

KOMUNIKASI SINGKAT

***Begomovirus* yang Berasosiasi dengan Gejala Mosaik Kuning pada Tanaman Terung di Bengkulu**

Begomovirus Associated with Yellow Mosaic Symptom on Eggplant Plant in Bengkulu

**Ade Nabillah, Intan Suryani Alamria, Icha Kurnia Nanda Sari,
Mimi Sutrawati*, Hendri Bustamam**

Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Jalan WR. Supratman Kota Bengkulu, Bengkulu, 38371

(diterima November 2023, disetujui Januari 2024)

ABSTRAK

Terung (*Solanum melongena*) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan dibudidayakan secara luas. Salah satu kendala budi daya tanaman terung ialah adanya infeksi virus yang menyebabkan penyakit. Pada beberapa pertanaman terung di Bengkulu ditemukan gejala sistemik mosaik kuning yang mirip dengan infeksi *Begomovirus* pada cabai. Penelitian bertujuan mendeteksi dan mengidentifikasi penyebab gejala mosaik kuning pada tanaman terung di Bengkulu yang diduga disebabkan oleh *Begomovirus* dan berasosiasi dengan betasatelit. Sampel diambil secara *purposive* dari pertanaman terung di Kota Bengkulu, Kabupaten Bengkulu Tengah, Kabupaten Bengkulu Utara, Kabupaten Kepahiang, dan Kabupaten Rejang Lebong. Deteksi virus dilakukan dengan metode PCR menggunakan primer universal *Begomovirus* dan primer spesifik betasatelit serta identitas virus dikonfirmasi dengan perunutan sikuen DNA. PCR dengan primer universal *Begomovirus* dan betasatelit berhasil mengamplifikasi DNA berturut-turut berukuran ± 912 pb dan ± 1300 pb dari sampel daun yang bergejala mosaik kuning, malformasi daun, dan penebalan tulang daun. Berdasarkan hasil perunutan DNA sampel dari Bengkulu Utara dan Kepahiang menunjukkan homologi tertinggi berkisar 99% dengan *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV) asal Indonesia, Malaysia, dan Thailand. Hasil deteksi dan identifikasi ini merupakan laporan pertama infeksi TYLCKaV dan asosiasinya dengan betasatelit *Begomovirus* pada terung di Bengkulu.

Kata kunci: *Begomovirus*, betasatelit, homologi, perunutan nukleotida, PCR

ABSTRACT

Eggplant (*Solanum melongena*) is a horticultural crop that has high economic value and is widely cultivated. One of the obstacles to eggplant cultivation is virus infection that causes diseases. In several eggplant fields in Bengkulu, systemic symptoms of yellow mosaic were found which were similar to *Begomovirus* infection in chilies. Research was conducted to detect and identify *Begomovirus* as

*Alamat penulis korespondensi: Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.
Jalan WR. Supratman Kota Bengkulu, Bengkulu, 38371
Surel: mimi_sutrawati@unib.ac.id

the causal agent of yellow mosaic symptoms on eggplant plants in Bengkulu and its association with betasatellites. Samples were taken by purposive sampling from eggplant fields in Bengkulu City, Central Bengkulu Regency, North Bengkulu Regency, Kepahiang Regency, and Rejang Lebong Regency. Virus detection was carried out by PCR method using *Begomovirus* universal primers and betasatellite specific primers followed by confirmation of virus identity by DNA sequencing. PCR using universal *Begomovirus* and betasatellite primers was successfully amplified DNA fragments measuring ± 912 bp and ± 1300 bp, respectively from leaf samples with symptoms of yellow mosaic, leaf malformation and thickening of leaf veins. Based on DNA sequencing, samples from North Bengkulu and Kepahiang showed the highest homology 99% with *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV) from Indonesia, Malaysia and Thailand. These findings are the first reports of TYLCKaV infection and its association with *Begomovirus* betasatellites on eggplant in Bengkulu.

