

talas dicuci, kemudian tangkainya dibalut kapas basah dan diletakkan pada cawan petri.

Satu cawan petri berisi satu spesies kutu daun, lalu kutu daun dipindahkan dengan kuas gambar yang telah dibasahi sedikit air pada permukaan daun talas bagian bawah yang berada dalam cawan petri. Cawan petri ditutup dan dibiarkan imago tersebut berkembang biak.

Kutu daun baru lahir (nimfa) berasal dari imago yang dibebasviruskan pada daun talas kemudian dipindahkan ke daun tanaman inang sehat dan dibiarkan berkembang biak. Kutu daun ini yang digunakan sebagai vektor.

Penularan Virus dengan Vektor Kutu daun

Benih bengkuang berasal dari daerah Bojong Tengah, Bogor kultivar lokal Cipondoh ditanam dalam polibag berukuran 20 x 20 cm pada media tumbuh terdiri dari campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1. Tiap polibag ditanami empat benih bengkuang dan setelah berumur 1 minggu, dipilih satu bibit yang baik untuk dipakai dalam pengujian.

Imago kutu daun *A. craccivora* dan *A. gossypii* dipuaskan selama 1 jam, kemudian dipindahkan pada tanaman bengkuang sakit (periode makan akuisisi) selama 2 jam. Efisiensi penularan virus non-persisten oleh kutu daun meningkat, jika kutu daun dilaporkan beberapa saat sebelum periode makan akuisisi pada tanaman yang terinfeksi virus. Kutudaun yang dipuaskan terlebih dulu dapat dengan cepat mengenal daun dibandingkan kutudaun yang tidak dipuaskan sebelumnya (Matthews 1970; Walkey 1991). Selanjutnya kutudaun dipindahkan pada tanaman bengkuang sehat. Adapun perlakuan jumlah kutudaun yang digunakan masing-masing sebanyak 1, 3, 5, 7, dan 10 ekor. Tiap tanaman disungkup dengan sungkup plastik dan kutudaun dibiarkan pada tanaman uji tersebut selama 24 jam (periode makan inokulasi). Setelah 24 jam kutudaun dimatikan dengan cara mekanis.

Peubah Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada hari ke-1 sampai hari ke-30 setelah inokulasi. Parameter pengamatan adalah waktu inkubasi, tipe gejala, dan kejadian penyakit. Waktu inkubasi dihitung dari waktu inokulasi sampai munculnya gejala

pada daun diketahui dengan pengamatan gejala setiap hari. Kejadian penyakit dihitung menggunakan rumus :

$$KP = n/N$$

Keterangan: n : jumlah tanaman yang bergejala

N : jumlah tanaman yang diamati

Deteksi Serologi dengan ELISA (*Enzyme Linked Immunosorbent Assay*)

ELISA dilakukan terhadap tanaman hasil penularan yang tidak menunjukkan gejala untuk konfirmasi kejadian penyakit. ELISA menggunakan metode ACP ELISA (*Antigen Coated Plate ELISA*) menggunakan antiserum universal untuk *Potyvirus* dengan prosedur sesuai manual yang direkomendasikan pembuatnya (DSMZ).

Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan dalam pengujian adalah RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan satu faktor. Data yang diperoleh dianalisis dengan program SAS versi 6.12. Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji perbandingan berganda Duncan pada selang kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Antara Jumlah Kutu daun dan Masa Inkubasi VMB

Berdasarkan hasil penelitian pada tanaman bengkuang, gejala awal yang muncul terlihat jelas pada daun yaitu daun menjadi melengkung keatas atau ke bawah, semakin hari lekukannya semakin jelas, akhirnya daun mengerut dan keriting pada bagian tengahnya. Tanaman bengkuang belum menghasilkan bunga dan polong hingga 4 minggu pengamatan.

