

Kaedah penilaian insiden penyakit *Begomovirus* dan kesan terhadap tanaman tomato di ladang organik MARDI

(Method for assessing the occurrence of *Begomovirus* and its effects on tomato in an organic farm in MARDI)

Aminah Mahmud, Nurul Farisa Reward, Ainnur Arina Roslan, Nurin Izzati Mohd Zulkifli dan Nor Ayshah Alia Ali Hassan

Kata kunci: *Begomovirus*, infeksi virus, kesan pertumbuhan tanaman, tomato organik, vektor

Pengenalan

Permintaan terhadap sayur-sayuran organik menunjukkan peningkatan ketara sejak kebelakangan ini sejajar dengan tahap kesedaran pengguna yang semakin tinggi terhadap aspek kesihatan dan keselamatan makanan. Produk hasilan organik kini semakin mendapat tempat di pasaran kerana diyakini lebih selamat untuk dimakan, bebas daripada residu racun perosak sintetik dan mengandungi nilai nutrisi yang lebih tinggi berbanding dengan hasil pertanian konvensional. Perkembangan ini telah mendorong pelbagai inisiatif ke arah pengeluaran hasil pertanian secara mampan, termasuk sayur-sayuran dan buah-buahan organik.

Di Malaysia, terdapat lebih 251 ladang organik yang telah menerima pensijilan myOrganic, meliputi kawasan seluas kira-kira 1,848 hektar. Walau bagaimanapun, keluasan tanaman organik masih sangat terhad iaitu kurang daripada 1% daripada jumlah keseluruhan tanah pertanian negara. Pada tahun 2019, pengeluaran hasil organik dianggarkan sekitar 980 tan metrik dengan nilai pasaran mencecah RM245 juta. Meskipun skalanya kecil, landskap pertanian organik di negara ini menunjukkan perkembangan yang memberangsangkan, didorong oleh pertumbuhan pasaran, peningkatan kesedaran pengguna dan peluasan sistem pensijilan.

Tomato (*Solanum lycopersicum*) merupakan antara tanaman hortikultur utama yang mendapat perhatian dalam sistem pertanian organik. Selain penting dari segi pemakanan kerana kandungan likopena, vitamin C dan antioksidan, tomato juga memberi sumbangan ekonomi yang signifikan di peringkat domestik dan antarabangsa. Justeru, pengeluaran tomato organik semakin diberi keutamaan bagi memenuhi permintaan pasaran yang terus berkembang.

Namun begitu, seperti tanaman lain, tomato tidak terkecuali daripada serangan penyakit yang boleh menjejaskan hasil dan kualiti tanaman. Salah satu ancaman utama adalah jangkitan virus tumbuhan daripada genus *Begomovirus* yang tergolong dalam famili Geminiviridae. Virus ini merupakan patogen penting yang menjangkiti tanaman dalam famili Solanaceae dan telah dikenal pasti menyebabkan kerosakan serius kepada hasil pertanian di rantau Asia Tenggara.

Jangkitan *Begomovirus* telah dikenal pasti atau berpotensi menjangkiti tanaman dalam famili Solanaceae di Malaysia. Antaranya, *Ageratum yellow vein Malaysia virus* (AYVMV) telah disahkan menjangkiti tomato di Cameron Highlands dan menyebabkan simptom daun kuning, kerinting serta pertumbuhan terbantut. Selain itu, *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV) dan *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* (PepYLCIV) turut dikesan pada tomato dan cili melalui analisis molekul.

Penyebaran *Begomovirus* disebarkan oleh vektor utamanya, iaitu lalat putih (*Bemisia tabaci*) yang berupaya memindahkan virus dari satu tanaman ke tanaman lain. Faktor-faktor seperti evolusi variasi virus, kemunculan biotip lalat putih yang lebih agresif, serta peningkatan populasi vektor telah menyumbang kepada peningkatan kes jangkitan *Begomovirus* dalam pelbagai sistem pertanian, termasuk sistem organik. Gejala tipikal jangkitan *Begomovirus* pada tomato termasuk daun mengerekot dan kerinting serta perubahan warna daun seperti klorosis. Setelah virus menjangkiti sel tumbuhan, ia mengambil alih sebahagian kawalan metabolik sel tersebut. Penyebaran virus ke sel-sel bersebelahan meningkatkan kebolehtelapan plasmodesmata, menyebabkan pengumpulan karbohidrat berlebihan serta penurunan kadar fotosintesis pada daun. Ini membawa kepada pertumbuhan tanaman terbantut dan pengurangan hasil buah yang ketara.

