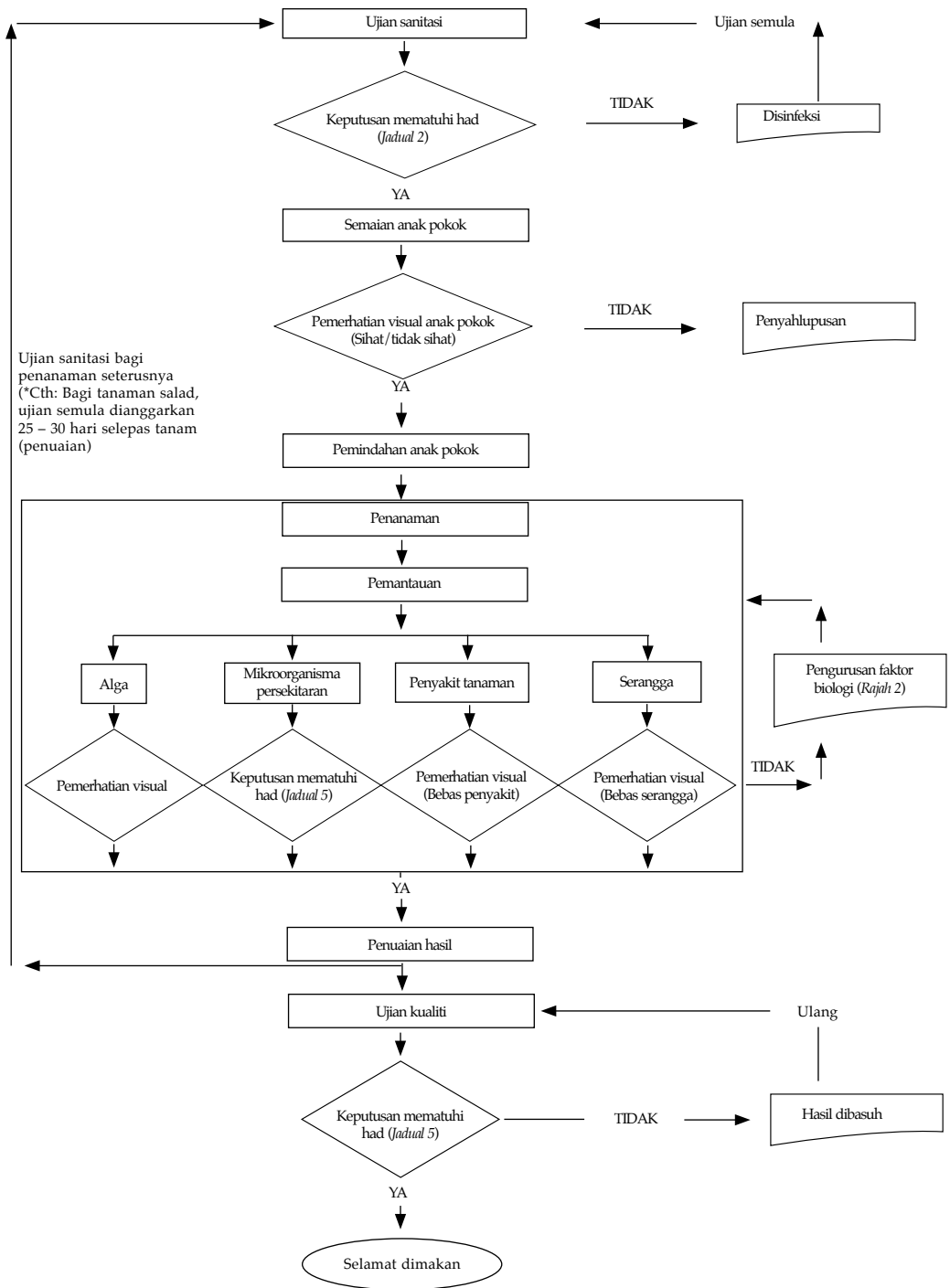


Rajah 1. Aktiviti pemantauan bagi mengesan kehadiran faktor biologi di kilang tanaman MARDI



