

Laporan pertama infeksi virus gemini pada tanaman tomat di Sulawesi Tenggara

First report of gemini virus on tomato in Southeast Sulawesi

Muhammad Taufik^{1*}, Gusnawaty HS¹, Asmar Hasan¹, La Ode Santiaji Bande¹,
Anima Hisein¹, Hasdiana¹, Nur Isnaini Ulfa¹, Sedyo Hartono²

¹Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93231

²Jurusan Hama dan Penyakit, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

*Penulis Korespondensi: muhammad.taufik_faperta@uho.ac.id

Diterima Tanggal 13 November 2023, Disetujui Tanggal 31 Januari 2024

DOI: <https://doi.org/10.51978/japp.v24i1.730>

Abstrak

Begomovirus termasuk genus dari famili *Geminiviridae* juga dikenal dengan nama Geminivirus. Geminivirus adalah penyebab penyakit pada beberapa komoditas sayuran termasuk tomat. Infeksi Geminivirus dapat menyebabkan kerugian berkisar 85% bahkan gagal panen, khususnya infeksi terjadi pada tanaman muda. Penularan Geminivirus di pertanaman dimediasi oleh serangga vektor kutukebul *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi infeksi Geminivirus dan serangga vektor pada pertanaman tomat. Lokasi pengamatan di Desa Wolasi dan Lamomea, Kecamatan Konda, Kabupaten Konawe Selatan. Sampel daun tomat yang bergejala Geminivirus dimasukkan ke dalam kantong plastik sampel ziplock yang telah diisi CaCl₂, kemudian dimasukkan di dalam kotak pendingin. Sampel tomat yang bergejala Geminivirus dideteksi dengan teknik *polymerase chain reaction* (PCR) di Laboratorium Virologi, Faperta Universitas Gadjah Mada. Primer yang digunakan adalah primer universal Geminivirus pAV494 dan pAC1048. Gejala Geminivirus yang ditemukan pada tanaman tomat adalah mosaik ringan atau menguning, daun mengecil, malformasi daun, daun agak menggulung ke atas, dan tulang daun mengalami penebalan. Serangga vektor kutukebul (*Bemisia tabaci*) dan kelompok telur hampir selalu ditemukan di pertanaman tomat. Teknik PCR berhasil mengamplifikasi DNA Geminivirus yang berukuran 500bp. Kejadian penyakit Geminivirus pada tanaman tomat di Desa Wolasi dan Lamomea adalah 40% dan 34%, secara berturut turut. Penelitian ini telah mengonfirmasi keberadaan infeksi Geminivirus yang pertama kali pada pertanaman tomat di Sulawesi Tenggara.

Kata Kunci: *Bemisia tabaci*, gejala, geminivirus, kejadian penyakit

Abstract

Begomovirus is a genus of the Geminiviridae family, also known as Geminivirus. Geminivirus is the cause of disease in several vegetable commodities, including tomatoes. Geminivirus infection can cause losses ranging from 85% to crop failure, especially infections occurring in young plants. The whitefly vector insect Bemisia tabaci mediates geminivirus transmission in crops (Hemiptera: Aleyrodidae). The aim of the research is to identify geminivirus infections and insect vectors in tomato plants, observation locations in Wolasi and Lamomea Villages, and the Konda sub-district South Konawe Regency. Tomato leaf samples with Geminivirus symptoms were placed in a plastic ziplock sample bag filled with CaCl₂. Tomato samples with Geminivirus symptoms were detected using the polymerase chain reaction (PCR) technique at the Virology Laboratory at Agric. Fac. of Gadjah Mada University. The primers used were Geminivirus pAV494 and pAC1048 universal primers. The symptoms of Geminivirus found on tomato plants are mild mosaicism, shrunken leaves, leaf malformation, slightly curled leaves, and thickened leaf veins. Whitefly vector insects (Bemisia tabaci) and egg clusters are almost always found in tomato plants. The PCR technique succeeded in amplifying Geminivirus DNA, measuring 500bp. The incidence of Geminivirus disease in Wolasi and Lamomea Villages was 40% and 34%, respectively. This research has confirmed the presence of Geminivirus infection for the first time in tomato plantations in Southeast Sulawesi.