Dalam konteks pertanian organik, kawalan penyakit menjadi lebih mencabar kerana tidak melibatkan penggunaan racun kimia. Oleh itu, kejadian penyakit disebabkan virus pada sistem penanaman tanaman tomato organik perlu diberi perhatian, khususnya dalam usaha untuk memastikan kelestarian pengeluaran dan keselamatan makanan.

Pensampelan dan pemantauan insiden penyakit virus di lapangan

Pemantauan insiden penyakit virus dijalankan bawah kajian pembajaan organik bagi tanaman tomato varieti Baccarate di Ladang Organik Bersepadu MARDI, Serdang, Selangor. Pemantauan dijalankan berikutan terdapat serangan penyakit ke atas tanaman tomato di plot kajian tersebut. Penanaman dijalankan di bawah struktur perlindungan hujan dengan rawatan pembajaan organik yang berbeza iaitu T1: baja organik komersial, T2: baja organik baharu dan foliar, T3: baja organik baharu sahaja dan T4: tiada pembajaan. Pemerhatian visual dilakukan secara berkala bermula dari peringkat penanaman hingga peringkat berbuah dan data peratus insiden penyakit tanaman tomato dikira berdasarkan formula berikut:

$$\begin{aligned} &\text{Insiden penyakit (\%)} \\ &= \frac{\text{Bilangan Pokok Bergejala}}{\text{Bilangan Pokok Diperiksa}} \times 100 \end{aligned}$$

Antara simptom yang sangat ketara diperhatikan termasuklah bentuk daun yang berkerekot atau kerinting (*Gambar 1*), daun muda kelihatan kecil serta pertumbuhan pucuk apikal serta pertumbuhan terbantut dan hasil buah yang berkurang. Sampel tanaman tomato yang menunjukkan simptom dikumpulkan untuk diagnosis lanjut di makmal.



Gambar 1. Simptom disebabkan jangkitan penyakit *Begomovirus* seperti daun kerinting, pertumbuhan tunas baharu terbantut, kelihatan kerdil dan tidak membesar secara normal walaupun telah mula berbuah