Keywords: *Begomovirus*, betasatellite, homology, nucleotide sequencing, PCR

Tanaman terung (*Solanum melongena*) merupakan salah satu tanaman sayuran yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Namun, produksi tanaman terung di Indonesia masih belum dapat memenuhi permintaan pasar karena tingginya minat masyarakat dalam mengonsumsi terung. Gangguan hama dan penyakit pada tanaman terung dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas, bahkan dapat menyebabkan gagal panen. Beberapa penyakit pada tanaman terung antara lain layu bakteri, busuk buah, antraknosa, rebah kecambah, bercak daun, dan infeksi virus (Ali dan Aprilia 2018).

Beberapa virus telah dilaporkan menginfeksi tanaman terung antara lain *Eggplant blister mosaic potyvirus* (Al-ani *et al.* 2011), dan *Eggplant mottled crinkle tombusvirus* (Dombrovsky *et al.* 2009). Pengamatan pada pertanaman terung di lima Kabupaten di Provinsi Bengkulu, yaitu Kabupaten Kepahiang, Kabupaten Rejang Lebong, Kabupaten Bengkulu Tengah, Kabupaten Bengkulu Utara, dan Kota Bengkulu ditemukan tanaman terung yang menunjukkan gejala mosaik kuning, daun keriting, belang, dan malformasi daun (Gambar 1) dengan penyebab yang belum diketahui. Gejala tersebut mirip dengan infeksi *Begomovirus* pada tanaman terung yang dilaporkan sebelumnya di Jawa Barat dan Jawa Tengah (Kintasari *et al.* 2013) dan pada beberapa tanaman lainnya.

Begomovirus telah dilaporkan keberadaannya di Indonesia pada tanaman

tembakau, cabai, tomat, timun (Septariani *et al.* 2014; Listihani *et al.* 2019), melon (Subiastuti *et al.* 2019), kedelai (Rahim *et al.* 2015; Sutrawati *et al.* 2020), terung, buncis, kacang panjang, dan gulma babadotan (Gaswanto *et al.* 2016). *Begomovirus* yang pernah dilaporkan keberadaannya di Bengkulu antara lain pada tanaman pepaya dan mentimun (*Tomato leaf curl New Delhi virus*) (Sutrawati *et al.* 2021). *Begomovirus* merupakan salah satu virus penting dan telah lama menjadi kendala utama dalam budi daya tanaman di daerah tropis dan subtropik di seluruh dunia (Rojas *et al.* 2018).

Begomovirus ditularkan melalui serangga vektor kutukebul (*Bemisia tabaci*). Kutukebul merupakan serangga hama pengisap daun yang sangat berperan dalam penyebaran dan penularan beberapa jenis virus di lapangan (Morales dan Anderson 2021). Bertambahnya populasi serangga vektor berdampak pada peningkatan insidensi penyakit virus di lapangan (Vivaldy *et al.* 2017). Berdasarkan sifat genomnya, *Begomovirus* dapat dibedakan atas monopartit dan bipartit. Genom *Begomovirus* bipartit mengandung dua molekul DNA sirkular beruntai tunggal (DNA-A dan DNA-B), sedangkan *Begomovirus* monopartit hanya memiliki satu molekul DNA. Beberapa *Begomovirus* monopartit ditemukan berasosiasi dengan DNA satelit, seperti *alphasatellites* dan *betasatellite* (Zerbini *et al.* 2017). Belum ada laporan tentang *Begomovirus* yang menginfeksi terung di Bengkulu. Oleh karena itu penelitian bertujuan untuk mendeteksi

dan mengidentifikasi virus penyebab gejala mosaik kuning pada terung dan asosiasinya dengan betasatelit.