Keywords: *Bemisia tabaci*, disease incidence, geminivirus, symptoms

PENDAHULUAN

Tanaman tomat adalah sayuran yang bernilai ekonomis tinggi, sehingga banyak dipilih oleh petani untuk dibudidayakan. Selain itu komoditas ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap level lokasi penanaman tomat. Tanaman tomat dapat ditanam baik daratan rendah maupun dataran tinggi. Rasanya yang masam dapat memberikan sensasi segar dan menambah cita rasa pada masakan. Selain itu, tomat memiliki beberapa kandungan seperti flavonoid, vitamin C, dan vitamin E (Pujiastuti & Kristiani, 2019). Tomat juga mengandung likopen yang berfungsi sebagai antioksidan untuk mencegah radikal bebas serta dapat menurunkan kadar gula darah (Susanti *et al.*, 2021). Likopen berfungsi untuk mengurangi gula darah melalui penghambatan terjadinya resistensi hormon insulin yang akhirnya toleransi sel pada gula darah menjadi naik dan dapat menanggulangi peningkatan kadar glukosa darah (Sudiarto & Rusmono, 2018).

Berbagai manfaat buah tomat dan nilai ekonominya sehingga luas pertanaman yang diiringi produktivitas yang tinggi penting ditingkatkan dari waktu ke waktu. Namun berdasarkan data, luas pertanaman tomat di Sulawesi Tenggara tahun 2020 adalah 1479 ha dan tahun 2021 menurun menjadi 1220 ha, sedangkan produktivitasnya masih berkisar 3,2 ton/ha (BPS Sulawesi Tenggara, 2022). Produktivitas tersebut masih jauh dari produktivitas tomat secara nasional yang telah mencapai 18 ton/ha (Kementan, 2021). Sebagai tambahan produksi tomat di Jawa Barat yang menjadi sentra produksi tomat di Indonesia yaitu 292.309 ton, Jawa Tengah 77.297 ton, Sulawesi Utara 66.711 ton, Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Barat (NTB) masing-masing sebanyak 63.373 ton dan 30.868 ton.

Salah satu faktor pembatas di dalam budidaya tanaman, termasuk budidaya tomat adalah infeksi penyakit tanaman seperti

Geminivirus. Infeksi Geminivirus dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada tanaman tomat. Moriones & Navas-Castillo, (2000) melaporkan bahwa infeksi virus gemini *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) dapat menyebabkan epidemi dan gagal panen dimanapun tanaman tomat ditanam baik di daerah tropis dan subtropis di seluruh dunia. Di Indonesia, infeksi Geminivirus atau juga dikenal sebagai penyakit daun keriting kuning pada tanaman cabai atau tomat (Hidayat *et al.*, 1999 ; Sulandari *et al.*, 2001). Di Sleman (Yogyakarta) dan Magelang (Jawa Tengah), tingkat infeksi TYLCV diestimasi berkisar antara 20 -100%. Kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit ini bervariasi dan tercatat dapat mencapai lebih dari 85% (Simanjuntak, 2010).

Penyebaran Geminivirus di lapangan, dari satu tanaman sakit ke tanaman sehat dimediasi oleh serangga vektor kutukebul *B. tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Kutukebul bersifat invasif dan polifagus dengan kisaran inang yang luas termasuk tanaman tomat. Walaupun demikian, jenis tanaman inang menentukan beberapa sifat kutukebul di antaranya siklus hidup, keperidian, nisbah kelamin, dan juga variasi morfologi puparium (Hidayat *et al.*, 2020; Rahayuwati *et al.*, 2016 ; Rahayuwati *et al.*, 2020). Belum ada informasi tentang infeksi Geminivirus dan keberadaan serangga vektor kutukebul yang berasosiasi dengan penyakit kuning pada tanaman tomat di Sulawesi Tenggara. Oleh karena itu penelitian bertujuan mengonfirmasi infeksi Geminivirus dan serangga vektor kutukebul yang berasosiasi pada pertanaman tomat.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan petani di Desa Wolasi, Kecamatan Wolasi, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara dan Laboratorium Virologi

Universitas Gadjah Mada, dari bulan September sampai November 2022.

Peralatan dan bahan

Alat yang digunakan diantaranya vortex, mortar, filter column, pipet mikro, mesin polymerase chain reaction (PCR), mesin elektroforesis, oven, UV transiluminator, kotak pendingin, beberapa tabung, camera dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan diantaranya adalah daun tomat yang bergejala virus Gemini, plastik ziplock, CaCl_2 , dan bahan-bahan untuk ekstraksi DNA.