Menurut Agrios (2005) gejala awal daun yang terinfeksi BCMV adalah daun menjadi bergelombang dan selanjutnya warna daun menjadi berubah dan tidak merata, seiring dengan

berjalannya waktu daun melengkung ke bawah dan ke atas, selanjutnya daun terlihat mengerut dan tahap selanjutnya terjadi mosaik, malformasi daun, dan *green vein banding* (penebalan di sekitar pertulangan daun berwarna hijau tua)

Efisiensi penularan VMB dengan jenis dan jumlah vektor yang berbeda dapat dilihat dari masa inkubasinya. Adapun data pengamatan masa inkubasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hubungan antara Jumlah Vektor dan Masa Inkubasi VMB.

Jumlah Vektor (ekor)	Masa inkubasi VMB (hari)	
	<i>Aphis craccivora</i>	<i>Aphis gossypii</i>
1	24.5 ± 6.5 a*	27.1 ± 2.3 a
3	18.7 ± 7.0 b	23.7 ± 5.8 a
5	14.4 ± 1.1 bcd	20.0 ± 7.5 a
7	17.1 ± 5.1 bc	21.8 ± 5.9 a
10	14.9 ± 6.3 bcd	17.9 ± 7.3 a
K	-	-

*Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf yang tidak sama berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf nyata 5%.

Masa inkubasi adalah waktu yang diperlukan patogen untuk memperbanyak diri dalam tanaman sejak patogen tersebut diinokulasikan hingga gejala pada tanaman muncul (Bos, 1990). Penularan VMB dengan *A. craccivora* satu ekor memberikan masa inkubasi lebih panjang secara nyata dibandingkan dengan perlakuan jumlah kutu daun lainnya, sedangkan penularan dengan jumlah kutu daun 3, 5, 7 dan 10 ekor tidak menunjukkan masa inkubasi yang berbeda. Hal ini menunjukkan konsentrasi virus mencapai optimal setelah jumlah kutu daun bertambah menjadi 3 ekor, dan peningkatan jumlah kutu daun menjadi 5, 7, dan 10 ekor tidak berpengaruh terhadap percepatan masa inkubasi (Tabel 1).

Sebagian besar virus membutuhkan 2 sampai 5 hari atau lebih untuk mengekspresikan gejala dari daun yang diinokulasi. Sekali virus masuk ke dalam floem, maka akan sangat cepat virus tersebut menuju daerah pertumbuhan (meristem apikal) atau bagian penting lainnya. Dalam floem, virus menyebar ke seluruh tanaman secara sistemik dan masuk ke sel parenkim yang berbatasan dengan floem melalui plasmodesmata (Agrios, 2005). Berdasarkan analisis data,

penularan VMB dengan *A. craccivora* memiliki rata-rata masa inkubasi lebih singkat dibandingkan penularan dengan *A. gossypii*. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurlaelah (2006) yang menyatakan bahwa pada penularan VMB, gejala yang muncul pertama kali terlihat pada *A. craccivora*, *A. glycines*, dan terakhir pada *A. gossypii* pada perlakuan jumlah kutu daun 10 ekor. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara virus dengan jenis vektornya.

Penularan VMB dengan *A. gossypii* dengan jumlah 1, 3, 5, 7 dan 10 menunjukkan masa inkubasi yang lebih panjang dibandingkan dengan *A. craccivora* (Tabel 1). Penularan VMB dengan jumlah kutu daun yang semakin sedikit berkorelasi dengan waktu inkubasi yang lebih panjang, walaupun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah kutu daun *A. gossypii* dari 1 sampai 10 ekor tidak berpengaruh pada masa inkubasi VMB. Jumlah kutudaun sebagai vektor berhubungan dengan konsentrasi virus yang ditularkan. Konsentrasi virus yang terdapat pada stilet satu ekor kutu daun *A. gossypii* lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi virus pada 3, 5, dan 10 ekor kutu daun, dengan asumsi

setiap stilet mempunyai ukuran dan kapasitas yang sama untuk menyimpan virus (Kusnadi, 1991).

