

## ***Cowpea Mild Mottle Virus (CpMMV)* pada Kedelai dan Upaya Penanganan Melalui Varietas Tahan**

**Siti Zubaidah<sup>\*</sup>, Heru Kuswantoro<sup>2</sup>, Natasya Adiba Zahrah<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departemen Biologi - Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang

<sup>2</sup>Pusat Riset Tanaman Pangan, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan - Badan Riset dan Inovasi Nasional

<sup>\*</sup>Corresponding author: [siti.zubaidah.fmipa@um.ac.id](mailto:siti.zubaidah.fmipa@um.ac.id)

### **ABSTRAK**

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan yang penting bagi masyarakat Indonesia karena kandungan dan potensinya sebagai bahan pangan. Kebutuhan akan kedelai terus meningkat seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kesadaran masyarakat akan kebutuhan protein. Namun demikian, produksi kedelai di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan yang ada sehingga memerlukan impor. Rendahnya produksi kedelai di Indonesia salah satunya disebabkan oleh *Cowpea Mild Mottle Virus (CpMMV)* yang disebarkan oleh serangga vektor yaitu *Bemisia tabaci*. Upaya untuk mengurangi kerugian akibat serangan virus dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain: (a) menghilangkan sumber infeksi, misalnya dengan menggunakan benih bebas virus; (b) mencegah penyebaran virus, misalnya dengan membasmi vektor; dan (c) menggunakan varietas tahan virus. Cara terakhir mempunyai beberapa keunggulan, yaitu ekonomis dan tidak menimbulkan masalah ekologi sebagai akibat penggunaan pestisida. Cara terakhir inilah yang dikembangkan, yaitu dengan membentuk varietas unggul kedelai tahan virus dan berdaya hasil tinggi, yang dimulai sejak tahun 2004. Pada tulisan ini akan disampaikan secara sekilas tentang CpMMV pada kedelai dan alternatif pemecahan masalah untuk mengatasi CpMMV. Upaya ini diharapkan dapat terwujud untuk mengembangkan kedelai tahan virus, yang sekaligus berdaya hasil tinggi dan berumur genjah.

Kata Kunci: kedelai, varietas tahan, CpMMV

### **Pendahuluan**

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan yang penting karena berfungsi sebagai sumber pangan, pakan, dan bahan industri yang esensial di seluruh dunia. Kedelai memiliki kandungan yang bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan nutrisi baik pada manusia dan hewan karena mengandung sekitar 40% protein dan 20% minyak (Kim et al., 2023). Melalui kandungan yang kaya, kedelai juga dimanfaatkan sebagai sumber protein nabati yang murah, diantaranya untuk susu (Herrmann et al., 2024), tempe (Xie & Gänzle, 2023), tahu (Szulc et al., 2023), kecap (Liu et al., 2024), dan makanan ringan. Kedelai juga diproses menjadi minyak kedelai, salah satu minyak nabati paling umum yang digunakan untuk memasak dan sebagai bahan dalam produk makanan olahan. Selain itu, kedelai menjadi bahan dasar untuk pembuatan saus, margarin, dan beberapa bahan tambahan makanan lainnya. Produk sampingan kedelai, seperti bungkil kedelai (sisa dari proses ekstraksi minyak), digunakan sebagai pakan ternak untuk meningkatkan produktivitas sektor peternakan, khususnya dalam produksi daging dan susu. Kedelai mengandung isoflavon, senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan dan memiliki manfaat kesehatan, seperti mengurangi risiko penyakit jantung, osteoporosis, dan beberapa jenis

kanker. Kedelai juga digunakan dalam industri non-pangan, seperti dalam pembuatan biofuel, plastik *biodegradable*, tinta, dan produk-produk kimia lainnya yang ramah lingkungan.

Didasarkan atas berbagai manfaat yang diberikan, kebutuhan kedelai setiap tahunnya juga bertambah seiring dengan peningkatan laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kesadaran masyarakat akan kebutuhan protein. Pada tahun 2020 saja, Indonesia membutuhkan konsumsi kedelai sebesar 3,2 juta ton (Harsono et al., 2022). Namun demikian, jumlah tersebut belum dapat terpenuhi secara optimal. Hal ini terjadi karena pada periode 2015 - 2019, produksi kedelai di Indonesia mengalami penurunan yang signifikan, yaitu dengan penurunan sebesar 37,33% pada 2017 dibandingkan tahun sebelumnya, yang juga mengalami penurunan sebesar 10,75% (Saputra et al., 2023). Oleh karena itu, untuk memenuhi jumlah kebutuhan akan kedelai, Indonesia memerlukan pasokan impor dari berbagai negara luar negeri. Putri (2023) menyatakan bahwa sepanjang tahun 2016 - 2021, Indonesia telah mengimpor kedelai dari Amerika Serikat sebesar 2,2 juta ton, Argentina sebesar 0,8 ton, serta Brazil dan Malaysia berturut-turut sebesar 0,09 dan 0,05 ton.