Prosedur Penelitian

Pengambilan Sampel di lapangan

Lokasi pengamatan kejadian penyakit Geminivirus dan pengambilan sampel adalah lahan pertanaman tomat dengan luas minimal 25×50 m persegi. Pertanaman tomat yang dipilih untuk menjadi lokasi pengamatan okasi pengambilan sampel pada pertanaman ditetapkan pada lahan Sampel daun tomat yang bergejala virus Gemini dipilih secara purposive yaitu hanya daun tomat yang bergejala terinfeksi Geminivirus. Sampel daun tomat yang telah dipilih dibungkus dengan tissue kemudian dimasukkan ke dalam plastik ziplock yang telah diisi dengan CaCl_2 sebanyak 10 g. Sebelum dimasukkan ke dalam plastik ziplock terlebih dahulu didokumentasi, dideskripsi jenis gejala infeksi Geminivirus dan diberi label. Plastik sampel tersebut dimasukkan ke dalam kotak pendingin. Selanjutnya plastik sampel disimpan di dalam kotak pendingin dan siap dideteksi di laboratorium Virologi Tumbuhan, Universitas Gadjah Mada.

Deteksi molekuler Geminivirus pada tanaman tomat

Metode ekstraksi Geminivirus dan amplifikasi DNA yang digunakan mengikuti (Revill *et al.*, 2003). Sebanyak 0,05 g sampel daun tomat bergejala Geminivirus, kemudian ditambahkan 400 μl GP1 / GPX1 buffer dan 5 μl RNase A lalu digerus kemudian divorteks, inkubasi pada suhu 60°C selama 10 menit lalu

bolak balik tiap 5 menit, Pre-heat elution buffer 100 μl per sampel pada suhu 60°C . Selanjutnya ditambahkan GP2 buffer 100 μl kemudian divorteks dan inkubasi dalam es selama 3 menit, filter column ditempatkan pada 2 ml tube collection kemudian pindahkan mixture (hasil vorteks) ke filter column kemudian sentrifuse selama 1 menit $1000\times g$, kemudian filter column dibuang. Ambil supernatan (1,5 tube (+) 1,5 volume GP3 buffer) kemudian divorteks selama 5 detik, tempatkan GD column dalam 2 ml collection tube, transfer mixture kemudian sentrifuse $14.000\times g$ selama 2 menit lalu supernatannya dibuang dan ditempatkan kembali GD column ke 2 ml tube.

Pencucian dilakukan dengan menambahkan 400 μl buffer W1 ke GD column lalu sentrifuse $14.000\times g$ selama 30 detik, supernatan dibuang kemudian tambahkan 600 μl wash buffer tahapan ini di ulang sebanyak 2 kali, setelah itu supernatant dibuang kemudian di *dry* sentrifuse $14.000\times g$ selama 3 menit. DNA Elution dilakukan dengan GD column dipindahkan ke tube 1,5 ml lalu ditambahkan 100 μl pre-heated elution buffer, diamkan selama 3-5 menit kemudian sentrifuse $14.000\times g$ selama 30 detik, simpan DNA total pada suhu -20°C .

Amplifikasi DNA hasil ekstraksi digunakan untuk amplifikasi pita DNA yang spesifik. Komposisi bahan yang digunakan dalam reaksi PCR adalah red mix (6.25 $\mu\text{l} \times 6 = 37.5 \mu\text{l}$), dd H₂O (4.25 $\mu\text{l} \times 6 = 25.5 \mu\text{l}$) Primer Forward dan Reverse masing-masing sebanyak (0.5 $\mu\text{l} \times 6 = 3.0 \mu\text{l}$), DNA template (12.5 μl). Primer universal Gemini virus digunakan untuk amplifikasi, yaitu pAV494 dan pAC1048. Program amplifikasi untuk pAV494/pAC1048 terdiri dari tahap predenaturasi pada suhu 95°C selama 1 menit, dilanjutkan denaturasi untuk memisahkan utas ganda DNA pada suhu 95°C selama 20 detik, kemudian annealing untuk penempelan primer pada sikeun DNA target pada suhu 53°C selama 40 detik, elongasi

untuk sintesis sikuen DNA baru pada suhu 72 °C selama 30 detik, dilanjutkan dengan tahapan pasca extension pada suhu 72 °C selama 5 menit dan diakhiri dengan 4 °C untuk suhu penyimpanan.

Visualisasi fragmen DNA hasil amplifikasi divisualisasi pada 1% gel agarosa dalam 0.5× bufer TBE (Tris-borate EDTA). Sebanyak 0.3 g agarosa dilarutkan dalam 30 ml bufer TBE dan dipanaskan dalam microwave selama 2 menit agar tercampur merata. Larutan agarosa tersebut didiamkan sampai hangat, kemudian dituang ke dalam cetakan dan didiamkan hingga memadat kurang lebih selama satu jam. Setelah memadat, gel agarosa dimasukkan ke dalam tangki (electrophoresis box) yang berisi bufer TBE (0,5x). Sumuran pada gel agarosa diisi dengan sampel DNA yang terdiri dari campuran DNA produk amplifikasi dan loading dye dengan perbandingan 5:1 (v:v). Elektroforesis dilakukan dengan tegangan 50volt selama 15 menit. Elektroforesis dimaksudkan untuk memisahkan molekul DNA dengan menggunakan arus listrik yang memanfaatkan prinsip perbedaan berat atau besar molekul. Migrasi posisi DNA hasil elektroforesis dideteksi dengan sistem pengecatan (staining) dengan perendaman DNA dalam larutan ethidium bromide selama 5 menit, dilanjutkan dengan perendaman dalam air selama 3 menit. DNA kemudian divisualisasi di bawah UV transilluminator.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung ke pertanaman tomat milik petani. Untuk deteksi Geminivirus dilakukan secara purposif, sedangkan untuk pengamatan kejadian penyakit dilakukan dengan menentukan tanaman sampel secara