Pada penelitian ini konsentrasi virus dari satu ekor kutu daun *A. gossypii* diduga merupakan konsentrasi optimal dalam pengaruhnya terhadap masa inkubasi VMB sehingga peningkatan konsentrasi virus yang dibawa vektor tidak mempercepat masa inkubasinya. Hasil yang berbeda dilaporkan oleh Fatmawati (2003) yang menyatakan bahwa masa inkubasi penularan virus mosaik kuning pada tanaman kabocha dengan satu ekor *A. gossypii* relatif lebih lama dibandingkan dengan penularan yang menggunakan 3, 5, dan 10 ekor kutudaun. Perbedaan hasil ini dimungkinkan karena perbedaan jenis virus dan spesies tanaman yang digunakan. Matthews (1970) mengatakan bahwa tanaman akan menunjukkan adanya perbedaan respon kerentanan terhadap infeksi virus yang ditularkan satu spesies vektor kutudaun.

Hubungan antara jumlah kutu daun sebagai vektor untuk menularkan virus mempunyai hubungan yang cukup erat dengan masa inkubasi (Fatmawati, 2003; Nurlaelah, 2006). Tetapi ada kalanya hal itu tidak terjadi karena kemungkinan adanya faktor-faktor lain yang mempengaruhi. Menurut Hadidi *et al.* (1998) interaksi antara tanaman inang, virus, vektor, dan lingkungannya sangat rumit. Lingkungan berpengaruh terhadap vektor dan virus. Sebagai contoh, temperatur tidak hanya mempengaruhi kebiasaan vektor secara langsung tetapi juga mempengaruhi penggandaan virus dan translokasinya dalam tanaman. Pada penelitian ini telah diupayakan kondisi lingkungan yang seragam sehingga setiap tanaman mendapatkan temperatur yang seragam di rumah kaca.

Pengaruh Inokulasi VMB terhadap Kejadian Penyakit dan Tipe Gejala

Kejadian penyakit pada bengkuang dengan perlakuan vektor *A. craccivora* sebanyak

1 sampai 7 ekor menunjukkan hasil yang sama yaitu sebesar 90%, dan pada perlakuan 10 ekor kejadian penyakitnya mencapai 100%. Kejadian penyakit dengan perlakuan *A. gossypii* lebih bervariasi yaitu pada perlakuan satu ekor sebesar 80%, kemudian pada perlakuan 3 ekor kejadian penyakit mencapai 90%, tetapi pada perlakuan 5 ekor hanya mencapai 70%, dan pada perlakuan 7 dan 10 ekor mencapai 100%. Adanya variasi kejadian penyakit ini diduga disebabkan adanya ketahanan individu tanaman yang berbeda.

Matthews (1991) menyatakan bahwa ada beberapa tipe ketahanan dan imunitas terhadap virus tertentu dengan berdasar pada kekompakan populasi inang diantaranya kekebalan yang melibatkan setiap individu dari suatu spesies. Selain itu, pada perlakuan *A. gossypii* dengan jumlah kutudaun 5 ekor diduga mempengaruhi kejadian tersebut; (1) kondisi kutudaun yang berbeda, dan (2) saat periode makan akuisisi, pada perlakuan jumlah 5 ekor terdapat kutudaun yang tidak menusukkan stiletnya pada daun yang mengandung virus atau menusukkan stiletnya pada bagian daun yang mempunyai konsentrasi virus yang rendah. Menurut Astier *et al.*, (2007) vektor virus memiliki keragaman dan spesifitas dalam menularkan virus. Secara umum penularan virus dengan vektor serangga melibatkan interaksi molekuler yang sangat spesifik untuk tiap kombinasi virus-vektor. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum suatu virus hanya ditularkan oleh satu spesies vektor atau spesies yang secara taksonomi berdekatan. Adanya variasi kejadian penyakit dan masa inkubasi yang panjang dari VMB yang ditularkan *A. gossypii* kemungkinan karena interaksi virus-vektor yang kurang spesifik dibandingkan interaksi VMB-*A. craccivora*. Hasil pengamatan terhadap kejadian penyakit dan tipe gejala pada tanaman bengkuang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kejadian penyakit (KP)¹⁾ dan tipe gejala²⁾ hasil penularan VMB dengan *A. craccivora* dan *A. gossypii*