Kaedah pengenalpastian dan diagnostik molekular

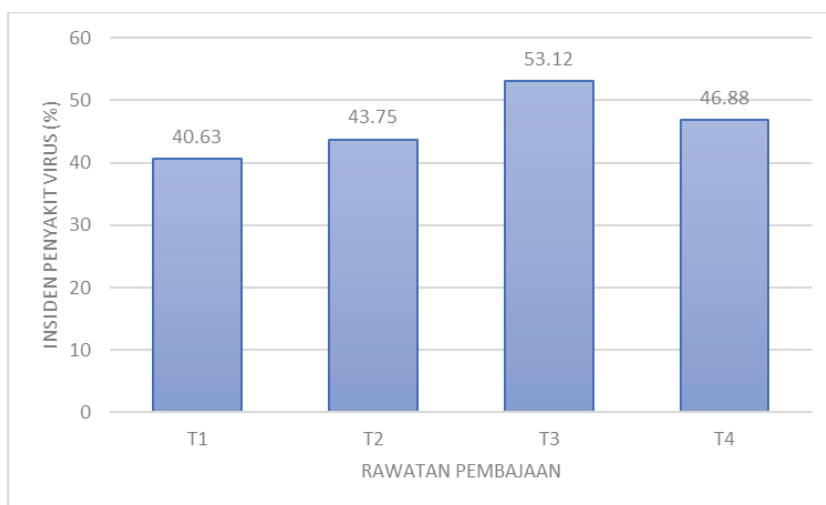
Sampel daun tomato yang menunjukkan simptom jangkitan virus telah dikutip daripada pokok bergejala. Sebanyak ± 100 mg tisu daun diekstrak menggunakan kit *DNeasy Plant* (Qiagen, USA) mengikut protokol pengeluar. Kaedah bagi mengesan kehadiran *Begomovirus* dijalankan melalui tindak balas berantai polimerase (PCR). Kaedah pengenalpastian ini menggunakan primer universal *Begomovirus* PAL1v1978: 5'-GAGTCTAGACTCTGCAGATATTGA-3' dan PAR1c715: 5'-AATTACCCGGATTTAGTG-3' yang menyasarkan gen DNA virus dengan saiz ~1500 pasangan bes. Reaksi PCR dijalankan dalam jumlah 25 μ L yang mengandungi campuran MyTaq™ Red Mix, primer, templat DNA dan air bebas nuklease. Protokol PCR melibatkan denaturasi awal pada 94 °C selama 4 minit, diikuti 30 kitaran (94 °C selama 1 minit, 52 °C selama 1 minit dan 72 °C selama 2 minit), serta pemanjangan akhir pada 72 °C selama 1 minit dan penyejukan pada 4 °C. Produk PCR dianalisis melalui elektroforesis gel agarose 1% dalam penimbal TAE 1 $\times$ (pH 8.0) pada 100 A selama 30 – 45 minit dan divisualkan di bawah cahaya *ultra violet* (UV).

Pemantauan kehadiran serangga vektor perosak

Pemantauan kehadiran serangga vektor dijalankan melalui dua kaedah utama, iaitu pemerhatian visual dan penggunaan perangkat pelekat serangga. Pemerhatian visual melibatkan pemeriksaan secara rawak terhadap daun dan bahagian bawah daun pada waktu pagi bagi setiap rawatan. Populasi serangga perosak direkodkan dalam borang skor pemantauan serangga dengan parameter seperti jenis serangga, bilangan individu, lokasi pemerhatian, tarikh dan masa pemantauan. Selain itu, perangkat serangga seperti *Yellow Sticky Trap* (YST) atau perangkat pelekat kuning dipasang di antara batas tanaman dan data bilangan serangga yang terperangkap dikumpul secara mingguan dan purata bilangan serangga vektor bagi setiap plot dikira untuk tujuan analisis dan pemantauan berterusan.

Dapatan penilaian insiden penyakit tomato di ladang organik

Berdasarkan pemantauan di ladang organik, insiden jangkitan *Begomovirus* pada tanaman tomato berbeza mengikut jenis pembajaan organik yang digunakan (*Rajah 1*). Rawatan T3 (baja organik baharu sahaja) mencatatkan insiden tertinggi (53.12%), diikuti oleh T2 (baja organik baharu + foliar) sebanyak 43.75%, T4 (tiada pembajaan) sebanyak 46.88% dan T1 (baja organik komersial) menunjukkan insiden terendah iaitu 40.63%. Keputusan ini menunjukkan bahawa semua rawatan terdedah kepada jangkitan virus, namun tahap keterukan berbeza mengikut jenis pembajaan. Ini mencadangkan bahawa jenis baja organik mungkin mempengaruhi tahap kerentanan tanaman terhadap virus. Walaupun pembajaan organik meningkatkan kesuburan tanah dan menyokong pertumbuhan, ia tidak semestinya meningkatkan ketahanan terhadap jangkitan virus, memandangkan nutrien tidak mampu menyekat replikasi virus dalam sel tumbuhan.