acak diagonal. Pengamatan kejadian penyakit Geminivirus dilakukan selama tiga minggu.

Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah jenis gejala Geminivirus yang dilanjutkan dengan analisis molekuler dengan teknik PCR, keberadaan kutukebul, dan persentase kejadian penyakit Geminivirus. Kejadian penyakit Geminivirus dihitung dengan menggunakan persamaan rumus:

$$KP : n/N \times 100\%$$

Keterangan:

KP: Kejadian Penyakit

n: Jumlah tanaman tomat yang menunjukkan gejala infeksi Geminivirus

N: Total jumlah tanaman yang diamati

Pengamatan keberadaan kutukebul dilakukan secara langsung pada tanaman tomat dengan bantuan kaca pembesar. Kutukebul yang ditemukan hanya dideskripsi secara sederhana melalui bentuk morfologi kutukebul khususnya warna dan bentuk sayap (Hidayat, 2020).

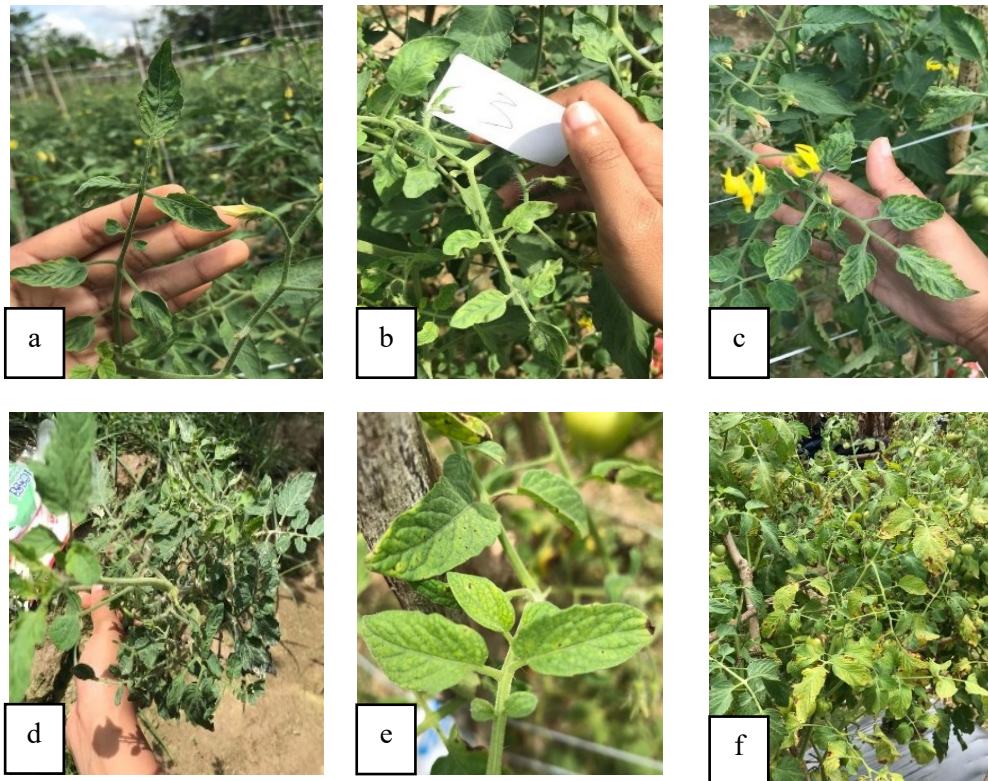
Analisis Data

Data dianalisis secara deskriptif untuk variabel jenis gejala dan hasil ekstraksi DNA, sedangkan kejadian penyakit Geminivirus dianalisis dengan regresi linier sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Virus Gemini pada Tanaman Tomat

Gejala Geminivirus yang ditemukan dipertanaman tomat di Desa Wolasi dan di Desa Lamomea seperti gejala mosaik, malformasi daun, tulang daun menebal, daun melengkung ke atas (*leaf cupping*), luas daun mengecil (Gambar 1). Daun mosaik, penebalan tulang daun, daun menguning dan kecil menjadi ciri khas infeksi virus gemini (Kusumaningrum *et al.*, 2017).