Perlakuan (ekor)	KP <i>A. craccivora</i>	Tipe gejala	KP <i>A. gossypii</i>	Tipe gejala
1	9/10	Mo, Md	8/10	Mo
3	9/10	Mo, Md	9/10	Mo
5	9/10	Mo, Md	7/10	Mo, Md
7	9/10	Mo, Md, Vb	10/10	Mo, Vb
10	10/10	Mo, Md, Vb	10/10	Mo, Md, Vb
K	0/10	-	0/10	-

¹⁾ KP = n/N (Σ tanaman bergejala/ Σ tanaman uji), berdasarkan gejala & ELISA untuk yang tidak bergejala

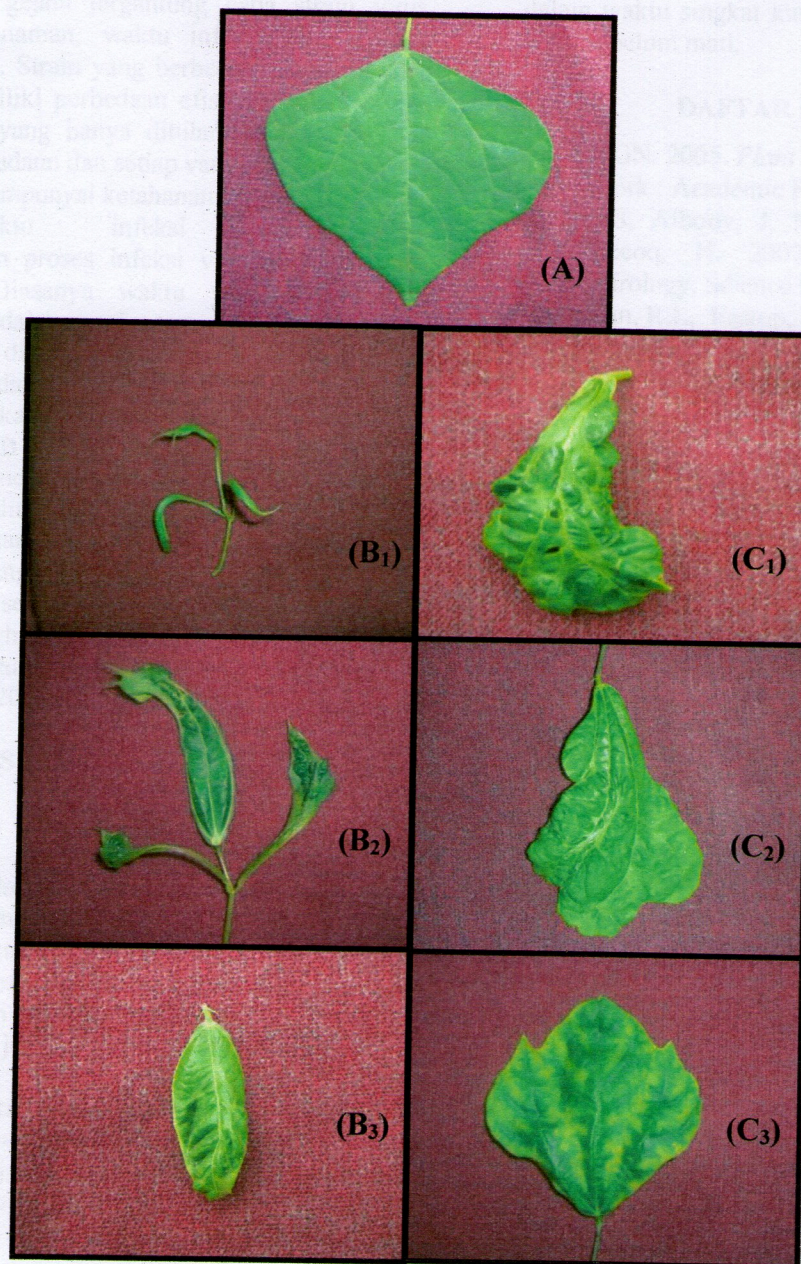
²⁾ Mo: mosaik, Md: malformasi daun, Vb: *vein banding* (penebalan tulang daun)