Penurunan produksi kedelai dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk cekaman lingkungan (baik biotik maupun abiotik), variasi terbatas pada kultivar kedelai, mekanisasi yang tidak memadai untuk budidaya, dan kebijakan ekonomi (Majidian et al., 2024). Penyebab lain juga bervariasi, antara lain: kesuburan tanah yang rendah, struktur tanah yang buruk (padat, drainase tidak memadai), perkecambahan biji yang buruk, nodulasi rhizobial yang buruk pada tanah asam, pola curah hujan yang tidak menentu, serta serangan hama dan penyakit. Salah satu penyakit diakibatkan oleh virus. Kerugian ekonomi akibat virus pada tanaman kedelai bisa sangat besar, terutama di negara-negara yang merupakan produsen utama kedelai. Penurunan hasil panen dan kualitas biji yang buruk dapat mengurangi pendapatan petani secara signifikan. Di beberapa wilayah, kerugian yang ditimbulkan oleh virus dapat mencapai jutaan dolar setiap tahunnya. Selain itu, biaya tambahan untuk pengendalian hama dan penyakit juga menambah beban ekonomi bagi para petani.

### **Cowpea Mild Mottle Virus (CpMMV) pada Kedelai**

Salah satu penyakit pada tanaman kedelai yang disebabkan oleh virus adalah penyakit belang samar yang disebabkan CpMMV (*Cowpea mild mottle virus*). CpMMV merupakan virus dari genus *Carlavirus* dalam famili *Betaflexiviridae* (Wei et al., 2020). Virus ini memiliki partikel berbentuk filamen dengan panjang sekitar 650 nm dan diameter sekitar 13 nm (Yang et al., 2022). Genom CpMMV terdiri dari RNA beruntai tunggal positif (+ssRNA) yang memiliki ujung 5' tertutup dan ujung 3' mengalami poliadenilasi (Luan et al., 2024; Yang et al., 2022). Genom ini mengkodekan enam gen *Open Reading Frames* (ORFs). ORF1 mengkode protein replikasi yang mengandung empat *conserved motifs*: *methyltransferase*, *C23 peptidase*, RNA dan sebuah *RNA-dependent RNA polymerase*. ORF2, ORF3, dan ORF4 mengkode protein dari *triple gene block* (TGB). ORF5 mengkode *coat protein* (CP), dan ORF6 mengkode protein sebuah *nucleic acid binding protein* (Wei et al., 2021; Barreto da Silva et al., 2020; Yang et al., 2022; Menzel et al., 2010).

CpMMV pertama kali ditemukan di Ghana saat menginfeksi kacang tunggak (*Vigna unguiculata*) (Wei et al., 2020). Namun demikian, Yang et al. (2022), menyatakan bahwa infeksi

CpMMV memiliki distribusi yang meluas di seluruh dunia dengan kisaran inang yang tidak terbatas, diantaranya adalah kacang tanah, kedelai, tomat, dan pepaya. Pada tahun 1984, keberadaan CpMMV di Indonesia pertama kali ditemukan di pulau Jawa dan telah menginfeksi tanaman kedelai serta kacang tanah (Suryanto et al., 2022). Sutrawati et al. (2018) menyatakan CpMMV menjadi virus endemik yang menginfeksi tanaman kedelai di daerah pulau Jawa dan Sumatra. CpMMV juga ditemukan di negara-negara yang memiliki pertanian kedelai. Di Brazil, serangan CpMMV dipicu oleh berkembangnya *Bemisia tabaci* ras Middle East-Asia Minor 1 (MEAM1) yang menyerang pada tahun 1990-an. Saat ini juga telah berkembang *B. tabaci* ras Mediterranean (MED) yang lebih efisien dalam transmisi dari kedelai ke kedelai (Bello et al., 2021). Di Cina CpMMV juga dilaporkan belakangan ini (Wei et al., 2020).

Infeksi yang ditimbulkan oleh CpMMV ini dapat mencapai 10 - 100%, dimana rentangan tersebut telah memberikan dampak kerugian pada hasil panen petani karena virus ini menyebabkan gejala seperti mosaik, nekrosis batang, dan ukuran yang kerdil pada tanaman kedelai (Wei et al., 2021; Wijaya et al., 2016a). Serangan CpMMV dapat meluas akibat meningkatnya populasi serangga vektor yaitu *white fly* atau kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Barreto da Silva et al., 2020). *B. tabaci* melakukan proses transmisi infeksi dengan membawa patogen atau virus menggunakan mulut atau *stylet*-nya (Naveed et al., 2023). *Stylet* ini digunakan oleh *B. tabaci* untuk menghisap cairan pada jaringan daun tanaman kedelai sebagai sumber nutrisi. Hal ini mengarah kepada terbentuknya bintik-bintik klorotik dan malformasi pada daun tanaman kedelai (Nurrohman et al., 2022). Selain itu, seluruh bagian tanaman juga akan mengalami pengerutan, sehingga polong tidak dapat terbentuk dengan sempurna dan jumlah biji yang dihasilkan berkurang (Nurrohman et al., 2019).

Virus menyerang jaringan daun dan mengganggu proses fotosintesis, mengakibatkan daun menjadi berwarna kuning atau memiliki bintik-bintik klorotik. Virus juga mengganggu aliran nutrisi dalam tanaman, menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan menjadi kerdil. Infeksi virus juga dapat menyebabkan deformasi pada polong dan biji, sehingga kualitas hasil panen berkurang secara signifikan. Virus berpindah dari satu sel ke sel lain pada tanaman melalui plasmodesmata (PD) dan menyebar secara sistemik pada tanaman yang terinfeksi. Perpindahan ini memerlukan bantuan *movement proteins* (MPs) khusus yang dikodekan oleh virus, yang menargetkan PD dan meningkatkan *size exclusion limit* (SEL) sehingga memungkinkan RNA atau RNA-MP *complex* (*ribonucleoprotein complex*, RNP) melewati PD dan menyebar ke sel-sel yang berdekatan (Heinlein, 2015).