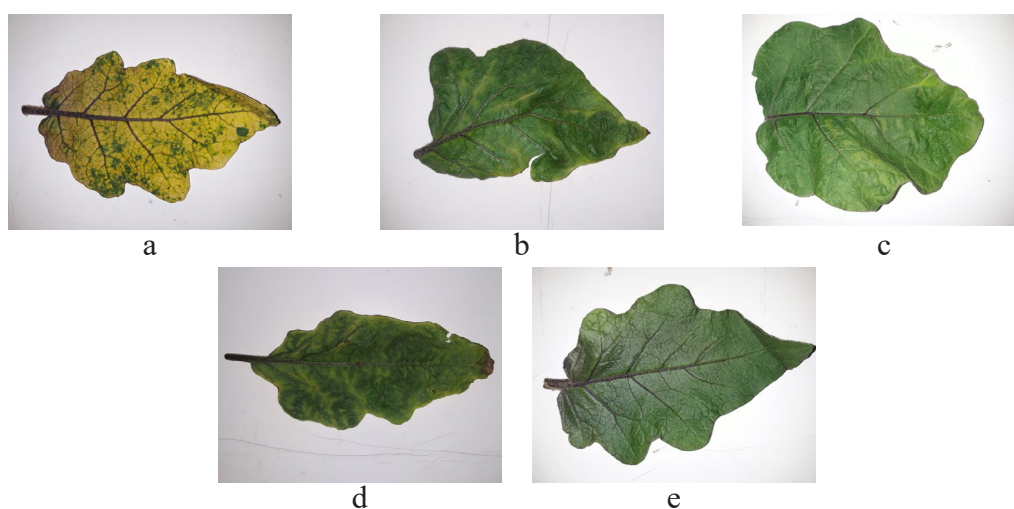
Tanaman terung diambil dari lapangan berdasarkan gejala, yaitu gejala kuning keriting, kerdil, malformasi daun, mosaik, dan belang yang ditemukan pada lokasi pengamatan (Gambar 1). Gejala ini mirip dengan gejala infeksi *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV) yang dilaporkan sebelumnya oleh Kintasari *et al.* (2013). Daun muda bergejala diambil sebanyak lima lembar, selanjutnya daun dimasukkan ke dalam kantong plastik dan disimpan pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sebelum diekstraksi DNA totalnya. Tahapan deteksi dan identifikasi virus terdiri atas ekstraksi DNA total, amplifikasi DNA dengan metode PCR, visualisasi DNA dan konfirmasi hasil PCR dengan perunutan dan analisis sikuen DNA.

DNA total diekstraksi dari 0.1 g daun yang dilakukan mengikuti metode CTAB (Doyle dan Doyle 1987). Pelet DNA dikeringanginkan lalu dilarutkan dalam 50 μL bufer TE $1\times$ (10 mM Tris-HCl pH 8.0 mM EDTA) dan disimpan pada suhu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai siap digunakan. DNA total digunakan sebagai cetakan pada tahapan amplifikasi dengan mesin PCR (Simp Amp Thermal Cycler).

Amplifikasi DNA virus menggunakan primer SPG1 (F) (5'-CCCCKGTGCGWR AATCCAT-3') dan SPG2 (R) (5'-ATCCVAAYWTYCAGGGAGCTAA-3') dengan program PCR mengikuti Li *et al.* (2004) pada ampikon DNA berukuran $\pm 912\text{ pb}$. Keberadaan betasatelit pada sampel dideteksi dengan PCR menggunakan sepasang primer beta01 (5'-GGTACCACTACGCTACGCAGCC -3') dan beta02 (5'-GGTACCTACCCTCCCA GGGGTACAC -3') dengan program PCR mengikuti Kandito *et al.* (2020) dengan ampikon berukuran $\pm 1300\text{ pb}$.

Visualisasi DNA hasil amplifikasi dielektroforesis pada gel agarosa 1% ($1\times\text{TAE}$). Elektroforesis dilakukan pada tegangan 50 volt selama 50 menit. Pita DNA divisualisasikan menggunakan ultra slim LED illuminator dan didokumentasikan dengan kamera digital. DNA dikirim ke jasa perunutan DNA. Analisis BLAST (NCBI) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/> dilakukan untuk mendapatkan identitas DNA dan similaritasnya terhadap virus yang sama pada basis data GenBank. Pohon filogeni dibuat menggunakan perangkat lunak MEGA v.11.

Amplifikasi DNA menggunakan pasangan primer universal *Begomovirus* dan primer



Gambar 1 Variasi gejala penyakit pada daun terung di Bengkulu. a, Mosaik kuning dan penebalan tulang daun; b, Mosaik dan penebalan tulang daun; c, Klorosis; d, Malformasi dan mosaik kuning; dan e, Penebalan tulang daun.