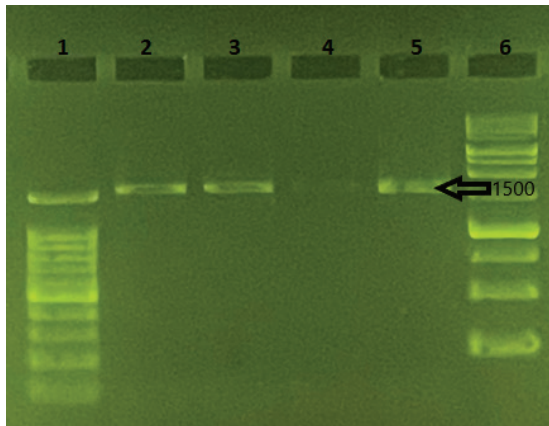


Nota: T1: baja organik komersial, T2: baja organik baharu dan foliar, T3: baja organik baharu sahaja dan T4: tiada pembajaan

Rajah 1. Kesan pembajaan berbeza ke atas insiden penyakit virus tanaman tomato organik

Hasil pengenalpastian *Begomovirus* menggunakan PCR

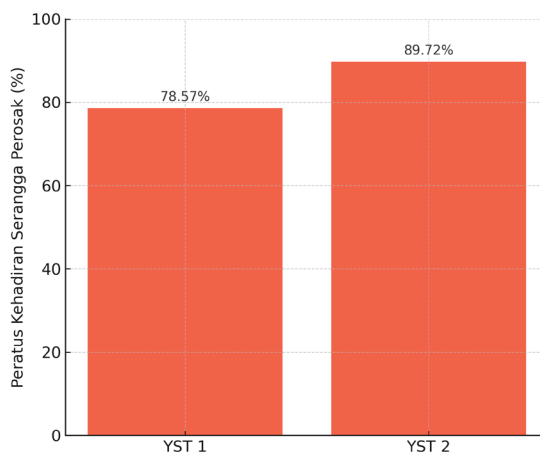
Pengesanan kehadiran DNA virus dalam sampel daun tomato yang menunjukkan simptom jangkitan telah dijalankan menggunakan kaedah *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Hasil PCR dianalisis melalui elektroforesis gel agarose 1% yang menunjukkan kehadiran jalur DNA yang jelas dalam beberapa sampel bergejala (*Gambar 1*). Jalur DNA bersaiz kira-kira 1,500 pasangan bes (bp) dikesan dalam sampel 2, 3, 4 dan 5, sejajar dengan saiz jangkaan produk PCR bagi gen protein kot (*coat protein*) *Begomovirus*. Penemuan ini mengesahkan bahawa tanaman tomato tersebut telah dijangkiti oleh *Begomovirus*. Lorong 1 dan 6 masing-masing memaparkan penanda saiz DNA (*DNA ladder*) yang digunakan sebagai rujukan untuk mengangkar saiz jalur produk PCR.



Gambar 1. Elektroforesis produk PCR pada gel agarose 1% menunjukkan jalur DNA bersaiz kira-kira 1,500 bp dalam sampel daun tomato bergejala (2 – 5), mengesahkan kehadiran Begomovirus. 1. Marker 100 bp, 2 – 5 sampel tomato, 6. Marker 1kb

Kehadiran vektor serangga perosak di plot tomato organik

Pemantauan menggunakan perangkap pelekat kuning (YST) telah mengesahkan kehadiran vektor serangga yang berperanan dalam penyebaran penyakit virus pada tanaman tomato. Data daripada perangkap menunjukkan bahawa terdapat kehadiran serangga vektor seperti afid, lalat putih (*Bemisia tabaci*) dan thrips (*Thrips* spp.) adalah tinggi dengan peratusan antara 78 – 90% (Rajah 2) di dalam plot tanaman tomato yang dilindungi di bawah struktur lindungan hujan. Penyebaran penyakit virus melalui vektor ini boleh berlaku secara aktif semasa serangga ini menghisap cecair daripada daun atau tisu tumbuhan yang dijangkiti, lalu memindahkan patogen tersebut kepada tanaman yang sihat. Serangga ini termasuk dalam kelompok serangga perosak penghisap daun. Vektor atau serangga ini memperoleh virus ketika proses mengambil makanan (sap cecair) daripada tanaman yang telah terinfeksi (akuisisi).