Selain melalui serangga vektor, proses transmisi CpMMV pada tanaman kedelai juga dapat terjadi melalui mekanisme penyebaran biji. Seperti yang dilaporkan oleh Sutrawati et al. (2021), yaitu pada uji kultivar Detam 2, Detam 3, Malika, Anjasmoro, dan Argomulyo; serta oleh Barreto da Silva et al. (2020), pada uji kultivar BMX POTNCIA RR. Penanaman biji yang sudah terinfeksi oleh CpMMV akan menimbulkan laju pertumbuhan penyakit yang tinggi karena jumlah inokulum virus sudah ada sejak tanaman ditumbuhkan (Barreto da Silva et al., 2020). Telah dilaporkan juga bahwa beberapa isolat CpMMV dapat ditularkan melalui biji, seperti yang diamati pada biji kacang tunggak, kedelai, dan kacang panjang di Ghana dan biji kacang panjang di Venezuela. Di Thailand, virus diamati ditularkan melalui biji kedelai pada frekuensi lebih rendah tetapi di India, sifat virus yang ditularkan melalui biji terdeteksi pada beberapa kultivar kedelai dengan tingkat penularan yang lebih tinggi (Yadav et al., 2013).

Penyakit yang disebabkan virus memang sulit dikendalikan karena beberapa faktor, diantaranya: virus adalah parasit obligat, memiliki kisaran inang yang luas, dan belum ada pestisida komersial yang dapat mengendalikan virus.

### **Alternatif Pemecahan Masalah untuk Mengatasi CpMMV**

Beberapa alternatif pemecahan masalah untuk mengatasi infeksi CpMMV pada tanaman kedelai telah banyak dilakukan. *Pertama*, dengan menghilangkan sumber infeksi. Salah satu upayanya adalah dengan menggunakan benih bebas virus. Namun demikian, upaya tersebut dianggap masih belum optimal, karena benih bebas virus belum memberikan hasil yang signifikan untuk terhindar dari infeksi CpMMV yang dibawa oleh *B. tabaci* (Li et al., 2017). *Kedua*, mencegah penyebaran virus. Upaya dalam mencegah penyebaran virus dapat dilakukan melalui pembasmian serangga vektor dengan pemberian pestisida. Namun demikian, upaya ini dianggap dapat memberikan dampak buruk berupa penghancuran agen pengendali hayati, ketidakseimbangan ekologi, serta pengembangan resistensi pada serangga (Kamlesh et al., 2021).

Upaya *ketiga* adalah dengan menggunakan varietas tahan virus untuk mengatasi infeksi CpMMV pada tanaman kedelai secara optimal. Cara ini mempunyai beberapa keunggulan, yaitu ekonomis dan tidak menimbulkan masalah ekologi sebagai akibat penggunaan pestisida. Varietas tahan juga tetap berproduksi dengan baik meskipun terinfeksi virus. Cara tersebut dipandang sebagai cara pengendalian yang paling efektif untuk jangka panjang, karena merupakan salah satu komponen dalam pengendalian penyakit secara terpadu). Pilihan terakhir inilah yang digunakan dengan membentuk varietas unggul kedelai berdaya hasil tinggi dan sekaligus tahan penyakit CpMMV.

Kelebihan dari varietas tahan virus adalah efektif, ekonomis, dan berkelanjutan (Kumar et al., 2023) di mana hal ini mampu mengarah pada praktik pertanian yang mengurangi kebergantungan terhadap pestisida. Zubaidah & Kuswantoro (2016) juga menyatakan bahwa varietas seperti ini dapat memastikan pertumbuhan tanaman kedelai yang lebih sehat dan hasil yang lebih tinggi. Lebih lanjut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena sejauh ini belum ditemukan varietas kedelai yang tahan terhadap infeksi CpMMV di Indonesia (Kuswantoro et al., 2024).

### **Upaya Penanganan CpMMV pada Kedelai melalui Penelitian Pengembangan Kedelai Tahan CpMMV**

Sejak tahun 2004, pengembangan varietas kedelai tahan terhadap CpMMV mulai dilakukan melalui pemuliaan tanaman, di mana seleksi dilakukan dengan metode *pedigree*. Metode *pedigree* merupakan metode seleksi yang melibatkan pemantauan dan evaluasi keturunan lintas generasi untuk mengembangkan garis keturunan yang unggul (Viana et al., 2022). Dengan metode ini, setiap individu yang menunjukkan karakteristik unggul akan dipilih dan ditanam kembali untuk menghasilkan generasi berikutnya. Metode seleksi *pedigree* memiliki beberapa keuntungan, diantaranya: (a) seleksi lebih efektif karena sejak generasi awal genotipe yang tidak diinginkan sudah disisihkan, (b) pengamatan karakter genetik setiap galur dapat dilakukan sejak awal seleksi, sehingga akan memaksimalkan keragaman genetik di antara galur-galur selama seleksi. Namun demikian, metode seleksi

*pedigree* juga memiliki kekurangan, diantaranya: (a) seleksi tidak bisa digunakan pada lingkungan tertentu bila keragaman genetik untuk karakter-karakter yang diinginkan tidak terekspresi, (b) perlu ketelitian dalam pencatatan karena jumlahnya yang banyak, (c) memerlukan keterampilan dalam menyeleksi sifat-sifat yang diinginkan, dan (d) memerlukan lebih banyak tenaga kerja dibanding metode seleksi lainnya.