Nota:
Kemas kini sehingga 26 Januari 2020

Rajah 2. Pengurusan faktor biologi Kilang Tanaman MARDI



Nota:
Kemas kini sehingga 26 Januari 2020

Rajah 3. Prosedur operasi standard pengurusan faktor biologi Kilang Tanaman MARDI



Gambar 2. Pertumbuhan alga di span pada aras larutan nutrien

Jadual 1. Pengesyoran pengawalan alga

Kawalan	Catatan*
Span (<i>absorbent polymer material</i>)	–
Plastik hitam	–
Tangki perlindungan pantul cahaya	–
Paip legap	–
Air terozon	~ 3 mg/L
Hidrogen peroksida	<0.08%
Klorin	0 – 1 mg/L
	*Tiada ion NH ₄ -N tersedia di dalam larutan nutrien
Algasid	–
Cahaya UV	250 mJ/cm ²

**Sumber: Biological Factor Management (2015)

Pengurusan mikroorganisma

Pengurusan mikroorganisma sama ada mikroorganisma patogenik (mikroorganisma yang menyebabkan penyakit tanaman) atau tidak patogenik di kilang tanaman amat penting dan terbahagi kepada pengurusan persekitaran dan pengurusan kualiti. Bagi memastikan kualiti hasil pengeluaran adalah terbaik, kawalan dan pengurusan mikroorganisma persekitaran terutamanya mikroorganisma patogenik harus dikawal. Antara penyakit utama pada tanaman salad adalah seperti *Phytium* spp. yang boleh menyebabkan penyakit lecuh anak pokok, *Botrytis cinerea* yang menyebabkan kulapuk kelabu dan *Fusarium oxysporum* yang menyebabkan penyakit layu (Gambar 3). Pemantauan secara berkala perlu dilakukan untuk mengelakkan penyebaran penyakit.

Bagi pengurusan persekitaran, disyorkan ujian mikrobiologi mikroorganisma persekitaran dilakukan setiap bulan. Had mikrobiologi mikroorganisma bawaan udara dan permukaan tidak boleh melebihi kadar 0 – 4 cfu/m³ dan 100 cfu/25 m² untuk bakteria manakala kulat pada kadar 16 – 24 cfu/m³ dan



Gambar 3. Penyakit tanaman di kilang tanaman (a) Lecuh anak pokok (b) Kulapuk kelabu dan (c) Layu Fusarium

Jadual 2. Had mikrobiologi mikroorganisma persekitaran di kilang tanaman

Mikroorganisma/Persekitaran	Bawaan udara*	Permukaan*
Bakteria	0 – 4 cfu/m ³	100 cfu/25 m ³
Kulat	16 – 24 cfu/m ³	1 – 51 cfu/m ³

*Sumber: *Biological Factor Management* (2015)

1 – 51 cfu/25 m² berdasarkan had piawaian ditetapkan oleh *Japan Agricultural Standard* (JAS) (Jadual 2). Sekiranya jumlah mikroorganisma melebihi aras ditetapkan, aktiviti disinfeksi akan dijalankan menggunakan bahan disinfeksi seperti dalam *Jadual 3*. Pemakaian peralatan perlindungan diri (*personal protective equipments*) atau PPE yang lengkap merangkumi kot makmal, penutup kepala, penutup muka serta penutup kasut oleh petugas di kilang tanaman adalah penting sepanjang aktiviti penanaman berlangsung termasuk bagi pelawat yang hadir (Gambar 4). Ini penting bagi meminimumkan populasi mikroorganisma di persekitaran kilang tanaman dan seterusnya mengurangkan jangkitan penyakit. Penggunaan ujian ATP (Lumitester) selain ujian mikrobiologi mikroorganisma persekitaran bagi mengukur tahap sanitasi kilang tanaman dan kualiti air telah dipraktikkan di Kilang Tanaman MARDI bagi mendapatkan keputusan sanitasi yang pantas dan tepat.