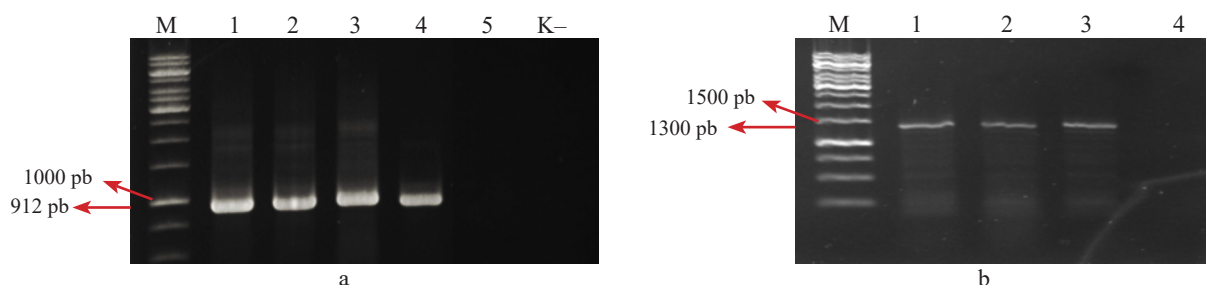
(Figure 1 Disease symptoms variation on eggplant leaves in Bengkulu. a, Yellow mosaic and thickening of vein leaf; b, Mosaic and vein banding; c, Chlorosis; d, Malformation and yellow mosaic; and e, Vein banding.

spesifik betasatelit beta01/beta02 berhasil mendapatkan pita DNA berturut-turut berukuran ± 912 pb dan ± 1300 pb (Gambar 2a-b). Hal ini membuktikan asosiasi *Begomovirus* dan satelitnya pada sampel tanaman terung di Bengkulu. Empat sampel dengan gejala mosaik kuning, penebalan tulang daun dan malformasi terkonfirmasi terinfeksi *Begomovirus* dan satu sampel negatif. Sampel yang tidak terdeteksi DNA *Begomovirus* memiliki gejala berupa mosaik kuning dan permukaan daun tidak merata. Terdeteksinya betasatelit pada tiga sampel menjadi informasi baru khususnya yang berasosiasi dengan *Begomovirus* isolat terung dari Bengkulu. Satelit merupakan molekul yang keberadaannya dan replikasinya bergantung pada virus pembantunya (Zhou 2013). Asosiasi betasatelit dengan virus dari genera berbeda dapat menimbulkan kompleks penyakit parah yang dapat menginfeksi tanaman baru yang bernilai ekonomi tinggi. Selain itu, interaksi sinergis antara betasatelit dan beberapa virus pembantu meningkatkan replikasi DNA virus pada kultivar cabai yang resisten dan mungkin mengakibatkan rusaknya ketahanan alami (Singh *et al.* 2016). Beberapa betasatelit yang berasosiasi dengan *Begomovirus* antara lain DNA- β 01 berasosiasi dengan ToLCJaV dan DNA- β 02 berasosiasi dengan AYVV [Java] pada tanaman tomat, DNA- β berasosiasi dengan ToLJaV pada gulma *Ageratum conyzoides*, DNA- β berasosiasi dengan PepYLCV pada

tanaman cabai, serta satelit non-coding yang berasosiasi dengan TYLCKaV dan PepYLCIV dari tanaman terung dan cabai (Kon *et al.* 2006 dan 2007; Kandito *et al.* 2019, 2020, 2021).