Pembentukan varietas unggul kedelai dilakukan dengan serangkaian kegiatan penelitian yang berkesinambungan, namun mengalami pasang surut karena faktor pendanaan. Pada awalnya, dilakukan seleksi tanaman kedelai tahan virus. Berikutnya, juga dilakukan seleksi berdasar ketahanan terhadap virus, sekaligus yang memiliki karakter daya hasil tinggi dan umur genjah. Beberapa alasan bisa dikemukakan sebagai berikut. *Pertama*, virus dapat merusak tanaman dan mengurangi hasil panen secara drastis. Kedelai yang tahan virus mengurangi risiko kegagalan panen dan meminimalkan penggunaan pestisida, yang juga membantu menjaga kesehatan lingkungan dan menekan biaya produksi bagi petani. *Kedua*, kedelai yang berumur pendek memungkinkan petani memanen lebih cepat dan memungkinkan penanaman beberapa kali dalam satu tahun (intensifikasi pertanian). Hal ini sangat penting di daerah dengan musim tanam pendek atau cuaca yang tidak menentu. *Ketiga*, varietas yang memiliki potensi hasil tinggi dapat meningkatkan produksi kedelai per satuan luas lahan. Dengan varietas yang lebih produktif, petani dapat meningkatkan pendapatan mereka tanpa harus memperluas lahan pertanian. *Keempat*, varietas berumur pendek dan berdaya hasil tinggi umumnya lebih efisien dalam menggunakan sumber daya seperti air, pupuk, dan tenaga kerja. *Kelima*, varietas yang tahan terhadap penyakit, berumur pendek, dan berdaya hasil tinggi memberikan fleksibilitas kepada petani untuk menghadapi perubahan cuaca, mengurangi risiko gagal panen, dan meningkatkan ketahanan pertanian terhadap iklim yang berubah-ubah.

Penelitian diawali dengan identifikasi plasma nutfah kedelai terhadap CpMMV. Dari 100 genotipe kedelai yang diidentifikasi, ditemukan 2 genotipe yang tahan terhadap CpMMV yaitu MLGG 0021 dan MLGG 0268. Namun demikian, meskipun kedua genotipe tersebut memiliki sifat ketahanan terhadap CpMMV, jumlah polong yang dihasilkan tidak berjumlah banyak. Dengan demikian, kedua genotipe tersebut kemudian digunakan sebagai indukan untuk disilangkan dengan empat varietas berdaya hasil tinggi. Di antaranya adalah Anjasmoro, Argopuro, Gunitir, dan Mahameru yang kemudian memperoleh delapan seri persilangan. Lebih lanjut, tanaman kontrol yang digunakan adalah tanaman sehat yang diberikan insektisida agar mampu terhindar dari serangan vektor CpMMV atau hama lain.

Pada awal penelitian, belum terdapat acuan yang memiliki fisibilitas cukup dalam mengukur ketahanan kedelai terhadap CpMMV. Berbagai penilaian untuk melihat ketahanan kedelai terhadap CpMMV masih dilakukan berdasarkan acuan penilaian dari virus yang lain. Dengan demikian, dikembangkan acuan penilaian secara spesifik untuk menentukan ketahanan tanaman kedelai terhadap CpMMV seperti Tabel 1 (Zubaidah et al., 2006). Melalui acuan penetapan skoring ketahanan tanaman kedelai terhadap CpMMV ini, diharapkan dapat digunakan secara spesifik untuk menilai ketahanan kedelai terhadap CpMMV. Lebih lanjut, dalam menentukan intensitas serangan CpMMV terhadap tanaman kedelai, dilakukan perhitungan rumus oleh Zubaidah et al. (2010). Setelah perhitungan intensitas serangan CpMMV diperoleh, dilakukan pengkategorian intensitas serangan berdasarkan kriteria dari

Zubaidah et al. (2010). Intensitas serangan berkisar antara < 25% hingga > 75%. Lebih lanjut, kriteria ketahanan berkisar antara cakupan rentan hingga tahan.