Matthews (1970) menyatakan bahwa konsentrasi virus pada infeksi tanaman secara sistemik kemungkinan berbeda pada seluruh bagian jaringan tanaman bahkan pada jaringan yang berdekatan. Hal ini dapat mempengaruhi efisiensi kutu daun memperoleh virus. Djikstra & Jager (1998) juga menyatakan bahwa ketidakberhasilan proses penularan dipengaruhi beberapa faktor diantaranya kemungkinan kutudaun tidak menghisap jaringan tanaman dan beberapa kutu daun jatuh ke tanah dan hilang. Adapun Agrios (2005) menyatakan bahwa dalam penularan virus tular stilet, virus akan mudah hilang melalui gesekan yang terjadi selama kutu daun melakukan proses pengenalan pada sel tanaman inang.

Kejadian penyakit VMB yang ditularkan oleh vektor *A. craccivora* cenderung lebih tinggi dibanding kejadian penyakit yang ditularkan oleh *A. gossypii*. Selain itu waktu inkubasi penularan dengan *A. craccivora* lebih singkat dibandingkan dengan penularan *A. gossypii*. Hal ini menunjukkan bahwa *A. craccivora* lebih efisien dan efektif sebagai vektor virus tersebut. Walaupun penularan dengan *A. gossypii* menyebabkan masa inkubasi lebih panjang, namun satu ekor kutu daun *A. gossypii* atau *A. craccivora* sudah efisien menularkan VMB pada bengkoang. Uji efisiensi penularan virus penyebab penyakit mosaik kuning menunjukkan bahwa satu ekor *A. gossypii* mampu menularkan virus-virus

penyakit mosaik kuning pada tanaman kabocha walaupun efisiensinya relatif rendah (Fatmawati 2003). Efisiensi penularan oleh kutu daun dapat memberikan informasi dalam rangka mencari strategi pengendalian yang tepat untuk pengendalian VMB. Dengan mengetahui jumlah minimal kutu daun yang efisien untuk menularkan VMB, maka populasi kutu daun dapat dikendalikan pada saat yang tepat, atau waktu penanaman bengkoang dapat diatur agar saat tanaman rentan terhadap serangan kutu daun bertepatan dengan saat populasi vektor kutu daun rendah atau tidak ada.

Pada Tabel 2 dan Gambar 1 terlihat bahwa tipe gejala VMB pada bengkoang yang ditularkan *A. craccivora* dan *A. gossypii* menunjukkan gejala yang hampir sama yaitu mosaik, malformasi daun, dan *vein banding*. Pada *A. craccivora* perlakuan 1, 3, dan 5 ekor gejala yang muncul didominasi oleh tipe mosaik dan malformasi daun, dan pada perlakuan kutudaun 7 dan 10 ekor tipe gejala yang muncul adalah mosaik, malformasi daun yang parah seperti tali, dan *vein banding*. Pada penularan VMB dengan *A. gossypii* 1 dan 3 ekor, tipe gejala yang ditimbulkan adalah mosaik. Perlakuan dengan jumlah 5 ekor tipe gejalanya adalah mosaik dan malformasi daun, dan dengan jumlah vektor 7 ekor didominasi oleh mosaik dan *vein banding*. Pada perlakuan jumlah 10 ekor gejala yang muncul adalah mosaik, malformasi daun, dan *vein banding*.



Gambar 1 Variasi gejala VMB pada bengkuang. Daun sehat (A), hasil penularan *A. craccivora*: malformasi daun parah, malformasi daun, dan mosaik (B₁-B₃) dan hasil penularan *A. gossypii*: malformasi daun, mosaik, green vein banding (C₁-C₃)

Penularan VMB dengan *A. craccivora* menunjukkan gejala yang lebih parah dibandingkan penularan dengan *A. gossypii* (Gambar 3). Jika dibandingkan dengan penularan VMB secara mekanis, penularan dengan kutudaun

menunjukkan gejala yang lebih parah dan efisiensinya lebih tinggi (Desmiarti 2006).

Menurut Matthews (1991) gejala yang berkembang pada tanaman yang tidak resisten maupun toleran akan dipengaruhi oleh genotipe inang dengan berbagai cara. Kemunculan dan