Had mikrobiologi sayuran yang ditanam di kilang tanaman adalah rendah berbanding dengan sayuran yang ditanam menggunakan penanaman secara hidroponik dan penanaman secara terbuka (Jadual 4). Kajian yang dijalankan di Kilang Tanaman MARDI menunjukkan bahawa kiraan jumlah mikrob pada hasil tuaian yang menggunakan sistem teknologi penanaman di dalam kilang tanaman adalah lebih rendah berbanding dengan sayuran komersial yang dijual iaitu 10¹ – 10² cfu/g bagi bakteria mesofilik aerobik, koliform serta yis dan kulat (Jadual 5). Bagi memastikan kualiti sayuran yang ditanam di kilang tanaman adalah selamat, pengurusan

Jadual 3. Pengesyoran bahan disinfeksi bagi pengurusan mikroorganisma di kilang tanaman

Bahan disinfeksi	Kepekatan	pH	Kegunaan	Kekerapan
Sodium hipoklorit (Contoh: Clorox)	100 ppm / 10%	-	Tikar pembasmi Disinfeksi kilang tanaman (dinding, struktur kerangka)	Sepanjang musim penanaman
Alkohol (Etil, isopropil)	70 – 80%	-	Disinfeksi kilang tanaman (dinding, struktur kerangka)	Sepanjang musim penanaman
Cloroxyleneol	*	-	Disinfeksi kilang tanaman (dinding, struktur kerangka)	Sepanjang musim penanaman
Benzalkonium chloride	*	-	Disinfeksi kilang tanaman (dinding, struktur kerangka)	Sepanjang musim penanaman
Potassium hidroksida	1 – 2%	>10	Tikar pembasmi	Sekiranya perlu
Hidrogen peroksida	0.08%	-	Disinfeksi sistem penanaman <i>Flushing</i> sistem penanaman Rawatan mikroorganisma patogenik bawaan air dan alga	Setiap kali musim penanaman
Kalsium hipoklorit	100 ppm	-	Disinfeksi kilang tanaman (dinding, struktur kerangka) Sistem pengaliran (air, paip, <i>sprinkler</i>)	Setiap kali musim penanaman

*Berdasarkan pengesyoran pada label



Gambar 4. Peralatan perlindungan diri (PPE)

Jadual 4. Had mikrobiologi berdasarkan jenis sistem penanaman

Sistem penanaman	Kiraan jumlah bakteria (cfu/g)	Rujukan
Kilang tanaman	$10^2 - 10^6$	<i>Biological Factor Management</i> (2015)
Penanaman secara terbuka	$10^2 - 10^{10}$	
Hidroponik	$10^3 - 10^9$	

Jadual 5. Perbandingan kiraan jumlah mikrob bagi penanaman di Kilang Tanaman MARDI dan komersial

Jenis salad	Sumber	Jumlah mikrob (cfu/g)		
		Mesofilik aerob	Koliform	Yis dan kulat
<i>Butterhead</i>	Komersial	4.02×10^{2a}	2.99×10^{2a}	2.25×10^{2a}
	Kilang Tanaman, LED Merah: Biru: Hijau	1.84×10^{2b}	0.00^b	1.60×10^{2a}
	Kilang Tanaman, Merah: Biru	1.09×10^{2b}	0.00^b	9.75×10^{1b}
<i>Red Coral</i>	Komersial	2.81×10^{2a}	1.98×10^{2a}	1.77×10^{2a}
	Kilang Tanaman, Merah: Biru: Hijau	8.42×10^{1b}	0.00^b	3.33×10^{1a}
	Kilang Tanaman, Merah: Biru	6.19×10^{1b}	0.00^b	5.34×10^{1a}

Nota:

Penilaian mikrobiologi antara sampel sayuran telah dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) (SAS version 9.3). Purata antara jalur diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeza secara ketara (DMRT; $p < 0.05$)

kualiti tuaian sayuran perlu dijalankan. Pengurusan kualiti bagi hasil tuaian perlu dijalankan pada setiap musim penuaian di mana had mikrobiologi pada hasil tuaian tidak boleh melebihi $10^0 - 10^6$ cfu/g (Jadual 6). Hal ini demikian kerana sayur-sayuran yang ditanam di kilang tanaman ialah sayur-sayuran berdaun dan cenderung dimakan mentah. Oleh itu, pengurusan persekitaran dan sanitasi adalah penting bagi memastikan ia selamat dimakan.