**Tabel 1.** Skor gejala penyakit untuk seleksi galur kedelai tahan CpMMV

Skor	Gejala penyakit
1	Daun sehat, tidak ada belang atau bercak kuning
2	Bercak kuning, daun tidak mengeriput
3	Bercak daun, agak mengeriput, agak mosaik
4	Bercak kuning, mengeriput, mosaik jelas dan tidak nekrosis
5	Bercak kuning, mengeriput, mosaik jelas, nekrosis pada tulang daun, malformasi, daun menjadi lebih kecil, melengkung ke bawah dan atas

$$I = \frac{\sum (n.v)}{N.z} \times 100\%$$

(1)

Keterangan:

- I = Intensitas serangan per tanaman (%)
- n = Jumlah daun yang terserang pada skor tertentu
- v = Skor kategori serangan daun tertentu
- N = Jumlah daun yang diamati per tanaman
- Z = Nilai kategori serangan tertinggi

Selama jalannya penelitian, terdapat perkembangan untuk menilai intensitas serangan CpMMV terhadap kedelai, di mana kriteria intensitas serangan CpMMV dikategorisasikan berdasarkan ada atau tidaknya *foliar symptoms recovery* (Zubaidah & Kuswantoro, 2016). Dalam hal ini, penilaian yang dahulunya dilakukan selama satu kali yaitu pada hari ke-35 yang dihitung sejak hari tanam, kemudian dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pada hari ke-21, ke-28, dan ke-35 sejak hari tanam. Lebih lanjut, kriteria ketahanan juga mengalami perubahan yang menjadi berkisar antara sangat rentan hingga sangat tahan.

Pada tahun 2023, dilakukan rancangan penelitian yang meliputi penelitian gabungan dari rancangan pemuliaan konvensional dengan deteksi penyakit secara molekuler. Deteksi penyakit secara molekuler dilakukan karena akan memberikan hasil yang lebih akurat tanpa menunggu gejala serangan timbul pada tanaman. Selain melanjutkan pengembangan varietas kedelai tahan CpMMV, pada tahun tersebut juga dilakukan pencarian kedelai berumur genjah dan berbiji besar karena varietas tahan CpMMV dapat menekan risiko gagal panen, sedangkan umur genjah dapat meningkatkan indeks pertanaman. Hal ini terjadi karena biji yang memiliki ukuran lebih besar memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih tinggi sebagai bahan industri olahan dan dapat mengurangi risiko kegagalan pasca panen.

Hasil penelitian pada tahun 2023 adalah ditemukan variasi pada karakter agronomi dari galur F5 (Zubaidah et al., 2023). Empat kelompok persilangan dengan jumlah anggota yang berbeda diperoleh, di mana kelompok yang dibentuk dipengaruhi oleh variabilitas jumlah biji, jumlah polong isi, dan tinggi tanaman. Empat kelompok ini diperoleh dari 100 galur F5 yang berasal dari 26 persilangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, secara umum skor intensitas serangan CpMMV terhadap tanaman kedelai tergolong ke dalam skor dua. Namun

demikian, hasil biji, jumlah polong isi, dan jumlah biji menunjukkan kontribusi karakter yang kuat, seperti yang ditunjukkan dari hasil persilangan M (Panderman × UM 6.2) dan N (Panderman × UM 6.3). Hal ini terjadi karena skor intensitas serangan umumnya mempunyai arah yang berlawanan dengan ukuran biji. Dengan demikian, persilangan M dan N perlu dikembangkan lebih lanjut untuk mendapatkan varietas kedelai yang tahan terhadap CpMMV. Dengan demikian, pada tahun 2023 diperoleh 100 galur kedelai unggul yang ditinjau dari hasil biji setiap tanaman, jumlah polong, jumlah buku subur, dan tinggi tanaman (Kuswanto et al., 2024). Dari 100 galur kedelai terpilih tersebut, dilanjutkan dengan uji daya hasil lanjutan, kemudian uji multi lokasi yang selanjutnya diharapkan mampu untuk memberikan kontribusi bagi petani dalam mengurangi ketergantungan terhadap pestisida, yang pada akhirnya memberikan dampak positif bagi lingkungan dan mengarah pada praktik pertanian berkelanjutan.

Pada tahun 2024, target penelitiannya adalah sebagai berikut: *Pertama*, dilakukan koleksi atau perbanyak vektor, inokulan, dan identifikasi molekuler CpMMV untuk memastikan bahwa virus yang digunakan sebagai bahan inokulan adalah benar virus CpMMV. *Kedua*, sebagai uji daya hasil pendahuluan, digunakan bahan tanaman sebanyak 100 galur F7 terpilih dari seleksi F6 di mana galur tersebut akan ditumbuhkan pada dua lokasi yang berbeda, yaitu satu lokasi dengan dua perlakuan (tanpa inokulasi dan dengan inokulasi). *Ketiga*, sebagai uji daya hasil lanjutan, digunakan bahan tanaman sebanyak 30 galur F8 terpilih dari UDHP yang nantinya akan ditumbuhkan pada empat lokasi berbeda, yaitu satu lokasi dengan dua perlakuan (tanpa inokulasi dan dengan inokulasi). Dalam jangka waktu ke depan, penelitian ini diharapkan dapat berlanjut dengan baik sehingga harapannya mampu mewujudkan kedelai yang tahan terhadap infeksi CpMMV, berbiji besar, dan berumur genjah.

### **Materi Penanganan CpMMV dalam Pembelajaran**

Penelitian pengembangan varietas kedelai tahan CpMMV ini juga memfasilitasi penelitian di bidang pendidikan biologi. Beberapa penelitian di bidang pendidikan biologi yang sudah dipublikasikan pada jurnal nasional adalah berkaitan dengan pengembangan bahan ajar, antara lain berikut ini.