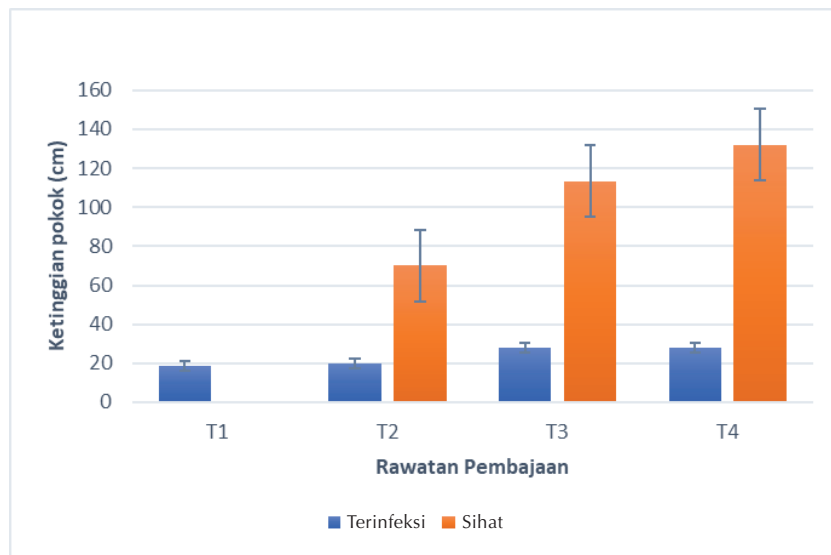
YST 1 = Data pemantauan serangga perosak pada minggu pertama kajian

YST 2 = Data pemantauan serangga perosak pada minggu kedua kajian

Rajah 2. Peratus kehadiran serangga perosak di plot tomato organik

Kesan infeksi virus terhadap pertumbuhan tanaman

Perbandingan ketinggian pokok tomato (cm) antara pokok terinfeksi virus dengan pokok sihat bagi empat rawatan pembajaan (T1, T2, T3 dan T4) telah dijalankan. Melalui analisis, didapati pokok tomato yang terinfeksi virus menunjukkan ketinggian pokok yang rendah sekitar 20 – 30 cm dan terbantut berbanding dengan pokok sihat mencapai ketinggian sekitar 134 cm (*Rajah 3*). Dari segi pertumbuhan keseluruhan, pokok tersebut menunjukkan perkembangan yang terbantut serta kerdil dan tidak mencapai saiz normal seperti pokok yang sihat (*Gambar 2*). Struktur pokok juga menjadi tidak seimbang dengan pertumbuhan vegetatif yang sangat terhad. Selain itu, kedudukan daun juga berubah iaitu daun menjadi lebih rapat dan menegak, tidak terbuka dengan lebar seperti daun pada pokok yang sihat, menandakan tekanan fisiologi yang disebabkan oleh jangkitan virus terhadap pertumbuhan dan produktiviti tanaman.



Nota: T1: baja organik komersial, T2: baja organik baharu dan foliar, T3: baja organik baharu sahaja dan T4: tiada pembajaan

Rajah 3. Kesan infeksi virus terhadap ketinggian pokok tomato

Pokok tomato yang dijangkiti virus (*Gambar 3*) menunjukkan simptom yang ketara berbeza daripada pokok yang sihat. Daunnya kelihatan kuning pucat akibat klorosis, iaitu kehilangan klorofil yang sering dikaitkan dengan jangkitan virus. Selain itu, bentuk daun berubah dengan jelas iaitu daun menjadi berkerinting dan kecil, pokok tidak mencapai saiz yang normal dan pertumbuhan vegetatif adalah sangat perlahan. Pokok kerdil iaitu simptom tipikal jangkitan virus daripada genus *Begomovirus*. Keadaan ini mencerminkan gangguan terhadap pertumbuhan vegetatif yang mungkin berpunca daripada tekanan persekitaran atau serangan patogen.