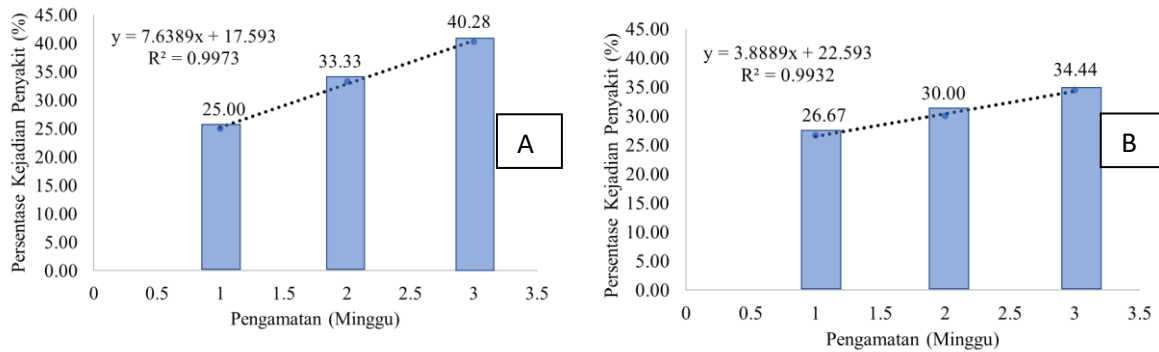
Gambar 1. Variasi gejala yang ditemukan di lapangan, a. mosaik pada daun muda b. malformasi daun dan luas daun mengecil c. daun melengkung ke atas d. e dan f mosaik, tulang daun menebal, dan tanaman tomat kerdil

Telah dilaporkan bahwa gejala TYLCV pada tanaman tomat mulai klorosis, bentuk daun berubah, ukuran daun kecil, dan tanaman menjadi kerdil (Al-ani *et al.*, 2011 ; Papayiannis *et al.*, 2002). Perubahan warna daun tanaman menjadi hijau muda atau kuning cerah juga muncul pada beberapa tanaman tomat yang diamati. Bentuk dan warna daun tanaman tomat tersebut diduga sebagai gejala awal infeksi virus Gemini. Bila gejala berlanjut maka pertumbuhan tanaman terhambat sehingga menyebabkan daun atau seluruh tanaman menjadi kerdil dan

penghambatan pertumbuhan tanaman (Sudiono, 2001).

Kejadian Penyakit Virus Gemini

Laju kejadian penyakit virus Gemini di Desa Wolasi menunjukkan peningkatan setiap minggunya. Kejadian penyakit virus Gemini yang tertinggi terjadi pada minggu ketiga yaitu 40%. Laju peningkatan kejadian penyakit setiap minggunya sebesar 7.64% (Gambar 2a). Sementara di Desa Lamomea rata-rata kejadian penyakit Geminivirus pada minggu ke tiga adalah 34%, sedangkan laju peningkatan kejadian setiap minggunya sebesar 3.9% (Gambar 2b).



Gambar 2. Laju kejadian penyakit virus Gemini di Desa Wolasi (2a) dan Lamomea (2b), Konawe Selatan

Berdasarkan pada hasil penelitian ini maka jenis tomat dapat dikelompokkan jenis yang agak rentan terhadap kejadian penyakit virus gemini dengan kejadian penyakit yang terus meningkat selama 3 minggu pengamatan (Gambar 2). Peningkatan kejadian penyakit virus gemini diduga disebabkan oleh beberapa tanaman yang menjadi inang virus gemini seperti famili Solanaceae (cabai, bayam, terong dan tembakau), Leguminosae (kacang panjang), Cucurbitaceae (semangka) ditemukan ditanam di sekitar pertanaman tomat. Dilaporkan tanaman-tanaman tersebut adalah inang virus gemini (Aidawati *et al.*, 2001; Sulandari, 2006) (Shirazi *et al.*, 2014). Keberadaan serangga vektor mempercepat kejadian penyakit dari waktu ke waktu.