- Pengembangan Modul Teknik Budidaya Tanaman Kedelai sebagai Bahan Ajar Sekolah Menengah Kejuruan (Faot et al., 2016)
- Pengembangan Modul Biologi Berbasis Problem Based Learning Siswa SMK Pertanian pada Materi Pewarisan Sifat (Kartika et al., 2020)
- Pengembangan Modul Berbasis Proyek Berdasarkan Analisis Lintas Karakter Agronomi dan Morfologi Kedelai untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains oleh (Mustofa et al., 2021)
- Pengembangan E-module Berbasis Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XII Berdasarkan Penelitian Analisis Korelasi Kanonik dari Persilangan Tanaman Kedelai oleh (Nurlaili et al., 2021)
- Pengembangan Modul Pembelajaran Budidaya Tanaman Kedelai dengan Pendekatan Kontekstual untuk Siswa SMK Pertanian oleh (Nurrohman et al., 2017)

- Morfologi Galur-galur Harapan Kedelai Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Sumber Belajar Biologi oleh (Setiawan et al., 2016)
- Anatomi Daun Galur-Galur Harapan Kedelai (*Glycine max* L. Merill) Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Sumber Belajar oleh (Wijaya et al., 2016b)
- Hubungan Preferensi *Bemisia tabaci* terhadap Ketahanan Berbagai Galur Harapan dan Varietas Kedelai (*Glycine max* L. Merill) Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Bahan Ajar Pengendalian Hama Tanaman oleh (Dewi et al., 2016)
- Pengembangan LKS Project Based Learning Berbasis Penelitian Perlakuan Perbedaan Dosis Fosfat pada Genotipe Kedelai oleh (Safitri et al., 2018)

## Penutup

Pengembangan kedelai tahan CpMMV sangat penting untuk dilanjutkan. Pada tahun 2025, direncanakan akan melakukan konfirmasi tingkat ketahanan galur harapan di lapang. Penelitian ini memakan waktu cukup lama karena mengalami pasang surut dalam pendanaan, sehingga tidak berlangsung secara berkesinambungan. Penelitian ini juga memiliki kendala berupa faktor cuaca yang berakibat pada umur genjah, ukuran biji, dan intensitas serangan CpMMV pada tanaman kedelai. Pada saat penanaman, faktor cuaca menyebabkan umur genjah kedelai belum terpenuhi. Hal ini terjadi karena umur masak kedelai sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dimana pada kondisi curah hujan yang tinggi, umur masak kedelai menjadi lebih panjang. Sangat diharapkan penelitian ini akan berhasil karena dengan dikembangkannya varietas kedelai tahan CpMMV, akan berdampak besar bagi petani kedelai di Indonesia, karena penanaman varietas unggul kedelai tahan CpMMV akan dapat mengurangi biaya produksi akibat berkurangnya kebutuhan insektisida. Di samping itu juga akan berdampak baik bagi lingkungan karena mengurangi residu insektisida yang dapat mencemari lingkungan. Pada akhirnya introgressi gen ketahanan terhadap CpMMV juga akan menurunkan resiko kehilangan hasil kedelai akibat serangan CpMMV.

## Daftar Pustaka

- Barreto da Silva, F., Muller, C., Bello, V. H., Watanabe, L. F. M., Rossitto De Marchi, B., Fusco, L. M., Ribeiro-Junior, M. R., Minozzi, G. B., Vivan, L. M., Tamai, M. A., Farias, J. R., Nogueira, A. M., Sartori, M. M. P., & Krause-Sakate, R. (2020). Effects of cowpea mild mottle virus on soybean cultivars in Brazil. *PeerJ*, 8, e9828. <https://doi.org/10.7717/peerj.9828>
- Dewi, R., Rohman, F., & Zubaidah, S. (2016). Hubungan Preferensi *Bemisia tabaci* terhadap Ketahanan Berbagai Galur Harapan dan Varietas Kedelai (*Glycine max* L. Merill) Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Bahan Ajar Pengendalian Hama Tanaman. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1, 1517-1522.
- Faot, M. M., Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2016). Pengembangan Modul Teknik Budidaya Tanaman Kedelai sebagai Bahan Ajar Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*. <https://doi.org/10.17977/jp.v1i7.6587>
- Harsono, A., Harnowo, D., Ginting, E., & Adi Anggraeni Elisabeth, D. (2022). Soybean in Indonesia: Current Status, Challenges and Opportunities to Achieve Self-Sufficiency. In *Legumes Research - Volume 1*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101264>