Analisis sikuen DNA dengan program BLAST menunjukkan *Begomovirus* isolat terung dari Bengkulu memiliki similaritas yang tinggi, sekitar 99% terhadap *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* (TYLCKaV) asal Indonesia, Malaysia dan Thailand (Tabel 1). Sebelumnya, TYLCKaV di Indonesia telah dilaporkan menginfeksi tanaman cabai, tomat dan terung dari berbagai lokasi di Jawa dan Sumatera Utara (Kintasari *et al.* 2013; Subiastuti *et al.* 2019; Kesumawati *et al.* 2020). Analisis filogenitika menunjukkan bahwa TYLCKaV asal Bengkulu Utara memiliki hubungan kekerabatan dengan TYLCKaV isolat dari Indonesia yang menginfeksi tomat, cabai, dan terung (Gambar 3). Similaritas nukleotida TYLCKaV yang tinggi terhadap isolat Indonesia asal tanaman inang yang berbeda merupakan perluasan inang TYLCKaV di luar Jawa dan Sumatera Utara.

Berdasarkan hasil penelitian, laporan ini menjadi laporan ilmiah pertama keberadaan TYLCKaV yang berasosiasi dengan betasatelit pada tanaman terung di Bengkulu. Betasatelit yang terdeteksi berasosiasi dengan TYLCKaV isolat terung Bengkulu, perlu dikonfirmasi runutan sikuennya untuk mengetahui identitas dan interaksinya dalam menginfeksi tanaman terung.



Gambar 2 Amplifikasi DNA target dari tanaman terung bergejala penyakit di Bengkulu menggunakan (a) primer universal *Begomovirus* SPG1/SPG2 dan (b) primer spesifik betasatelit *Begomovirus* beta01/beta02. M, penanda DNA 1 kb (Thermo Scientific, US); 1 sampai dengan 5, berturut-turut sampel dari Bengkulu Utara, Kepahiang, Rejang Lebong, Bengkulu Tengah dan Kota Bengkulu; dan K-, kontrol negatif.

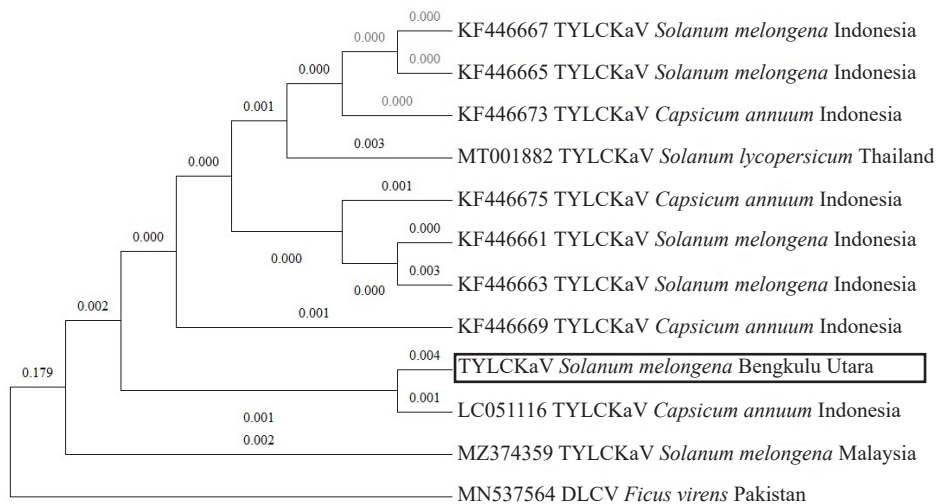
(Figure 2 Amplification of DNA target from symptomatic eggplants in Bengkulu using (a) *Begomovirus* universal primer SPG1/SPG2 and (b) specific primer for *Begomovirus* betasatelite beta01/beta02. M, 1 kb DNA marker (Thermo Scientific, US); 1 to 5, samples from North Bengkulu, Kepahiang, Rejang Lebong, Central Bengkulu and Bengkulu City, respectively; and K-, negative control).