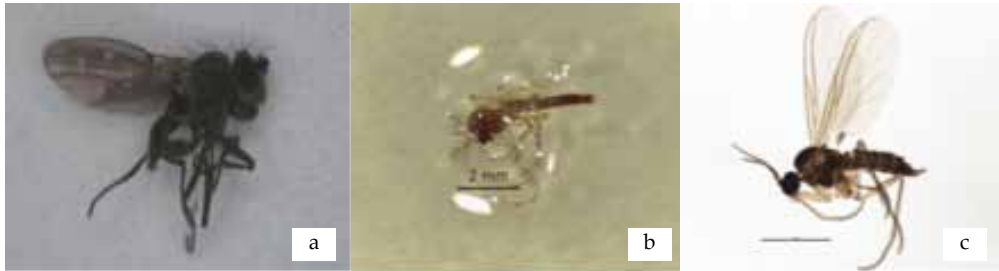
Pengurusan serangga

Serangan serangga perosak adalah sangat rendah di dalam kilang tanaman kerana menggunakan sistem penanaman bertutup dengan persekitaran terkawal. Namun, terdapat juga kehadiran serangga yang mengganggu kualiti dan sanitasi kilang tanaman yang dipanggil *nuisance pests* sekiranya tidak dikawal seperti *shore fly* (Diptera: Ephydriidae), *fungus gnat* (Diptera: Sciaridae) dan *aquatic midge* (Diptera: Chironomidae) (Gambar 5). Kehadiran *nuisance pests* ini adalah disebabkan oleh kehadiran dan ketumpatan alga yang tinggi. Kehadiran serangga ini perlu diambil perhatian kerana dikhuatiri sebagai pembawa penyakit tanaman terutamanya *fungus gnat*. Pengawalan alga dapat membantu mengurangkan kehadiran serangga.

Walaupun kehadiran serangga perosak adalah minimum, serangga lain seperti semut, lipas dan lalat mungkin hadir di dalam kilang tanaman. Oleh itu, pemantauan secara berkala perlu dijalankan untuk membendung serangga perosak daripada memasuki kilang tanaman.

Jadual 6. Had mikrobiologi sayur-sayuran

Bakteria	Minimum	Maksimum	Rujukan kaedah analisis	Rujukan
Anaerobik bakteria	10^2 cfu/g	10^4 cfu/g	ISO 4833:2003 FDA Bacteriological Analytical Manual Online, 2001: Chapter 3 – Aerobic plate counts	Microbiological Guidelines for Food (For ready-to-eat food in general and specific food items)
				MRCFF Australia
Koliform	10^0 cfu/g	10^2 cfu/g	ISO 4831:2006 ISO 4832:2006 AOAC, 18 th Edition, 2005: 17.3.04 – Coliform/ <i>E. coli</i> Petrifilm	Microbiological Guidelines for Food (For ready-to-eat food in general and specific food items)
				MRCFF Australia
Yis dan kulat	10^2 cfu/g	10^6 cfu/g	Plate Count Method	Biological Factor Management (2015)



Gambar 5. Kehadiran serangga di kilang tanaman (a) Shore fly (b) Aquatic midge (c) Fungus gnat

Penggunaan perangkap lekit berwarna kuning memudahkan untuk mengesan kehadiran serangga tersebut. Pemantauan kehadiran serangga perlu dijalankan secara berkala terutamanya melibatkan laluan pintu-pintu masuk seperti kemasukan bahan tanaman daripada nurseri, aktiviti keluar masuk individu/ bahan/ peralatan dan pembuangan sisa bagi mengelakkan sebarang serangga masuk ke dalam premis kilang tanaman. Secara ringkasnya, pengurusan serangga dan perosak adalah seperti yang berikut:

1. Penggunaan perangkap lekit kuning di dalam premis, di pintu-pintu masuk (utama dan nurseri)
2. Menyelaputi bahagian kaki rak tanaman dengan bahan pelekat (*insect coating barrier*)
3. Penggunaan umpan perosak di setiap sudut premis (lipas, tikus, semut)
4. Tidak makan dan minum di dalam kilang tanaman

Kesimpulan

Pengurusan faktor biologi adalah penting bagi penghasilan tanaman yang berkualiti. Sanitasi sepanjang operasi perlu dititikberatkan dan pemantauan secara berkala perlu dijalankan. SOP pengurusan faktor biologi di kilang tanaman perlu dipatuhi bagi memastikan operasi penanaman di dalam kilang tanaman berjalan lancar dan hasil tuaian adalah yang terbaik.