Gambar 2. Perbezaan antara pokok yang terinfeksi virus dan pokok yang sihat. Kiri: pokok dijangkiti virus dan kanan: pokok sihat tiada jangkitan virus

Strategi pengurusan perosak dan penyakit tanaman tomato organik

Pendekatan pengurusan bersepadu dalam sistem pertanian organik memberi penekanan kepada pencegahan awal dan pengurangan populasi vektor, terutamanya lalat putih (*Bemisia tabaci*) yang merupakan agen penyebar utama *Begomovirus*. Langkah kawalan perlu dimulakan seawal peringkat semaian dengan memastikan anak benih ditanam dalam persekitaran bebas vektor. Penggunaan jaring halus (*mesh netting*) berupaya menghalang kemasukan serangga vektor ke kawasan penanaman, sekali gus mengurangkan risiko jangkitan primer.

Sebagai kawalan biopestisid, semburan berasaskan minyak neem (*Azadirachta indica*) yang bersifat *antifeedant* dan *ovipositi repellent* boleh digunakan secara berkala untuk menekan aktiviti pemakanan dan kitaran pembiakan lalat putih. Di samping itu, pemilihan varieti tomato yang menunjukkan ketahanan terhadap *Begomovirus* merupakan komponen penting dalam strategi kawalan jangka panjang, kerana ia dapat mengurangkan kerentanan tanaman terhadap jangkitan walaupun terdapat tekanan serangga vektor.

Pendekatan ini boleh diperkukuh melalui kawalan ekologi, antaranya dengan menanam tanaman berbunga seperti bunga matahari dan rosel, serta membina lorong bunga (*flower strips*) di sekeliling atau di antara barisan tanaman. Tumbuhan ini berfungsi sebagai sumber nektar dan habitat kepada agen kawalan biologi seperti kumbang *ladybirds* yang merupakan pemangsa semula jadi lalat putih. Pelaksanaan pendekatan ini secara konsisten menyokong kawalan vektor yang lebih mampan dan mengurangkan risiko jangkitan *Begomovirus* dalam sistem penanaman tomato organik.

Kesimpulan

Kajian ini membuktikan insiden jangkitan *Begomovirus* pada tanaman tomato organik yang menunjukkan simptom morfologi seperti pertumbuhan terbantut dan kerdil, iaitu petunjuk tipikal bagi serangan virus. Identifikasi penyakit turut disahkan melalui analisis sampel tanaman menggunakan kaedah molekul menggunakan PCR. Kehadiran serangga vektor, khususnya lalat putih *Bemisia tabaci* pada kadar populasi yang tinggi dalam kawasan penanaman dikenal pasti sebagai faktor utama yang memacu penularan jangkitan *Begomovirus*. Hasil kajian menunjukkan jangkitan virus memberi kesan ketara terhadap pertumbuhan tanaman, di mana pokok tomato terinfeksi virus mencatatkan ketinggian yang jauh lebih rendah berbanding dengan pokok sihat. Hal ini menyebabkan gangguan yang serius terhadap pertumbuhan vegetatif yang secara langsung boleh menjejaskan hasil tanaman. Sehubungan itu, hasil kajian ini menekankan kepentingan pelaksanaan strategi pengurusan bersepadu yang merangkumi kawalan serangga vektor dan pengurusan nutrien yang optimum dalam sistem pertanian organik. Pendekatan ini adalah kritikal bagi mengurangkan kejadian jangkitan virus dan memastikan pertumbuhan serta produktiviti tanaman dapat dikekalkan secara mampan.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada MARDI atas peruntukan daripada Projek Pembangunan RMK-12 P-RP 506 Sub-Projek Pakej Pengurusan Bersepadu Sayuran Secara Organik yang digunakan sepanjang kajian. Ucapan terima kasih juga kepada staf dalam menjayakan kerja-kerja penyelidikan di makmal dan lapangan.