Tabel 1 Similaritas TYLCKaV asal Bengkulu Utara terhadap virus yang sama dalam data NCBI berdasarkan hasil BLASTn

(Table 1 Similarity of TYLCKaV isolates from North Bengkulu to the same virus in NCBI data base on BLASTn results)

Sampel (Sample)	BLASTn (BLASTn)			Asal Isolat (Origin of Isolate)	Kode aksesi (Accession code)
	Isolat (Isolate)	Similaritas (Similarity) (%)	Inang (Host)		
Terung Bengkulu Utara (Eggplant North Bengkulu)	TYLCKaV	99	Cabai	IDN	LC051116
		99	Terung	IDN	KF446661
		99	Cabai	IDN	KF446675
		99	Cabai	IDN	KF446673
		99	Cabai	IDN	KF446669
		99	Terung	IDN	KF446667
		99	Terung	IDN	KF446665
		99	Terung	MYS	MZ374359
		99	Terung	IDN	KF446663
	99	Tomat	THA	MT001882	
	DLCV	72	Bunut	PKA	MN537564

Keterangan: TYLCKaV, *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus*; DLCV, *Duranta leaf curl virus*. IDN, Indonesia; MYS, Malaysia; THA, Thailand; dan PKA, Pakistan. (Note: TYLCKaV, *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus*; DLCV, *Duranta leaf curl virus*. IDN, Indonesia; MYS, Malaysia; THA, Thailand; dan PKA, Pakistan).



Gambar 3 Pohon filogeni TYLCKaV isolat Bengkulu Utara dibandingkan aksesi TYLCKaV yang terdeposit pada basis data GenBank. DLCV (*Duranta leaf curl virus*) sebagai outgroup.

(Figure 3 Phylogeny tree of TYLCKaV isolate North Bengkulu compared to TYLCKaV accession deposited in GenBank database. DLCV (*Duranta leaf curl virus*) as outgroup.)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas dana PKM-RE Tahun 2023 atas nama Ade Nabillah, sehingga

penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik. Terima kasih kepada Ewa Aulia, SP., M.P atas pendampingan selama bekerja di Laboratorium Riset Molekuler, Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali F, Aprilia RL. 2018. Serangan virus kuning terung pada induksi ekstrak daun *Clerodendrum japonicum* dan *Mirabilis jalapa*. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 11(2):101–105. DOI: <https://doi.org/10.21107/agrovigor>.
- Al-ani RA, Adhab MA, Ismail KAH. 2011. *Eggplant blister mottled virus* (EBMV) a possible new *Potyvirus* characterized from Iraq. *Journal of General and Molecular Virology*. 3(3):49–52.
- Dombrovsky A, Pearlsman M, Iachman O, Antignus Y. 2009. Characterization of a new strain of *Eggplant mottled crinkle virus* (EMC) infecting *eggplants* in Israel. *Phytoparasitica*. 37(5):477–483. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-009-0058-z>.
- Doyle JJ, Doyle JJ. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*. 19(1):11–15.
- Gaswanto R, Syukur M, Purwoko BS, Hidayat SH. 2016. Induced mutation by gamma rays irradiation to increase chilli resistance to *Begomovirus*. *Agrivita* 38:24–32. DOI: <https://doi.org/10.17503/Agrivita>.
- Kandito A, Hartono S, Sulandari S, Somowiyarjo S. 2019. Molecular characterization of betasatellite associated with *Begomovirus* on *Ageratum conyzoides* in Magelang, Central Java. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 23(2):292–298. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.46579>.
- Kandito A, Hartono S, Sulandari S, Somowiyarjo S. 2021. A recombinant DNA-satellite associated with *Pepper yellow leaf curl Indonesia virus* in highland area. *Indonesian Journal of Biotechnology*. 26(2):82–90. DOI: <https://doi.org/10.22146/ijbiotech.64817>.
- Kandito A, Hartono S, Sulandari S, Somowiyarjo S, Widyasari YA. 2020. First report of naturally occurring recombinant non-coding DNA satellite associated with *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* on eggplant in Indonesia. *Biodiversitas* *Journal of Biological Diversity*. 21(1):129–136. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210117>.
- Kintasari T, Septariani DWN, Sulandari S, Hidayat SH. 2013. *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* penyebab penyakit mosaik kuning pada tanaman terung di Jawa. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 9(4):127–131. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.9.4.127>.
- Kesumawati, E, Okabe S, Khalil M, Alfian G, Bahagia P, Pohan N, Zakaria S, Koeda S. 2020. Molekular characterization of *Begomovirus* associated with yellow leaf curl disease of *Solanaceae* and *Cucurbitaceae* Crop in Northern Sumatra, Indonesia. *The Horticulture Journal*. 89:410–416. DOI: <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-175>.
- Kon T, Hidayat SH, Hase S, Takahashi H, Ikegami M. 2006. The natural occurrence of two distinct begomoviruses associated with DNA and a recombinant DNA in a tomato plant from Indonesia. *Phytopathology*. 96(5):517–525. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0517>.
- Kon T, Kuwabara K, Hidayat SH, Ikegami M. 2007. A *Begomovirus* associated with *Ageratum yellow vein disease in Indonesia: evidence for natural recombination between Tomato leaf curl Java virus and Ageratum yellow vein virus*-[Java]. *Archives of virology*. 152:1147–1157. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-006-0928-3>.
- Listihani L, Damayanti TA, Hidayat SH, Wiyono S. 2019. Molecular characterization of *Begomovirus* on cucumber in Java. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23(2):197–204. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.41402>.
- Li R, Salih S, Hurtt S. 2004. Detection of geminiviruses in sweetpotato by polymerase chain reaction. *Plant disease*. 88(12):1347–1351. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.12.1347>.
- Morales FJ, Anderson PK. 2001. The emergence and dissemination of whitefly transmitted geminiviruses in Latin America. *Journal*