- Heinlein, M. (2015). Plant virus replication and movement. *Virology* 479, 657–671. doi: 10.1016/j.virol.2015.01.025
- Herrmann, M., Mehner, E., Egger, L., Portmann, R., Hammer, L., & Nemecek, T. (2024). A comparative nutritional life cycle assessment of processed and unprocessed soy-based meat and milk alternatives including protein quality adjustment. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1413802>
- Kamlesh, M., Raghavendra, K. V., & Kumar, M. (2021). Vector Management Strategies Against *Bemisia tabaci* (Gennadius) Transmitting Potato Apical Leaf Curl Virus in Seed Potatoes. *Potato Research*, 64(2), 167–176. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09470-0>
- Kartika, A. D., Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2020). Pengembangan Modul Biologi Berbasis Problem Based Learning Siswa SMK Pertanian pada Materi Pewarisan Sifat. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 5(6), 860. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v5i6.13673>
- Kim, W. J., Kang, B. H., Moon, C. Y., Kang, S., Shin, S., Chowdhury, S., Choi, M.-S., Park, S.-K., Moon, J.-K., & Ha, B.-K. (2023). Quantitative Trait Loci (QTL) Analysis of Seed Protein and Oil Content in Wild Soybean (*Glycine soja*). *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 4077. <https://doi.org/10.3390/ijms24044077>
- Krisdiana, R., Elisabeth, D. A. A., Saeri, M., Darsani, Y. R., Burhansyah, R., Kilmanun, J. C., Yaumidin, U. K., Jana Mejaya, M., Harnowo, D., & Harsono, A. (2024). Agribusiness analysis of seed producers supports increased soybean production in East Java production center areas. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/14735903.2024.2361581>
- Kumar, M., Yadav, M., Verma, K., Kumar, S., Dubey, A., Singhal, P., Singh, K., Lal, S., & Baranwal, V. (2023). Screening of Soybean Genotypes against Cowpea Mild Mottle Virus Infection. *Biol Forum*, 15(2), 779–783.
- Kuswanto, H., Zubaidah, S., Uge, E., Rozana, K., Purwanto, P., & Purnomo, J. (2024). Exploring agronomic diversity and disease tolerance in soybeans to combat Cowpea mild mottle virus. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 10(4), 1877–1896. <https://doi.org/https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.04.23>
- Li, P., Shu, Y., Fu, S., Liu, Y., Zhou, X., Liu, S., & Wang, X. (2017). Vector and nonvector insect feeding reduces subsequent plant susceptibility to virus transmission. *New Phytologist*, 215(2), 699–710. <https://doi.org/10.1111/nph.14550>
- Liu, Y., Sun, G., Li, J., Cheng, P., Song, Q., Lv, W., & Wang, C. (2024). Starter molds and multi-enzyme catalysis in koji fermentation of soy sauce brewing: A review. *Food Research International*, 184, 114273. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114273>
- Luan, Y., Yang, S., Wang, Y., Zhao, Y., Wu, X., Chen, Q., Qi, Z., Wu, X., Ji, W., & Cheng, X. (2024). Genome-Wide Association Analysis of Cowpea Mild Mottle Virus Resistance in Soybean Germplasm from Northeast China. *Agronomy*, 14(3), 489. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030489>
- Majidian, P., Ghorbani, H.R., & Farajpour, M. 2024. Achieving agricultural sustainability through soybean production in Iran: Potential and challenges. *Heliyon* 10 (2024) e26389.
- Menzel, W., Winter, S., and Vetten, H. (2010). Complete nucleotide sequence of the type isolate of Cowpea mild mottle virus from Ghana. *Arch. Virol.* 155, 2069–2073. doi: 10.1007/s00705-010-0821-y
- Mustofa, A., Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2021). Pengembangan Modul Berbasis Proyek Berdasarkan Analisis Lintas Karakter Agronomi dan Morfologi Kedelai untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i1.14373>

- Naveed, H., Islam, W., Jafir, M., Andoh, V., Chen, L., & Chen, K. (2023). A Review of Interactions between Plants and Whitefly-Transmitted Begomoviruses. *Plants*, 12(21), 3677. <https://doi.org/10.3390/plants12213677>
- Nurlaili, R., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2021). Pengembangan E-module Berbasis Discovery Learning untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XII Berdasarkan Penelitian Analisis Korelasi Kanonik dari Persilangan Tanaman Kedelai. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 6(2), 213. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v6i2.14451>
- Nurrohman, E., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2017). Pengembangan Modul Pembelajaran Budidaya Tanaman Kedelai dengan Pendekatan Kontekstual untuk Siswa SMK Pertanian. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 2, 1003–1007.
- Nurrohman, E., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2019). Agronomical performance of soybean genotypes infected by Cowpea Mild Mottle Virus in various level of nitrogen. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(5), 1255–1263. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200515>
- Nurrohman, E., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2022). The number of trichoma leaves, preference of *Bemisia tabaci*, and resistance soybean genotype against cowpea mild mottle virus after treatment variation doses of Nitrogen. *Bioscience*, 6(1), 48. <https://doi.org/10.24036/0202261113785-0-00>
- Putri, A. M. H. (2023). *Indonesia Kalah Jauh, Negara Ini Produsen Kedelai Terbesar*. <https://www.cnbcindonesia.com/research/20230130070205-128-409121/indonesia-kalah-jauh-negara-ini-produsen-kedelai-terbesar>
- Safitri, N. L., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2018). Pengembangan LKS Project Based Learning Berbasis Penelitian Perlakuan Perbedaan Dosis Fosfat pada Genotipe Kedelai. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 3(4). <https://doi.org/10.17977/jptpp.v3i4.10813>
- Saputra, Y., Aliudin, A., & Mulyaningsih, A. (2023). Pengendalian Impor Kedelai dalam Upaya Mewujudkan Ketahanan Pangan Nasional di Kabupaten Serang. *Jurnal Agribisnis Terpadu*, 16(2), 90. <https://doi.org/10.33512/jat.v16i2.23001>
- Setiawan, T. A., Zubaidah, S., & Kuswantoro, H. (2016). Morfologi Galur-galur Harapan Kedelai Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Sumber Belajar Biologi. *Jurnal Pendidikan:Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1(3), 363–368. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17977/jp.v1i3.6162>
- Suryanto, A., Rahayuningsih, T., & Fanani, M. (2022). Ketahanan terhadap Penyakit Cowpea Mild Mottle Virus (CpMMV) pada Genotipe Kedelai. *Fruitset Sains : Jurnal Pertanian Agroteknologi*, 10(5), 252–261. <https://doi.org/https://doi.org/10.35335/fruitset.v10i05.3290>
- Sutrawati, M., Hidayat, S. H., Suastika, G., Purnomo Wahyu Sukarno, B., & Nurmansyah, A. (2021). Seed-transmission of Cowpea mild mottle virus on several varieties of soybean in Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(10). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d221007>
- Sutrawati, M., Hidayat, S. H., Sukarno, B. P. W., Suastika, G., & Nurmansyah, A. (2018). Genetic Diversity of Cowpea Mild Mottle Iirus on Soybean in Several Regions in Indonesia. *Proceedings of the 1st International Conference on Recent Innovations*, 1815–1819. <https://doi.org/10.5220/0009935718151819>
- Szulc, J., Błaszak, B., Wenda-Piesik, A., Gozdecka, G., Żary-Sikorska, E., Bąk, M., & Bauza-Kaszewska, J. (2023). Zero Waste Technology of Soybeans Processing. *Sustainability*, 15(20), 14873. <https://doi.org/10.3390/su152014873>
- Viana, J. M. S., Dias, K. O. das G., & Silva, J. P. A. da. (2022). Comparative Analysis of Pedigree-Based BLUP and Phenotypic Mass Selection for Developing Elite Inbred Lines, Based on Field and Simulated Data. *Agronomy*, 12(10), 2560. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102560>