Penghargaan

Pengarang merakamkan ucapan terima kasih kepada pasukan penyelidik dan staf yang terlibat dalam kajian ini. Projek ini dibiayai oleh Projek Pembangunan P-RH404-A (Sistem pengeluaran sayuran bernilai tinggi secara intensif dalam kilang tanaman).

Bibliografi

- Biological Factor Management (2015) Dalam: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00021-4>
- Caixeta, V.M., Da Mata, A.D.S.P., Curvêlo, C.R. da S., Tavares, W.D.S., Ferreira, L.L. dan Pereira, A.I.A. (2018). Hydrogen peroxide for insect and algae control in a lettuce hydroponic environment. *Journal of Agricultural Science*. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n8p221>
- Dannehl, D., Schuch, I., Gao, Y., Cordiner, S. dan Schmidt, U. (2016). Effects of hypochlorite as a disinfectant for hydroponic systems on accumulations of chlorate and phytochemical compounds in tomatoes. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2544-5>
- Goto, E. (2012). Plant production in a closed plant factory with artificial lighting. *Acta Horticulturae*. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.956.2>
- Kozai, T. dan Niu, G. (2015). Introduction. Dalam: *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00001-9>
- Lu, N. dan Shimamura, S. (2018). Protocols, Issues and Potential Improvements of Current Cultivation Systems. Dalam: *Smart Plant Factory*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1065-2_3
- Microbiological Reference Criteria for Food (MRCFF) (2016). Australia Food Standards Code – Microbiological limits in food, Standard 1.6.1, Schedule
- Microbiological Guidelines for Food (For ready-to-eat food in general and specific food items) (2014)
- Health Protection Agency (2009). Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market. https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110930033343/http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1259151921557
- Shimizu, H., Saito, Y., Nakashima, H., Miyasaka, J. dan Ohdoi, K. (2011). Light environment optimization for lettuce growth in plant factory. Dalam: *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*. <https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.02683>

Ringkasan

Kilang tanaman adalah konsep terbaru dalam industri pertanian di Malaysia, di mana kini kita beralih daripada pertanian berasaskan tanah kepada pertanian di dalam bangunan. Kilang tanaman menggunakan pencahayaan buatan (*plant factory with artificial lights*) dan sistem pengeluaran tanaman secara tertutup (*closed plant production systems*) dapat menghasilkan tanaman berkualiti tinggi tanpa sebarang penggunaan racun perosak. Di MARDI, sebuah kilang tanaman berskala perintis telah dibina bagi menghasilkan sayur-sayuran dan herba yang bernilai tinggi. Kehadiran faktor biologi seperti alga, mikroorganisma dan serangga didapati boleh menyebabkan kualiti tanaman terjejas dan mengurangkan hasil pengeluaran. Oleh itu, Prosedur Standard Operasi (SOP) bagi pengurusan faktor biologi di kilang tanaman MARDI telah dibangunkan.

Summary

Plant factory is the latest concept in the Malaysian agricultural industry as we are now transitioning from land based agriculture to indoor agriculture. Plant factory that uses or equipped with artificial lamps and closed plant production system can produce high quality plants without the use of pesticides. At MARDI, we have built a pioneering scale plant to house high-value vegetables and herbs. The presence of biological factors such as algae, microorganisms, and insects can reduce the quality of crops and yield. To date, no Standard Operation Procedure (SOP) has been issued by any domestic or foreign agencies especially focusing on monitoring steps of biological factors management. Therefore, SOP for Biological factors management in MARDI's plant factory was developed.

Pengarang

Nur Adliza Baharom
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: nuradliza@mardi.gov.my

Farah Huda Sjfani Suherman, Mohammad Abid Ahmad, Siti Aisyah Abdullah,
Mohamed Hafeifi Basir, Nur Syafini Ghazali, Zulaikha Mazlan,
Zulhazmi Sayuti (Dr.) dan Farah Farhanah Haron (Dr.)
Pusat Penyelidikan Hortikultur, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Siti Noor Aishikin Abdul Hamid
Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor