

**Pengukuran keparahan gejala penyakit kuning dan kandungan nitrogen tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini berbasis spektral biosensor**

***Measurement of yellow disease symptom severity and nitrogen content of chili plants infected with Gemini Virus based on spectral biosensor***

**Sukma Ayu<sup>1</sup>, Muhammad Taufik<sup>2\*</sup>, Rahayu M<sup>2</sup>, Asmar Hasan<sup>2</sup>, Catur Joko Widodo<sup>2</sup>,  
Muhammad Botek<sup>2</sup>, Lita Oktafiana Huttni<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93231

<sup>2</sup>Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, 93231

\*Penulis Korespondensi: [muhammad.taufik\\_faperta@uho.ac.id](mailto:muhammad.taufik_faperta@uho.ac.id)

Diterima Tanggal 31 Juli 2024, Disetujui Tanggal 22 Januari 2025

DOI: <https://doi.org/10.51978/japp.v25i1.832>

**Abstrak**

Infeksi Virus Gemini-pepper yellow leaf curl virus menyebabkan kerusakan morfologi seperti malformasi daun, daun kecil, daun melengkung, dan tanaman kerdil, serta memengaruhi kandungan nitrogen dan luas daun tanaman cabai. Variasi gejala yang cukup tinggi menyebabkan pengukuran menjadi cukup sulit. Hal yang sama berlaku untuk pengukuran kandungan nitrogen tanaman, yang hanya dapat dilakukan di laboratorium. Namun, seiring dengan perkembangan teknologi digital, pengukuran tersebut dapat dilakukan secara langsung di lapangan, termasuk juga pengukuran indeks luas daun tanaman. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur keparahan gejala penyakit Virus Gemini, kandungan nitrogen, dan luas daun tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini. Dengan menggunakan aplikasi Software ImageJ, sampel tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini direkam secara acak pada pertanaman cabai di Pulau Muna dan Buton. Variabel yang diamati meliputi tingkat keparahan gejala Virus Gemini, konsentrasi nitrogen, dan luas daun tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi keparahan gejala Virus Gemini, kandungan nitrogen cenderung lebih rendah, dan indeks luas daun tanaman cabai semakin kecil.

**Kata Kunci:** klorofil, nitrogen, software imageJ, virus gemini

**Abstract**

Gemini Virus infection yellow leaf curl virus causes morphological damage such as leaf malformation, small leaves, curved leaves, and stunted plants, and affects the nitrogen content and leaf area of chili plants. The variation of symptoms is quite high so its measurement is quite difficult. The same thing with measuring the nitrogen content of plants can only be done in the laboratory. However, along with the development of digital technology, these measurements can be done directly in the field, including measuring the leaf area index of plants. The purpose of the study was to measure the severity of Gemini Virus disease symptoms, nitrogen content, and leaf area of chili plants infected with Gemini Viruses. Using the ImageJ Software application, samples of chili plants infected with Gemini Viruses were recorded randomly on chili plantations in the Muna and Buton Islands. The variables observed were the severity of Gemini Virus symptoms, nitrogen concentration, and leaf area of chili plants infected with Gemini Viruses. The results showed that there was a tendency that the higher the severity of Gemini Virus symptoms, the lower the nitrogen content and the smaller the leaf area index of chili plants.

**Keywords:** chlorofil, gemini virus, nitrogen, software imageJ

## PENDAHULUAN

Tanaman cabai adalah tanaman populer di Indonesia yang memiliki cita rasa pedas serta mempunyai kandungan gizi vitamin C (asam askorbat) berfungsi membantu proses metabolisme tubuh (Asmal *et al.*, 2023). Selain bernilai gizi, tanaman cabai juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi, sehingga banyak dibudidayakan oleh petani. Penanaman cabai terus dilakukan untuk meningkatkan produksi dan menambah nilai ekonomi keluarga petani. Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa produksi cabai di wilayah Kepulauan Muna dan Buton selama empat tahun terakhir menunjukkan penurunan. Pada tahun 2018, produksi cabai mencapai sekitar 855,7 kuintal, tetapi pada tahun 2021 menurun menjadi hanya sekitar 19,02 kuintal. Meskipun luas lahan cabai di kedua pulau tersebut meningkat dari 401 hektare menjadi 545 hektare (BPS, 2022), produksi cabai justru terus menurun.

Produksi cabai di Pulau Muna dan Buton dalam beberapa tahun terakhir mengalami fluktuasi. Diduga, infeksi Virus Gemini berkontribusi terhadap tren penurunan produksi cabai. Virus Gemini yang menyebabkan penyakit keriting daun kuning ini juga dikenal sebagai *Pepper yellow leaf curl virus* (PepYLCV) (Rusli *et al.*, 1999; Sulandari *et al.*, 2006; Albar *et al.*, 2023). Penyakit Virus Gemini dapat menimbulkan kerugian yang besar bahkan gagal panen jika tanaman terinfeksi pada waktu masih sangat muda. Gejala khas Virus Gemini seperti belang, malformasi daun, *vein clearing*, keriting dan cupping serta daun melengkung ke atas (Trisno *et al.*, 2021; Taufik *et al.*, 2023; Widodo *et al.*, 2023). Infeksi virus mengakibatkan kerusakan langsung pada daun cabai dan secara tidak langsung berakibat pada penurunan efisiensi hasil fotosintesis yang akhirnya menyebabkan kuantitas dan kualitas buah menurun (Hidayat *et al.*, 2020).

Tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini dapat memengaruhi berbagai proses fisiologi dan biologi tanaman. Hal ini disebabkan oleh replikasi virus di dalam jaringan tanaman, yang dapat mengganggu efisiensi penyerapan nutrisi, termasuk nitrogen, dari tanah. Replikasi dan pergerakan virus secara sistemik menyebabkan daun cabai mengalami perubahan bentuk secara morfologi dan ultrastruktur. Perubahan bentuk dapat terjadi pada bagian mesofil, palisade dan jaringan epidermis daun tanaman cabai yang selanjutnya menyebabkan perubahan warna pada daun tanaman cabai (Taufik *et al.*, 2024). Infeksi lanjutan dapat menyebabkan gangguan struktur dan fungsi kloroplas yang bertanggung jawab langsung terhadap fotosintesis (Bradamante *et al.*, 2021). Gangguan pada organ kloroplas akan mempengaruhi proses penyerapan cahaya biru, hijau dan merah. Tanaman yang kloroplasnya terganggu karena infeksi virus akan menyebabkan cahaya biru, hijau dan merah lebih banyak dipantulkan dibandingkan diserap. Perekaman cahaya merah, hijau dan biru (*Red-Green-Blue/RGB*) dengan spektral biosensor mulai banyak digunakan untuk memitigasi adanya perubahan fisiologi seperti kandungan nitrogen dan morfologi gejala serta perubahan luas daun tanaman. Dilaporkan bahwa kandungan nitrogen dapat ditentukan dari citra daun tanaman terinfeksi dengan bantuan *ImageJ* (Pernadi, 2020 ; Hasan *et al.*, 2023). Perekaman citra RGB juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi efisiensi penyerapan unsur hara pada tanaman cabai (Qur'ania *et al.*, 2023), menilai keparahan gejala virus pada *Capsicum frutescens* berbasis indeks vegetasi (Taufik *et al.*, 2023). Penggunaan spektral biosensor (*Software ImageJ*) memudahkan dalam pengamatan keparahan gejala, kandungan nitrogen tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini dan luas daun terinfeksi Virus Gemini dengan memanfaatkan proporsi warna daun

bergejala. Pemanfaatan teknik tersebut pada tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini masih terbatas termasuk di Sulawesi Tenggara. Oleh karena itu penelitian bertujuan mengevaluasi kemampuan *ImageJ* untuk mengukur tingkat keparahan gejala, kandungan nitrogen dan luas daun tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di lahan pertanaman cabai milik petani cabai pulau Muna dan Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Laboratorium Fitopatologi, Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo dari Bulan Agustus sampai Oktober 2023.

### Peralatan dan Bahan

Alat yang digunakan diantaranya label, mikroskop, kamera *smartphone* aplikasi *software ImageJ* (Wayne Rasband dari *National Institutes of Health* (NIH)), dan alat tulis menulis. Bahan yang digunakan adalah tanaman cabai bergejala Virus Gemini.

### Prosedur Penelitian

#### Survei Lapangan

Survei dilaksanakan di lahan pertanaman cabai petani yaitu Desa Pentiro dan Lambiku, Kecamatan Napaballano, Kabupaten Muna. Desa Labokolo, Desa Suka Damai Kecamatan Tiworo Tengah dan Desa Lakanaha, Kecamatan Wadaga, Kabupaten Muna Barat Pulau Muna. Desa Ngkari-ngkari, Kecamatan Bungu, Kota Bau-Bau dan Desa Lambusango, Desa Tumada, Kecamatan kapontori, Kabupaten Buton Pulau Buton. Pengumpulan data dilakukan dengan observasi gejala Virus Gemini secara visual dan perekaman citra daun pada pertanaman cabai. Estimasi kandungan nitrogen dilakukan menggunakan pendekatan pengolahan citra digital.

### Perekaman Citra Daun Tanaman

Perekaman citra dilaksanakan antara pukul 08.00 – 14.00 WITA di lahan pertanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton. Gejala Virus Gemini yang ditemukan pada tanaman cabai direkam menggunakan kamera *smartphone* VIVO Y21 dengan lensa fokus. Kamera diposisikan tegak lurus terhadap daun tanaman dengan jarak  $\pm 25$  cm. Kamera diatur pada mode autofokus dan lampu kilat dinonaktifkan.

### Pengolahan Citra Digital

Citra sampel tanaman cabai bergejala Virus Gemini diolah menggunakan aplikasi *Software ImageJ*. Diawali dengan pemisahan *channel* citra RGB menjadi *channel Red*, *Green* dan *Blue* menggunakan *split channels tool*. Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks nitrogen menggunakan *channel Green* dan *Red* menggunakan *image calculator tool*. Rumus yang digunakan merujuk kepada Wang *et al.*, (2013).

$$\text{Indeks Nitrogen} = \frac{\text{Green}_{\text{channel}} - \text{Red}_{\text{channel}}}{\text{Green}_{\text{channel}} + \text{Red}_{\text{channel}}}$$

### Penilaian Keparahan Gejala Berbasis Pengamatan Visual

Nilai skoring keparahan gejala (Gaswanto *et al.* 2016), modifikasi yaitu : (0) = tanaman tidak bergejala/sehat; (1) : daun muda terlihat warna belang-belang hijau muda kekuningan, daun bagian bawah tetap hijau; (2) : warna daun muda belang- belang hijau muda kekuningan melebihi separuh dari tanaman; (3) : daun mosaik, hanya sebagian daun masih berwarna hijau, bentuk daun (*malformasi*) seperti berkerut atau asimetris, daun menggulung; (4) : daun kuning cerah, *vein clearing*, daun melengkung ke atas, tulang daun menebal; (5) = seluruh daun kuning, kuning-keputihan atau hijau-keputihan, ukuran daun mengecil dan tanaman kerdil. Hasil skoring dianalisis menggunakan rumus (Khoiri *et al.*, 2021).

$$KP = \sum \frac{(ni \times vi)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: KP: Keparahan Penyakit, ni : jumlah daun tanaman pada setiap kategori gejala, vi : skor pada setiap kategori gejala, N: jumlah seluruh daun tanaman yang diamati, Z: nilai skor dari kategori gejala tertinggi. Penilaian skor keparahan gejala penyakit virus mengikuti Adilah & Hidayat (2014).

### **Pengukuran Nilai Kandungan Nitrogen Terinfeksi Virus Gemini.**

Penentuan tingkat indeks nitrogen pada daun berdasarkan nilai indeks hasil perhitungan yaitu semakin tinggi nilai indeks maka semakin tinggi kandungan nitrogen dalam daun tanaman, demikian sebaliknya (Taufik *et al.*, 2023).

### **Pengukuran Indeks Luas Daun Terinfeksi Virus Gemini**

Pengukuran luas daun bergejala Virus Gemini pada *Software ImageJ*. Selanjutnya hasil mengekstrak rata-rata bilangan digital dari setiap sampel daun dilakukan perhitungan indeks luas daun dengan menggunakan rumus (Susilo, 2015) dengan rumus:

$$LD = P \times L \times k$$

Keterangan; LD = luas daun; P = panjang daun; L = lebar daun; dan k = konstanta (0,541).

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan metode survei di lahan pertanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton, Sulawesi Tenggara. Indeks luas daun

bergejala Virus Gemini diukur menggunakan mistar plastik berwarna putih dan direkan dengan menggunakan kamera *smartphone* VIVO Y21 dengan lensa fokus. Selanjutnya sampel daun hasil perekaman dihitung untuk mengetahui nilai keparahan gejala, kandungan nitrogen dan indeks luas daun terinfeksi dengan bantuan aplikasi *Software ImageJ*.

### **Variabel Pengamatan**

Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah keparahan gejala, kandungan nitrogen dan indeks luas daun secara acak pada tanaman cabai bergejala Virus Gemini. Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode aplikasi *Software ImageJ*.

### **ANALISIS DATA**

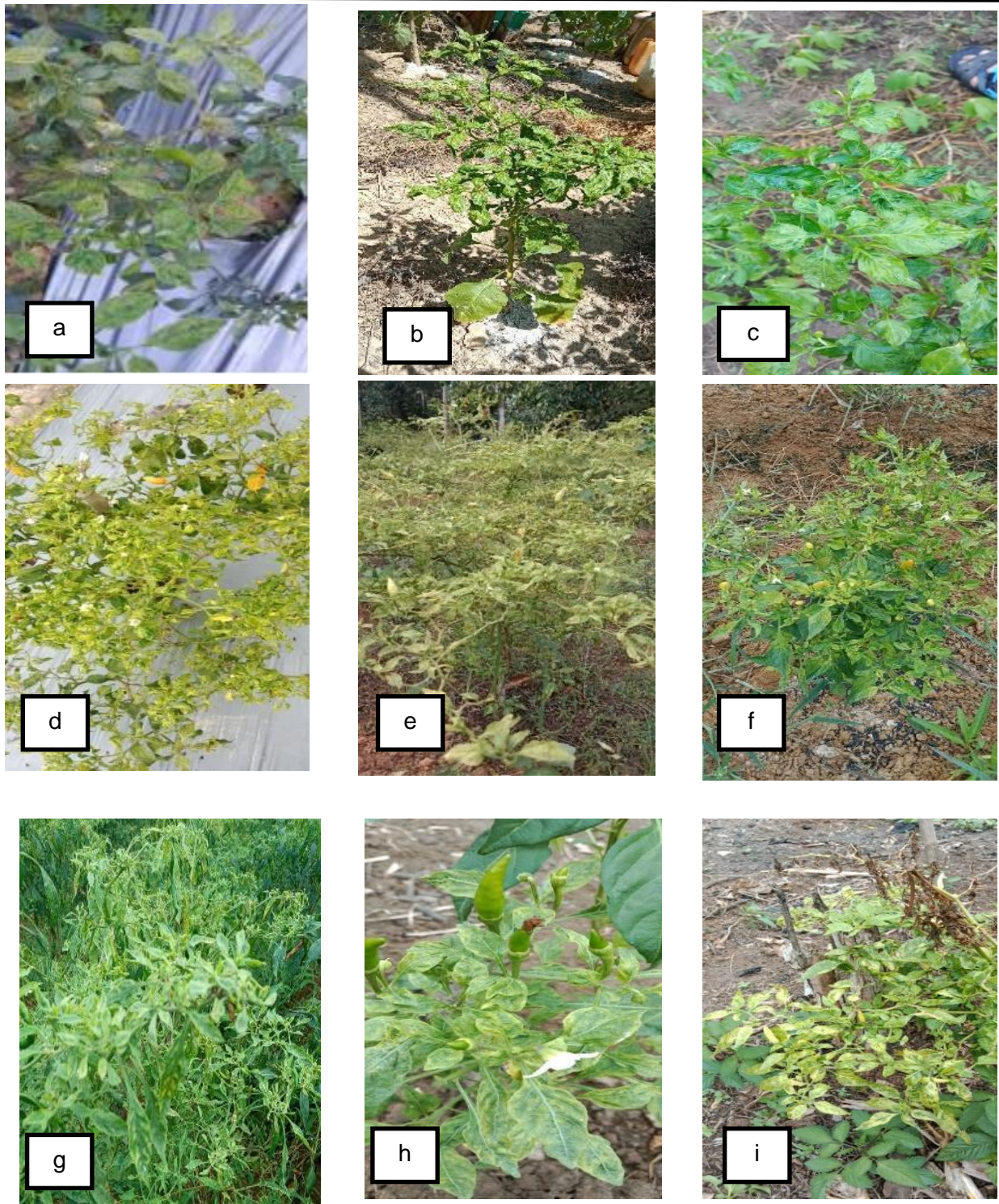
Data hasil pengamatan, keparahan gejala, kandungan nitrogen dan indeks luas daun tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini dianalisis dilakukan dengan analisis deskriptif.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Deskripsi Gejala Tanaman Cabai Terinfeksi Virus Gemini Pada Lokasi Pengamatan**