Observasi Serangga Vektor Kutukebul

Berdasarkan hasil pengamatan di pertanaman tomat kedua lokasi tersebut berhasil ditemukan adanya imago kutu kebul (*B. tabaci*) dan kelompok telur. Kutukebul yang ditemukan memiliki ciri morfologi seperti berwarna putih, sayapnya ditutupi dengan lapisan lilin yang bertepung, ukuran tubuh kecil antara (1 - 1,5 mm), berwarna putih, dan sayapnya jernih ditutupi lapisan lilin yang bertepung. Telur berbentuk lonjong agak lengkung, berwarna kuning terang, berukuran

panjang antara 0,2 - 0,3 mm dan terletak di permukaan bawah daun, pada daun teratas (pucuk) (Gambar 3). Diduga kuat bahwa serangga yang ditemukan adalah kutukebul (Hidayat, 2020). Namun demikian identifikasi lebih lanjut dibutuhkan. Dilaporkan oleh (P. Hidayat & Sartiami, 2006) bahwa berdasarkan identifikasi morfologi pupa yang dikoleksi langsung dari tanaman inang cabai, tomat, dan kedelai di Bogor, Cianjur, dan Sukabumi yaitu Sukabumi, i.e. *Bemisia tabaci*, *Aleurodicus dispersus*, *Trialeurodes vaporariorum*, dan *Dialeurodes* sp.

Keberadaan kutukebul menjadi penting untuk menyebarkan virus gemini dari tanaman sakit ke tanaman sehat. Ditambah lagi kutu kebul memperoleh virus ketika mengambil makanan dari tanaman sakit secara persisten. Virus yang diambil dari tanaman sakit masuk melalui saluran pencernaan, menembus dinding usus, bersirkulasi dalam cairan tubuh serangga (*haemolymph*) dan selanjutnya pada kelenjar saliva. Ketika kutukebul menghisap makanan dari tanaman sehat, virus yang telah berada di kelenjar saliva secara tidak langsung akan ikut masuk ke dalam tubuh tanaman bersama dengan cairan dari mulut serangga (Agung *et al.*, 2014).

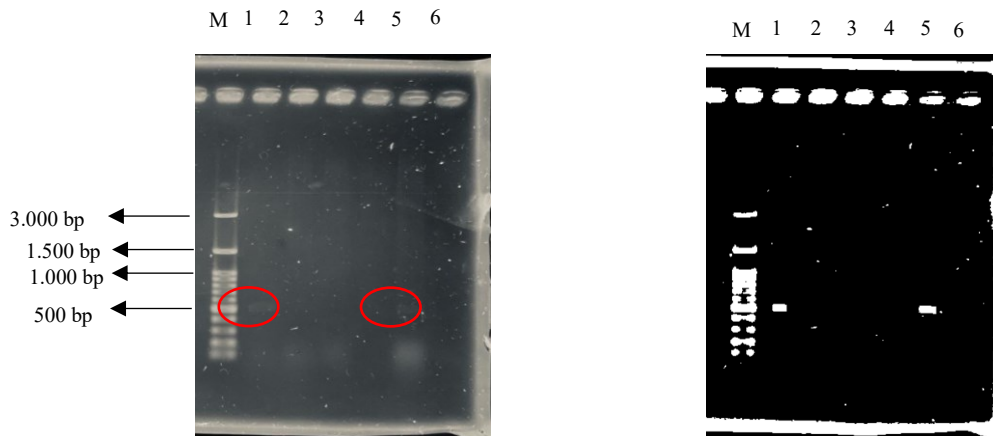


Gambar 3. Kutukebul dan kelompok telur yang ditemukan di lokasi pengambilan sampel, a. Desa Wolasi; b. Desa Lamomea Kabupaten Konawe Selatan

Deteksi Virus Gemini secara PCR (Polymerase Chain Reaction)

Hasil visualisasi elektroforesis pada gel agarose menunjukkan bahwa virus Gemini berhasil dideteksi pada tanaman tomat yang berasal dari Desa Lamomea (Sampel 1) dan Desa Wolasi (sampel 5), sedangkan pada

sampel 2,3,4 dan 6 belum berhasil teramplifikasi. Fragmen DNA hasil amplifikasi berukuran ≈ 500 base pair (bp) (Gambar 4.5). Hasil tersebut sesuai dengan ukuran yang diharapkan apabila menggunakan pasangan primer pAV494 dan pAC1048 (Rojas, 1993).