- Wei, Z. Y., Mao, C. Y., Jiang, C., Zhang, H. H., Chen, J. P., & Sun, Z. T. (2021). Identification of a New Genetic Clade of Cowpea Mild Mottle Virus and Characterization of Its Interaction With Soybean Mosaic Virus in Co-infected Soybean. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.650773>
- Wei, Z. Y., Wu, G. W., Ye, Z. X., Jiang, C., Mao, C. Y., Zhang, H. H., Miao, R. P., Yan, F., Li, J. M., Chen, J. P., & Sun, Z. T. (2020). First Report of Cowpea Mild Mottle Virus Infecting Soybean in China. *Plant Disease*, 104(9), 2534. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0063-PDN>
- Wijaya, I., Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2016a). *Tanggap Galur-Galur Kedelai dan Dua Varietas Unggul terhadap CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus)*. Prosiding Seminar Nasional II, Kerjasama Prodi Pendidikan Biologi FKIP dengan Pusat Studi Lingkungan dan Kependudukan (PSLK) Universitas Muhammadiyah Malang, 26 Maret 2016.
- Wijaya, I., Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2016b). Anatomi Daun Galur-Galur Harapan Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) Tahan CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus) sebagai Sumber Belajar. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, Dan Pengembangan*, 1, 463–467.
- Xie, J., & Gänzle, M. (2023). Microbiology of fermented soy foods in Asia: Can we learn lessons for production of plant cheese analogues? *International Journal of Food Microbiology*, 407, 110399. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110399>.
- Yadav MK, Biswas KK, Lal SK, Baranwal VK, Jain RK. 2013. A distinct strain of Cowpea mild mottle virus infecting soybean in India. *Journal of Phytopathology* 161(10):739–744. DOI 10.1111/jph.12119.
- Yang, S., Liu, Y., Wu, X., Cheng, X., & Wu, X. (2022). Synonymous Codon Pattern of Cowpea Mild Mottle Virus Sheds Light on Its Host Adaptation and Genome Evolution. *Pathogens*, 11(4), 419. <https://doi.org/10.3390/pathogens11040419>
- Zubaidah, S., & Kuswanto, H. (2016). Foliar Symptoms Recovery: Developing Scoring Technique for Assessment of Soybean Resistance to CpMMV (Cowpea Mild Mottle Virus). *Journal of Biology Researchers*, 21(2), 85–89. <https://doi.org/https://doi.org/10.23869/82>
- Zubaidah, S., Kuswanto, H., Corebima, A. D., Saleh, D. N., Penelitian, B., Kacang-Kacangan Dan, T., & Malang, U.-U. (2010). Pengembangan Penilaian Ketahanan Tanaman Kedelai Terhadap CpMMV(Cowpea Mild Mottle Virus) Berdasarkan Adanya Foliar Simptoms Recovery. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus*, 2006, 47–52.
- Zubaidah, S., Kuswanto, H., & Saleh, N. (2006). *Penetapan Skoring Ketahanan Tanaman Kedelai terhadap CPMMV (Cowpea Mild Mottle Virus)*.
- Zubaidah, S., Kuswanto, H., Uge, E., Rozana, K., & Purwanto, P. (2023). Characteristics contribution and similarity of F5 soybean lines resistant to cowpea mild mottle virus derived from different crossing. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(10), 5399–5408. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241022>
- Zubaidah, S., Muhtahida, I., & Kuswanto, H. (2023). Response of morphological, anatomical, and agronomic characteristics of soybean genotypes to Cowpea Mild Mottle Virus. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(7), 4017–4026. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240739>