- of Virology. 146(3):415–441. DOI: <https://doi.org/10.1007/s007050170153>.
- Rojas MR, Macedo MA, Maliano MR, Soto-Aguilar M, Souza JO, Briddon RW, Kenyon L, Rivera Bustamante RF, Zerbini FM, Adkins S, Legg JP. 2018. World management of geminiviruses. Annual review of phytopathology. 25(56):637–677. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-100327>.
- Rahim YF, Damayanti TA, Ghulamahdi M. 2015. Deteksi virus yang menginfeksi kedelai di Jawa. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 11(2):59–67. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.11.2.59>.
- Septariani, DN, Hidayat SH, Nurhayati E. 2014. Identifikasi penyebab penyakit daun keriting kuning pada tanaman mentimun. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 14(1):80–86. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11480-86>.
- Singh AK, Kushwaha N, Chakraborty S. 2016. Synergistic interaction among begomoviruses leads to the suppression of host defense-related gene expression and breakdown of resistance in chilli. Applied Microbiology and Biotechnology. 100:4035–4049. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7279-5>.
- Subiastuti AS, Hartono S, Daryono BS. 2019. Detection and identification of *Begomovirus* infecting *Cucurbitaceae* and *Solanaceae* in Yogyakarta, Indonesia. Biodiversitas Journal of Biological Diversity. 20(3):738–744. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200318>.
- Sutrawati M, Parwito, Priyatningsih, Zarkani A, Sipriyadi, Sariasih Y, Ganefianti DW. 2021. First Report of *Begomovirus* Infection on Papaya in Bengkulu Indonesia. Jurnal Hama Penyakit Tanaman Tropika. 21(1):49–55. DOI: <https://doi.org/10.23960/jhptt.12149-55>.
- Sutrawati M, Hidayat SH, Suastika D, Sukarno BPW, Nurmansyah A. 2020. Penyakit mosaik kuning pada kedelai. Jurnal Fitopatologi Indonesia. 16(1):30–36. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.16.1.30-36>.
- Vivaldy LA, Ratulangi MM, Manengkey GSJ. 2017. Insidensi penyakit virus pada tanaman cabai (*Capsicum annum*) di Desa Kakaskasen II Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. Cocos e-Jurnal Sam Ratulangi University. 1(6):1–9.
- Zerbini FM, Briddon RW, Idris A, Martin DP, Moriones E, Navas-Castillo J, Rivera-Bustamante R, Roumagnac P, Varsani A, ICTV Report Consortium. 2017. ICTV virus taxonomy profile: Geminiviridae. Journal of general virology. 98(2):131–133. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.000738>.
- Zhou X. 2013. Advances in understanding *Begomovirus* satellites. Annual Review of Phytopathology. 51:357–381. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102234>.