Gambar 4. Hasil amplifikasi DNA virus Gemini dari tanaman tomat dengan teknik PCR menggunakan pasangan primer pAV494 dan pAC1048. M. Marker; 1. Sampel daun tomat Desa Wolasi bergejala kuning dan kerdil; 2. Sampel daun tomat Desa Wolasi bergejala kuning; 3. Sampel daun tomat Desa Lamomea bergejala kerdil, kuning dan keriting; 4. Sampel daun tomat Desa Lamomea bergejala mosaik, kerdil, keriting dan kuning; 5. Sampel daun tomat Desa Lamomea bergejala kerdil, kuning dan tulang daun menebal; 6. Sampel daun tomat Desa Lamomea

Infeksi virus gemini berhasil terdeteksi dari tanaman asal Desa Lamomea (sampel 1) dan Desa Wolasi (sampel 5). Pita DNA

berukuran 500bp pada gel agarose setelah proses amplifikasi dengan teknik PCR menggunakan primer universal virus Gemini

pAV494 dan pAC1048. Fragmen DNA dengan ukuran tersebut sesuai dengan ukuran yang diharapkan bila menggunakan primer tersebut. Penggunaan teknik PCR untuk memastikan infeksi virus gemini pada tanaman telah dilaporkan oleh beberapa peneliti (Hidayat *et al.*, 1999 Sulandari *et al.*, 2006 ; Kusumaningrum *et al.*, 2017 ; Taufik *et al.*, 2023; Widodo *et al.*, 2023). Temuan keberadaan virus gemini dan serangga vektor pada tanaman tomat mengonfirmasi keberadaan virus gemini pada tanaman tomat di Sulawesi Tenggara. Informasi dapat dijadikan mitigasi untuk melakukan strategi pengendalian preventif untuk mencegah penyebaran virus gemini secara cepat pada tanaman tomat. Ditambah lagi ditemukan juga keberadaan serangga vektor yaitu kutukebul.

KESIMPULAN

Gejala daun tomat yang ditemukan seperti daun mengecil, daun malformasi daun, daun menggulung ke atas, dan tulang daun adalah gejala khas virus gemini. Serangga vektor kutukebul yang hampir selalu ditemukan pada pertanaman tomat. Kejadian penyakit virus gemini di Desa Wolasi dan Lamomea adalah 40% dan 34%, secara berturut turut. Teknik *polymerase chain reaction* (PCR) menggunakan primer pasangan primer pAV494 dan pAC1048 dan berhasil mengamplifikasi DNA berukuran 500bp. Hasil ini mengonfirmasi keberadaan virus gemini pada tanaman tomat yang pertama kali di Sulawesi Tenggara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kemendikbudristek, Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) atas dukungan pendanaan TA 2022 dengan skim Peneliti Dasar Kompetitif Nasional, sesuai kontrak no 50/UN29.20/PG/2022, tanggal 12 Mei 2022. Terima kasih juga disampaikan kepada Ketua

dan staf Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Halu Oleo atas bantuan administrasi pelaksanaan penelitian, petani tomat, dan mahasiswa yang telah membantu pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, N. A. A. G., Agung, P. T., & Ayu, Y. K. (2014). Hubungan antara populasi kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (*Gennadius*) (*Hemiptera: Aleyrodidae*) dengan insiden penyakit kuning pada tanaman tomat (*Solanum Lycopersicum* Mill.) di Dusun Marga Tengah, Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Bali. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 6(3), 339–348.
- Aidawati, N., Yusriadi, & Hidayat, S. . (2001). Kisaran inang virus gemini asal tanaman cabai dari Guntung Payung , Kalimantan Selatan. *Prosiding Kongres Nasional XVI Dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia, Bogor, 23-24 Agustus 2001*, 3.
- Al-ani, R. A., Adhab, M. A., Hamad, S. A. H., & Diwan, S. N. H. (2011). Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV), identification, virus vector relationship, strains characterization and a suggestion for its control with plant extracts in Iraq. *African Journal of Agricultural Research*, 6(22), 5149–5155. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1107>
- BPS Sulawesi Tenggara. (2022). *Sulawesi Tenggara dalam Angka. Badan Pusat Statistik*.
- Hidayat, P. (2020). *Kutukebul (Aleyrodidae, Hemiptera) di Jawa Deskripsi Morfologi dan Kunci Identifikasi*. IPB Press.
- Hidayat, P., Ludji, R., & Maryana, N. (2020). Kemampuan reproduksi dan riwayat hidup kutukebul *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) dengan dan tanpa kopulasi pada tanaman cabai merah dan tomat. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(3), 156–162. <https://doi.org/10.5994/jei.17.3.156>
- Hidayat, P., & Sartiami, D. (2006). Identifikasi Kutukebul (*Hemiptera: Aleyrodidae*)

- dari Beberapa Tanaman Inang dan Perkembangan Populasinya. *J. Entomol. Indonesia*, 3(1), 41–49.
- Hidayat, S. H., Rusli, E., & Nooraidawati. (1999). Penggunaan primer universal dalam polymerase chain reaction untuk mendeteksi virus gemini pada cabe. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Kongres Nasional PFI XV. Purwokerto*.
- Direktorat Hortikultura Kementan (2021). *Angka Tetap Hortikultura Tahun 2020* (Issue 1).
- Kusumaningrum, F., Hartono, S., Sulandari, S., & Somowiyarjo, S. (2017). Infeksi ganda begomovirus dan crinivirus pada tanaman tomat di Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(2), 60. <https://doi.org/10.22146/jpti.17542>
- Moriones, E., & Navas-Castillo, J. (2000). Tomato yellow leaf curl virus, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research*, 71(1–2), 123–134. [https://doi.org/10.1016/S0168-1702\(00\)00193-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1702(00)00193-3)
- Papayiannis, L. C., Box, P. O., & Katis, N. I. (2002). News & products. *Computer Graphics World*, 25(9), 10. <https://doi.org/10.1097/00004045-198407000-00018>
- Pujiastuti, A., & Kristiani, M. (2019). Formulasi dan uji stabilitas mekanik hand and body lotion sari buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sebagai antioksidan. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 16(1), 42–55. <https://doi.org/10.31001/jfi.v16i1.468>
- Rahayuwati, S., Hidayat, P., & Hidayat, S. H. (2020). Variasi morfologi puparium *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (*Hemiptera: Aleyrodidae*) pada berbagai inang dan ketinggian tempat dari daerah endemik penyakit kuning cabai di Wilayah Sundaland. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(2), 61. <https://doi.org/10.5994/jei.17.2.61>
- Rahayuwati, S., Hidayat, S. H., & Hidayat, P. (2016). Identitas genetik *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (*Hemiptera: Aleyrodidae*) dari daerah endemik penyakit kuning cabai di Indonesia bagian barat berdasarkan fragmen mitokondria sitokrom oksidase I (mtCOI). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 13(3), 156–164. <https://doi.org/10.5994/jei.13.3.156>
- Revill, P. A., Ha, C. V., Porchun, S. C., Vu, M. T., & Dale, J. L. (2003). The complete nucleotide sequence of two distinct geminiviruses infecting cucurbits in Vietnam. *Archives of Virology*, 148(8), 1523–1541. <https://doi.org/10.1007/s00705-003-0109-6>
- Rojas, M. R. (1993). Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted Geminiviruses. *Plant Disease*, 77(4), 340. <https://doi.org/10.1094/pd-77-0340>
- Shirazi, M., Mozafari, J., Rakhshandehroo, F., & Shams-Bakhsh, M. (2014). Genetic diversity, host range, and distribution of tomato yellow leaf curl virus in Iran. *Acta Virologica*, 58(2), 128–136. https://doi.org/10.4149/av_2014_02_128
- Simanjuntak, D. (2010). Potensi tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) isolat lemah sebagai agens pengendali penyakit daun keriting kuning pada tanaman tomat. *International Journal of Heritage Studies*, 16(1), 1689–1699.
- Sudiarto, S., & Rusmono, W. (2018). Potensi jus tomat menurunkan kadar gula darah sewaktu (GDS) pada pasien diabetes militus. *MNJ (Mahakam Nursing Journal)*, 2(4), 176. <https://doi.org/10.35963/mnj.v2i4.145>
- Sudiono. (2001). *Deteksi dan identifikasi geminivirus pada tanaman tomat*. Institut Pertanian Bogor. pp. 1-37.
- Sulandari, S. (2006). Penyakit daun keriting kuning cabai di Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.22146/jpti.11941>
- Sulandari, S., Suseno, R., Hendrastuti, S., K, H., & S, S. (2001). Deteksi virus Gemini pada cabai di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Prosiding Kongres Nasional XVI Dan Seminar Ilmiah PFI. Bogor. Indonesia*.
- Sulandari, S., Suseno, R., Hidayat, H.,

- Harjosudarmo, J., Sosromarsono, S., & Gadjah Mada, U. (2006). Detection and Host Range Study of Virus Associated with Pepper Yellow Leaf Curl Disease. *HAYATI Journal of Biosciences*, 13(1), 1–6.
- Susanti, A. M., Sari, R. P., & Chasanah, S. cholifah S. (2021). Pengaruh pemberian jus tomat terhadap kadar gula darah sewaktu pada pasien hiperglikemia. *Nusantara Hasana Journal*, 1(3), 96–102.
- Taufik, M., HS G, S. S., Mallarangeng, R., Khaeruni, A., Botek, M., Hartono, S., ... & Hidayat, P. (2023). Sebaran penyakit daun keriting kuning pada pertanaman cabai di Sulawesi Tenggara dan identifikasi penyebabnya. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19(3), 89-98.
- Widodo, C. J., Taufik, M., Khaeruni, A., & Mallarangeng, R. (2023). Determination of Begomovirus on chili plants (*Capsicum* sp.) in Buton and Muna Islands, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(2), 741–751.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d240209>