Pengamatan gejala Virus Gemini pada tanaman cabai di Pulau Muna dan Buton menunjukkan gejala yang bervariasi seperti mosaik kuning total, mosaik kuning kehijauan, malformasi daun, tulang daun menebal, daun menggulung ke atas dan ke bawah ukuran daun kecil/kerdil (Gambar. 1).





Gambar 1. Variasi gejala Virus Gemini yang ditemukan pada pengamatan tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton.

Keterangan: a. Desa Pentiro, Kecamatan Napabalano, Kabupaten Muna; b. Desa Lambiku, Kecamatan Napabalano, Kabupaten Muna; c. Desa Labokolo, Kecamatan Tiworo Tengah, Kabupaten Muna Barat; d. Suka Damai, Kecamatan Tiworo Tengah, Kabupaten Muna Barat; e. Desa Lakanaha, Kecamatan Wadaga, Kabupaten Muna Barat; f & g. Desa Ngkari-Ngkari, Kecamatan Bungji, Kota Bau-Bau; h. Desa Lambusango, Kecamatan Kapontori, Kabupaten Buton; i. Desa Tumada, Kecamatan Kapontori, Kabupaten Buton.

Virus Gemini telah menyebar di Pulau Muna dan Buton Berdasarkan pengamatan gejala pada tanaman (Gambar.1 dan Tabel. 1). Hal ini mendukung temuan Widodo *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa Virus Gemini telah menginfeksi tanaman cabai dengan gejala serupa, yaitu mosaik, daun melengkung ke atas, malformasi, dan daun mengecil pada pertanaman cabai di Pulau Buton dan Muna. Informasi ini juga melengkapi fakta bahwa Virus Gemini telah menyebar baik di

daratan Sulawesi Tenggara maupun di kedua pulau tersebut (Taufik *et al.*, 2018). Gejala infeksi Virus Gemini seperti mosaik kuning kehijauan, daun menggulung, tulang daun menebal terjadi akibat infeksi Virus Gemini yang menghambat aliran nutrisi (fotosintat) dari *source* ke *sink*. Hal ini disebabkan oleh virus yang menguasai jaringan floem (*floem limited virus*), sehingga memunculkan gejala berupa daun berwarna kuning, tanaman kerdil dan daun menggulung ke atas (*leaf cupping*).

Tabel 1. Deskripsi gejala tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton.

No	Lokasi/Desa Pengamatan	Jenis Gejala Virus Gemini Tanaman Cabai	Jenis/Varietas Tanaman Cabai	Teknik Budidaya	Umur Tanaman
1	Desa Pentiro, Kecamatan Napabalano, Kabupaten Muna.	Malformasi Daun, Mosaik Hijau Kekuningan, Penebalan Tulang Daun.	Cabai Rawit Varietas Bara	Tumpang Sari (Tomat, Pisang)	± 10 MST
2	Desa Lambiku Kecamatan Napabalano, Kabupaten Muna.	Mosaik Kuning Kehijauan, Daun Keriting, Daun Menggulung Ke Atas dan Ke Bawah, Tanaman Kerdil.	Cabai Rawit Varietas Indofood	Tumpang Sari (Terong, Pisang, Kemangi)	± 9 MST
3	Desa Labokolo, Kecamatan Tiworo Tengah, Kabupaten Muna Barat.	Mosaik Kuning Kehijauan, Daun Menggulung Ke Atas dan Ke Bawah, Tanaman Kerdil, Penebalan Daun.	Cabai Rawit Varietas Dewata	Monokultur	± 11 MST
4	Desa Suka Damai, Kecamatan Tiworo Tengah, Kabupaten Muna Barat.	Mozaik Hijau Kekuningan, Daun Mengkerut, Daun Keriting.	Cabai Rawit Varietas Lokal	Monokultur	± 10 MST
5	Desa Lakanaha, Kecamatan wadaga, Kabupaten Muna Barat.	Mosaik Kuning Total, Daun Menggulung Ke Atas dan Ke Bawah, Penebalan Tulang Daun, Bagian Tengan Daun Mengerut.	Cabai Rawit Varietas Bara	Tumpang Sari (Tanaman Jeruk Nipis, Tanaman Singkong Tanaman Pepaya)	± 13 MST
6	Desa Ngkari-Ngkari, Kecamatan Bungu, Kota Bau-Bau.	Malformasi Daun, Penebalan Tulang Daun, Daun Keriting, Tanaman Kerdil.	Cabai Rawit Varietas Bara	Tumpang Sari (Tanaman Jeruk Nipis, Tanaman Padi Sawah)	± 10 MST
7	Desa Ngkari-Ngkari, Kecamatan Bungu, Kota Bau-Bau.	Malformasi Daun, Daun Keriting dan Kerdil, Penebalan Tulang Daun, Mosaik Hijau.	Cabai Keriting	Monokultur	± 13 MST
8	Desa Lambusango, Kecamatan kapontori, Kabupaten Buton.	Mosaik Hijau Kekuningan, Kerdil, Penebalan Tulang	Cabai Rawit Varietas Bara	Monokultur	± 9 MST

		Daun, Daun Menggulung Ke Bawah, Daun Keriting Tanaman Kerdil.		
9	Desa Tumada, Kecamatan kapontori, Kabupaten Buton.	Mosaik Kuning, Daun Keriting Ke Bawah, Penebalan Tulang Daun, Tanaman Kerdil	Cabai Rawit Varietas Bara	Tumpang Sari (Tanaman Labu Tanaman Bayam, ± 8 MST

Variasi gejala Virus Gemini berbeda pada setiap pengamatan diduga dipengaruhi oleh faktor varietas tanaman cabai, teknik budidaya dan umur tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian (Polston & Anderson, 1995) menyatakan bahwa infeksi Virus Gemini dapat menghasilkan gejala yang sangat bervariasi tergantung pada strain virus, kultivar dan umur tanaman pada saat terinfeksi serta kondisi lingkungan. Selanjutnya Kusumawati *et al.*, (2013) menyatakan bahwa varietas cabai rawit mempunyai ketahanan yang berbeda terhadap infeksi virus, dengan umur rentan tanaman cabai rawit berkisar sekitar 10 HST.

Pengamatan gejala Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton menunjukkan adanya perbedaan teknik budidaya seperti monokultur dan tumpang sari (Tabel. 1) dan (Gambar.1), yang dapat memengaruhi variasi gejala akibat infeksi Virus Gemini. Hal ini diduga disebabkan oleh penggunaan varietas yang rentan, tidak adanya pergiliran tanaman, serta pemanfaatan tanaman tumpangsari yang dapat meningkatkan risiko infeksi Virus Gemini. Tanaman tumpangsari yang digunakan oleh petani cabai di Pulau Muna dan Buton meliputi tomat, pisang, terong, jeruk nipis, ubi kayu, pepaya, padi, labu, dan bayam. Beberapa tanaman inang Virus Gemini yang dilaporkan antara lain cabai, buncis, tomat, timun, terong, dan kacang panjang (Gaswanto *et al.*, 2016).

Virus Gemini menginfeksi tanaman cabai baik pada fase vegetatif maupun fase generatif, terutama pada daun-daun muda yang masih berkembang, sehingga memudahkan virus untuk menguasai fisiologi tanaman. Umur tanaman cabai di Pulau Muna dan Buton rata-rata 8, 9, 10, 11 dan 13 ± MST telah terinfeksi Virus Gemini dengan gejala yang bervariasi serta pertumbuhan tanaman terhambat. Hal ini sesuai dengan penelitian Hadiat *et al.*, (2022) menyatakan bahwa variasi gejala pada tanaman cabai terinfeksi tidak dapat tumbuh dengan normal dan menghasilkan buah jika terinfeksi pada awal pertumbuhan atau pada fase vegetatif. Jika tanaman terinfeksi saat memasuki fase generatif maka buah yang dihasilkan akan bertekstur keras dan kerdil.

#### **Pengukuran Keparahan Gejala, Kandungan Nitrogen, Indeks luas daun Tanaman Cabai Terinfeksi Virus Gemini Berbasis *Software ImageJ*.**

Berdasarkan Tabel. 2 hasil pengukuran berbasis *Software ImageJ* dengan keparahan gejala, kandungan nitrogen dan indeks luas daun yang berbeda pada setiap tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton.



Tabel 2. Pengukuran keparahan gejala, kandungan nitrogen dan luas daun terinfeksi Virus Gemini.

No	Lokasi/Desa Pengamatan	Keparahan Gejala (%)	Kandungan Nitrogen	Luas Daun Terinfeksi Virus Gemini (cm <sup>2</sup> )
1	Pentiro	82,22	15,77	4,727
2	Lambiku	66,67	10,42	4,124
3	Labukolo	82,22	12,47	1,243
4	Suka Damai	33,33	49,90	4,413
5	Lakanaha	95,56	11,50	1,836
6	Ngkari-Ngkari 01	68,89	23,89	2,401
7	Ngkari-Ngkari 02	71,11	20,16	3,658
8	Lambusango	46,67	31,36	2,993
9	Tumada	80,00	15,68	3,327

Infeksi Virus Gemini mempengaruhi proses fisiologi tanaman cabai di Pulau Muna dan Buton dimana pada (Tabel. 2) keparahan gejala yang tinggi dan rendah berdampak pada kandungan nitrogen dan indeks luas daun tanaman cabai akibat Virus Gemini dengan perbedaan yang signifikan yaitu pada Desa Suka Damai, Kec. Tiworo Tengah dan Desa Lakanaha, Kac. Wadaga, Kab. Muna Barat tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini menunjukkan bahwa semakin tinggi keparahan gejala maka kandungan nitrogen dan indeks luas daun rendah dan sebaliknya. Dilaporkan oleh AL-Masoudi *et al.*, (2023) bahwa virus mempengaruhi banyak proses biologis dan fisiologis pada tanaman sehingga menyebabkan penurunan efisiensi tanaman dalam menyerap banyak unsur mineral dari dalam tanah, termasuk nitrogen. Infeksi virus berdampak buruk pada semua bagian tanaman, termasuk pada fiksasi nitrogen oleh tanaman yang terinfeksi (Mishra *et al.*, 2022). Berkurangnya kemampuan tanaman cabai dalam menyerap nitrogen menyebabkan perkembangan tanaman terhambat, meningkatkan klorosis, dan membatasi inisiasi tunas lateral. Bagian tanaman seperti daun tidak dapat menyerap cahaya biru, merah, dan hijau dengan sempurna dibandingkan daun tanaman yang sehat, akibat kerusakan klorofil dalam kloroplas. Hal ini menyebabkan energi yang dibutuhkan tanaman untuk mensintesis protein dan klorofil berkurang.

Daun yang sehat akan menyerap cahaya biru, merah, dan hijau sebanyak mungkin, dengan penyerapan cahaya merah (630-680 nm) dan cahaya biru (450-520 nm) untuk proses fotosintesis. Sebaliknya, jika cahaya hijau diserap lebih sedikit, maka tanaman akan lebih banyak menyerap cahaya biru, yang lebih rendah dibandingkan cahaya hijau, sehingga kandungan nitrogen meningkat, asalkan tanaman tidak terinfeksi Virus Gemini. Dengan bantuan Software ImageJ, perekaman penyerapan cahaya pada daun yang bergejala Virus Gemini dilakukan berdasarkan gejala yang ditemukan di lapangan. Data ini kemudian dikonversi menjadi citra RGB (Red-Green-Blue) sehingga dapat diketahui keparahan gejala, kandungan nitrogen, dan indeks luas daun pada tanaman yang terinfeksi Virus Gemini.

Virus Gemini menginfeksi tanaman cabai melalui daun dengan bantuan serangga vektor dan mereplikasi diri pada tanaman, terutama pada daun-daun muda yang memiliki struktur fisiologi yang mudah dikuasai oleh virus. Hal ini sejalan dengan penelitian Abebe *et al.*, (2021) menyatakan bahwa replikasi virus sangat tergantung pada aktivitas fisiologi tanaman terutama pada daun muda dan kemungkinan ada kaitan dengan metabolisme nitrogen. Kandungan nitrogen daun berfungsi sebagai penyusun protein dan klorofil daun. Replikasi virus pada tanaman membutuhkan protein dan klorofil yang lebih untuk menguasai tubuh tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian



Taufik *et al.*, (2024) menyatakan bahwa virus mereplikasi dirinya sendiri untuk membentuk protein virus dalam sel tanaman (virus tidak dapat bereplikasi secara mandiri dan sangat bergantung pada mesin metabolisme inangnya genom virus DNA bereplikasi dalam *nucleus*). RNA virus berada di sitoplasma sel, yang kemudian bersentuhan dengan ribosom untuk sintesis protein. Protein yang dihasilkan adalah protein yang dibutuhkan virus, seperti protein pelapis, bukan yang dibutuhkan tanaman inang. Replikasi dan pergerakan virus secara sistemik menyebabkan daun cabai mengalami perubahan bentuk secara morfologi dan ultrastruktural, yang ditandai dengan munculnya gejala mosaik kuning, daun menggulung, mosaik hijau, cuping ke atas atau ke bawah serta tanaman yang kerdil (Hadiat *et al.*, 2022).

Gejala Virus Gemini pada tanaman cabai (Gambar.1) seperti gejala mosaik hijau kekuningan, daun menggulung ke atas dan ke bawah, malformasi daun dan tanaman cabai yang kerdil. Hal ini berdampak pada berkurangnya luas daun tanaman, yang menyebabkan penurunan fotosintesis. Penelitian Huttini *et al.*, (2024) menyatakan bahwa Infeksi virus dapat menyebabkan penurunan fotosintesis akibat berkurangnya klorofil pada setiap daun dan berkurangnya luas daun pada tiap tanaman. Selain itu, berkurangnya klorofil pada daun mengakibatkan penyerapan cahaya rendah, yang dapat mempercepat virus menginfeksi tanaman. Penyerapan cahaya yang tinggi, yang berfungsi untuk proses fotosintesis. dan fungsi kloroplas memainkan peran penting dalam respon pertahanan selama infeksi virus pada tanaman. Interaksi antara virus dan tanaman menyebabkan peningkatan kandungan protein dan laju fotosintesis sebesar 100% setelah virus menginfeksi tanaman. Laju fotosintesis menurun sebesar 60–70% seiring dengan penurunan laju replikasi (Funayama & Terashima, 2006). Peningkatan kandungan nitrogen daun dapat meningkatkan keberhasilan virus menginfeksi

tanaman (Whitaker *et al.*, 2015). Berkurangnya kandungan nitrogen dapat meningkatkan kerentanan tanaman dan mempengaruhi keparahan infeksi virus (Solomon *et al.*, 2003). Hal ini sesuai dengan penelitian Ariyanti, (2011), yang menyatakan bahwa tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini memiliki bentuk daun yang tidak normal (mengerdil) dan bahkan sebagian di antaranya menggulung, terutama jika terinfeksi pada fase generatif.

## KESIMPULAN

Gejala yang bervariasi dipengaruhi oleh varietas tanaman cabai, teknik budidaya dan umur tanaman cabai terinfeksi Virus Gemini. Infeksi Virus Gemini pada tanaman cabai menyebabkan keparahan gejala meningkat berpengaruh terhadap kandungan nitrogen dan indeks luas daun tanaman cabai yang terinfeksi Virus Gemini di Pulau Muna dan Buton.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia melalui skim penelitian magister Sesuai dengan Kontrak Program Penelitian Surat Keputusan Nomor DIPA-023.17.1.690523/2023 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 59/UN29.20/PG/2023. Terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Halu Oleo, Ketua Lembaga penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adilah, N., & Hidayat, S. (2014). Keparahan Penyakit Daun Keriting Kuning dan Pertumbuhan Populasi Kutukebul pada Beberapa Genotipe Cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 10(6), 195–201. <https://doi.org/10.14692/jfi.10.6.195>
- Abebe, D. A., van Bentum, S., Suzuki, M., Ando, S., Takahashi, H., & Miyashita, S. (2021). Plant death caused by inefficient

- induction of antiviral R-gene-mediated resistance may function as a suicidal population resistance mechanism. *Communications Biology*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02482-7>
- AL-Masoudi, Z. M., AL-Abedy, A. N., & Farhood, A. N. (2023). Effect of Cucumber mosaic virus (CMV) on the Content of Some Cucumber Genotypes of Nitrogen, Protein, Phenols, and Flavonoids. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(6), 970–977. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(6\).93](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(6).93)
- Albar, R., Chatri, M., Des, M., Putri, D. H., & Berlinda, Y. (2023). Geminivirus Disease (PepYLCV) in Chili (*Capsicum sp.*) Caused by Whitefly (*Bemisia tabaci*). *Serambi Biologi*, 8, 391–396.
- Ariyanti, N. A. (2011). Panitia Seminar Nasional Viii 2011 Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. *Jurnal Agrica Ekstensia*, 02(7).
- Asmal, A., Yuli Nurvianthi, R., Jehaman, T., STIKES Bhakti Pertiwi Luwu Raya Palopo, F., STIKes Bhakti Pertiwi Luwu Raya, M., & Palopo Indonesia, K. (2023). Analisis Kandungan Vitamin C Dalam Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*) Secara Iodimetri. *Riska Yuli Nurvianthi*, 1(2), 44–50.
- Bradamante, G., Scheid, O. M., & Incarbone, M. (2021). Under siege: Virus control in plant meristems and progeny. *Plant Cell*, 33(8), 2523–2537. <https://doi.org/10.1093/plcell/koab140>
- Funayama-Noguchi, S., & Terashima, I. (2006). Effects of Eupatorium yellow vein virus Infection on Photosynthetic Rate, Chlorophyll Content and Chloroplast Structure in Leaves of Eupatorium Makinoi During Leaf Development. *Functional Plant Biology*, 33(2), 165-175.
- Gaswanto, R., Syukur M, H. S. H. and G. N. (2016). Symptom and Host Range Identification of Six Chilli Begomovirus Isolate in Indonesia. *J Hortik*, 26(2), 223-234.
- Hadiat AL, Taufik, M., M, R., HS, G., & Syair. (2022). Efisiensi Penularan Pepper yellow leaf curl Indonesia virus (PepYLCIV) dengan Kutukebul, Kejadian Penyakit dan Pertumbuhan Tanaman cabai. *Berkala Penelitian Agronomi (Journal of Agronomi Research)*, 10(2), 106–117.
- Hasan, A., Taufik, M., Ode, L., Bande, S., Khaeruni, A., Mallarangeng, R., Hs, G., & Rahman, A. (2023). Analisis Morfometrik Daun Cabai Bergejala Kuning Keriting Menggunakan Pendekatan Pengolahan Citra Digital dan Algoritma Data Mining. 19 (November), 231–237. <https://doi.org/10.14692/jfi.19.6>.
- Hidayat, P., Ludji, R., & Maryana, N. (2020). Kemampuan Reproduksi Dan Riwayat Hidup Kutukebul Bemisia Tabaci (Gennadius) dengan dan Tanpa Kopulasi dada Tanaman Cabai Merah dan Tomat. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(3), 156. <https://doi.org/10.5994/jei.17.3.156>
- Huttni, L. O., Taufik, M., Hs, G., Hasan, A., & Botek, M. (2024). Potensi Teknik Proteksi Silang Terhadap Jumlah Stomata dan Luas Daun Yang Terinfeksi Virus Gemini pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) . *Agrokomples*, 24(1), 130–139.
- Khoiri, S., Muhlisa, K., Amzeri, A., & Megasari, D. (2021). Insedensi dan Keparahan Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Lokal Madura di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur, Indonesia. *Agrologia*, 10(1), 17–24.
- Kusumawati, D. E., Hadiastono, T., & Martosudiro, M. (2013). Ketahanan Lima Varietas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens L.*) terhadap Infeksi TMV (Tobacco Mosaic Virus) pada Umur Tanaman yang Berbeda. *Jurnal HPT*, 1(1), 66–79.

- Mishra, T., Pande, S., & Sonkar, N. K. (2022). Effect of Cowpea Golden Mosaic Virus Infection on Leghaemoglobin in nodules of Cowpea (*Vigna unguiculata*). *The Journal of Indian Botanical Society*, 102(2), 177–180. <https://doi.org/10.5958/2455-7218.2022.00010.9>
- Pernadi, D. (2020). Deteksi Kadar Nitrogen Dan Klorofil Citra Daun Menggunakan Ruang Warna Hsi. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 25(1), 41–49. <https://doi.org/10.35760/ik.2020.v25i1.2573>
- Polston, J. E., & Anderson, P. K. (1995). The % Mergence Of Thitefly Transmitted 'Eminiviruses In Tomato In The Sestern (Emisphere. *Plant Disease*, 81(12).
- Qur'ania, A., Karlitasari, L., Maryana, S., Sudrajat, C., & Zolla, Z. (2023). Identifikasi Defisiensi Unsur Hara pada Tanaman Cabai Menggunakan Support Vector Machine. *Jurnal Komputer Dan Informatika*, 11(1), 62–67. <https://doi.org/10.35508/jicon.v11i1.9803>
- Rusli Eliza S, Sri H. H., R. S. dan B. T. (1999). Virus Gemini pada Cabai : Variasi Gejala dan Studi Cara Penularan. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11(1), 26–31.
- Solomon, P. S., Tan, K. C., & Oliver, R. P. (2003). The Nutrient Supply of Pathogenic Fungi; a Fertile Field for Study. *Molecular Plant Pathology*. *Molecular Plant Pathology*, 4(3), 203–210.
- 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.
- Sultra, B. (2022). No Title. In . Provinsi Sulawesi Tenggara dalam Angka 2022.
- Susilo, D. E. H. (2015). Identifikasi Nilai Konstanta Bentuk Daun untuk Pengukuran Luas Daun Metode Panjang Kali Lebar pada Tanaman Hortikultura di Tanah Gambut. *Anterior Jurnal*, 14(2), 139–146. <https://doi.org/10.33084/anterior.v14i2.178>
- Taufik, M., S.H. Hidayat, Gusnawaty, R. S., & R.D.R. Wulan, & A. L. P. P. (2018). Laporan Pertama Virus Gemini pada Tanaman Cabai di Sulawesi Tenggara. In seminar nasional dan kongres perhimpunan fitopatologi indonesia komisariat daerah Sulawesi Tenggara. (Issue 3 Oktober 2017).
- Taufik, M., Firihi, M. Z., Gusnawaty, H. S., Variani, V. I., Hasan, A., Botek, M., Tihurua, E. F., & Wulansari, T. Y. I. (2024). The Changes of Chili Leaf Structure by Geminivirus Infection. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 24(1), 109–119. <https://doi.org/10.23960/jhptt.124109-119>
- Taufik, M., Hasan, A., Hidayat, S. H., Parawansa, A. K., & Tasrif, A. (2023). Penilaian Keparahan Gejala Virus Pada *Capsicum Frutescens* Berbasis Indeks Vegetasi Dan Pengamatan Visual Di Lapangan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.23960/jat.v11i1.6063>
- Taufik, M., Hasan, A., Mallarangeng, R., HS, G., Khaeruni, A., Botek, M., & Syair, S. (2023). Relationship Between Whitefly (*Bemisia tabaci*) Population and Pepper Yellow Leaf Curl Disease on Chili Plant Yield in The Field. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 6(1), 19. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v6i1.44927>
- Trisno, J., Jamsari, J., & Hidayat, S. H. (2021). Infeksi Ganda Pepper Yellow Leaf Curl Virus dan Chilli Veinal Mottle Virus dalam Menimbulkan Penyakit Daun Kuning Keriting Cabai. *Jpt: Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*, 5(2), 77. <https://doi.org/10.25077/jpt.5.2.77-88.2021>

- Wang, Y., Wang, D., Zhang, G., & Wang, J. (2013). Estimating nitrogen status of rice using the image segmentation of G-R thresholding method. *Field Crops Research*, 149, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.04.007>
- Whitaker, B. K., Rúa, M. A., & Mitchell, C. E. (2015). Viral pathogen production in a wild grass host driven by host growth and soil nitrogen. *New Phytologist*, 207(3), 760–768.
- 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>