Bibliografi

- Beh, C. L., Sim, C. F., Ooi, K. C., & Tan, Y. H. (2020). Identification and characterization of Ageratum yellow vein Malaysia virus (AYVMV) infecting tomato in Cameron Highlands, Malaysia. *Malaysian Journal of Microbiology*, 16(3), 227–234.
- Charoenvilaisiri, S., Seepiban, C., Phironrit, N., Phuangrat, B., Yoohat, K., Deeto, R., Chatchawankanphanich, O., & Gajanandana, O. (2019). Occurrence and distribution of begomoviruses infecting tomatoes, peppers and cucurbits in Thailand. *Crop Protection*, 127, 104948.
- Chen, Y. J., Lai, H. C., Lin, C. C., Neoh, Z. Y., & Tsai, W. S. (2021). Genetic diversity, pathogenicity and pseudorecombination of cucurbit-infecting begomoviruses in Malaysia. *Plants*, 10, 2396.
- Kenyon, L., Tsai, W., Shih, S., & Lee, L. (2014). Emergence and diversity of begomoviruses infecting solanaceous crops in East and Southeast Asia. *Virus Research*, 186, 104–113.
- Lapidot, M., & Friedmann, M. (2002). Breeding for resistance to whitefly-transmitted geminiviruses. *Annals of Applied Biology*, 140 (2), 109–127.

- Mahmoudieh, M., Noor, M. R. M., Harikrishna, J. A., & Othman, R. Y. (2020). Identification and characterization of Ageratum yellow vein Malaysia virus (AYVMV) and an associated betasatellite among begomoviruses infecting *Solanum lycopersicum* in Malaysia. *Journal of Applied Genetics*, 61(4), 619–628.
- Rojas, M. R., Gilbertson, R. L., Russell, D. R., & Maxwell, D. P. (1993). Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis.*, 77, 340–347.
- Sani, I., Muhammad, M. H., & Saleh, M. (2020). Organic management of insect vectors of plant viruses: Focus on whiteflies and aphids. *Biological Agriculture & Horticulture*, 36(3), 158–174.
- Subiastuti, A. S., Hartono, S., & Daryono, B. S. (2019). Detection and identification of Begomovirus infecting Cucurbitaceae and Solanaceae in Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 20, 738–744.
- Varma, A., & Malathi, V. G. (2003). Emerging geminivirus problems, a serious threat to crop production. *Ann. Appl. Biol.*, 142, 145–164.
- Zaltin, M., & Palukaitis, P. (2000). Advances in understanding plant virus and virus disease. *Annual Review of Phytopathology*, 38, 1117–1143.

Ringkasan

Penyakit virus tanaman merupakan cabaran utama bagi industri pertanian organik yang semakin berkembang pesat, terutamanya di negara seperti Malaysia yang giat mempromosikan pendekatan pertanian mampan. Berbeza dengan sistem pertanian konvensional, pertanian organik tidak menggunakan racun perosak atau bahan kimia sintetik, sebaliknya bergantung sepenuhnya kepada kaedah kawalan semula jadi dalam pengurusan penyakit dan perosak. Dalam kajian ini, insiden jangkitan virus telah dikenal pasti pada tanaman tomato di ladang organik, dan kesannya terhadap pertumbuhan pokok turut diperhatikan melalui pemantauan. Sehubungan itu, pengurusan bersepadu yang menekankan kawalan vektor pembawa virus perlu dilaksanakan sejak peringkat awal penanaman bagi mengurangkan risiko jangkitan dan menjamin pengeluaran hasil yang lebih stabil, berkualiti dan mampan.

Summary

Viral plant diseases pose a significant challenge to the growing organic agriculture industry, particularly in countries like Malaysia that are actively promoting sustainable farming practices. Unlike conventional farming systems, organic agriculture relies entirely on natural approaches and does not employ synthetic pesticides or chemicals for disease and pest control. In this study, the incidence of viral infection was identified in tomato crops at an organic farm, and its impact on plant growth was observed through monitoring in the organic tomato plots. Therefore, integrated management with a focus on early-stage control of virus vector insects is essential to reduce infection risk and ensure more stable, high-quality and sustainable crop production.

Pengarang

Aminah Mahmud

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: aminah@mardi.gov.my

Nurul Farisa Reward, Ainnur Arina Roslan dan Nurin Izzati Mohd Zulkifli

Pusat Penyelidikan Agrobiodiversiti dan Persekitaran, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Nor Ayshah Alia Ali Hassan (Dr.)

Pusat Penyelidikan Sains Tanah, Air dan Baja, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor