

Formulasi Biopestisida Berbahan Aktif *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. Nonpatogenik untuk Mengendalikan Penyakit Karat pada Krisan

Hanudin, W. Nuryani, E. Silvia, I. Djatnika, dan B. Marwoto

Balai Penelitian Tanaman Hias, Jl. Raya Ciherang-Pacet, Cianjur 43253

Naskah diterima tanggal 27 September 2010 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 29 November 2010

ABSTRAK. Karat putih yang disebabkan oleh *Puccinia horiana* merupakan salah satu penyakit pada krisan yang dapat menimbulkan kehilangan hasil sampai 100%. Selama ini untuk mengendalikan patogen tersebut, petani sering menggunakan pestisida kimiawi. Hal tersebut sangat mengkhawatirkan mengingat penggunaan fungisida sintetik secara berlebihan dapat mencemari lingkungan yang membahayakan bagi kehidupan makhluk hidup. Oleh karena itu, cara pengendalian alternatif yang efektif dan aman bagi lingkungan diperlukan untuk mengendalikan penyakit karat putih pada krisan. Salah satu alternatif cara pengendalian penyakit karat yaitu dengan mengaplikasikan biopestisida yang ramah lingkungan. Penelitian dilakukan di laboratorium, rumah kaca, dan rumah plastik Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Hias (1.100 m dpl), pada bulan April 2009 sampai Februari 2010. Tiga spesies bakteri antagonis sebagai bahan aktif biopestisida (*Bacillus subtilis* Cs 1a, *Corynebacterium* sp.1, dan *Pseudomonas fluorescens* 3 Sm) dan bahan pembawa (campuran antara ekstrak kascing, molase, gula pasir, dan atau kentang), masing-masing diformulasi dalam 12 jenis formula biopestisida cair. Formulasi biopestisida difermentasikan selama 3 minggu dalam keadaan aerobik menggunakan biofermentor. Viabilitas bahan aktif dalam bahan pembawa diuji setiap bulan, yaitu pada periode sebelum dan sesudah fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bahan aktif setelah difermentasi selama 3 minggu selalu meningkat, populasi bahan aktif sebelum fermentasi sejumlah 10^5 cfu/ml meningkat menjadi 10^{6-7} cfu/ml. Dua bulan setelah fermentasi, populasi bahan aktif biopestisida masih tetap tinggi yaitu berkisar antara 10^{6-11} cfu/ml. Perlakuan ekstrak kascing + gula pasir + *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* pada tingkat konsentrasi 0,3% merupakan perlakuan terbaik. Disamping dapat menekan intensitas serangan *P. horiana* (38,49%), formulasi biopestisida tersebut juga dapat menaikkan hasil panen bunga krisan layak jual sebanyak 14,58%.

Katakunci: Krisan; *Dendranthema grandiflora*; *Bacillus subtilis*; *Pseudomonas fluorescens*; *Corynebacterium* sp.; *Puccinia horiana*; Biopestisida; Penyakit karat putih.

ABSTRACT. Hanudin, W. Nuryani, E. Silvia, I. Djatnika, and B. Marwoto. 2010. Formulation of Biopesticide Containing *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Corynebacterium* sp. for Controlling White Rust Disease on Chrysanthemum. White rust caused by *Puccinia horiana* is one of the contagious diseases of chrysanthemum that is able to cause yield losses up to 100%. Chemical synthetic fungicides have been used to control the disease. Because of harmful effects of the synthetic fungicides, the other alternative measure to control the disease have to be developed in order to support the sustainable farming system. One of the recommended control measures is the application of biopesticide which is environmentally friendly. The experiments were conducted in the laboratory, glasshouse, and plastichouse of Indonesia Ornamental Crops Research Institute (1,100 m asl), from April 2009–February 2010. Three candidates of biocontrol agents, i.e. *B. subtilis* Cs 1a, *Corynebacterium* sp.1, and *P. fluorescens* 3 Sm, were formulated with organic basal medium made from fermented worm manure, molasses, sugar, and or potatoes extracts. Twelve formulations were tested for their effectiveness to control the disease in the field. The viability of the biocontrol agents in the formulations was monthly tested before and after fermentation process during storage. Population of the biocontrol agents, after fermentation for 3 weeks was increased from 10^5 to 10^{6-7} cfu/ml. Two months after fermentation the population of the biocontrol agents was still high (10^{6-11} cfu/ml). The results showed that the formulation of vermicompost + sugar + *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* at the concentration level of 0.3%, was proven to be the best treatment. The treatment was effective to suppress white rust up to 38.49%, and could also increase the yield of marketable chrysanthemum flowers up to 14.58%.

Keywords: Chrysanthemum; *Dendranthema grandiflora*; *Bacillus subtilis*; *Pseudomonas fluorescens*; *Corynebacterium* sp.; *Puccinia horiana*; Biopesticide; White rust disease.

Penyakit karat putih pada krisan (PKPKr) yang disebabkan oleh *Puccinia horiana* P. Henn merupakan penyakit yang paling penting, sebab kehadirannya mengakibatkan

kerusakan daun secara nyata dan menurunkan kualitas bunga. Kehilangan hasil akibat serangan patogen ini dapat mencapai 100% (Ellis 2007).

Berbagai upaya pengendalian PKPKr telah dilakukan, di antaranya yang paling banyak dilakukan di Indonesia ialah menggunakan fungisida sintetik dan teknik budidaya. Teknik budidaya dengan cara perompesan daun-daun bawah diikuti dengan penyemprotan fungisida benomil dan mankozeb merupakan perlakuan yang dapat mengurangi intensitas serangan penyakit karat pada tanaman krisan (Djatnika 1993). Penyiangan, baik secara manual maupun kimiawi (herbisida), hanya dapat mengurangi intensitas serangan pada awal pertumbuhan tanaman saja (Djatnika *et al.* 1994). Di Great Britain, penyakit karat putih dapat dikendalikan menggunakan fungisida myclobutanil pada dosis 100 mg b.a/l (Dickens 1990, 1991), Bonde *et al.* (1995), sedangkan Exley *et al.* (1993), Orlikowski dan Wojdyla (1981) melaporkan bahwa selain myclobutanil, fungisida dari kelompok hexaconazole, dan propiconazole efektif dapat mengendalikan *P. horiana*.

Sejauh ini tingkat penggunaan fungisida sintetik, seperti klorotalonil, benomil, kaptafol, zincofol, dan maneb, meningkat drastis sekitar 20-40% seiring dengan makin berkembangnya penyakit di lapangan. Hal ini sangat mengkhawatirkan mengingat penggunaan fungisida sintetik secara berlebihan dapat mencemari lingkungan yang membahayakan bagi kehidupan makhluk hidup. Oleh karena itu, perlu dicari cara pengendalian alternatif yang efektif dan aman bagi lingkungan untuk mengendalikan penyakit karat putih pada krisan.

Pada tahun 2003, Balai Penelitian Tanaman Hias (Balithi) telah merakit biopestisida ramah lingkungan dengan nama dagang Prima BAPF. Biopestisida ini berbahan aktif *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* telah mendapat sertifikat paten dari Departemen Hukum dan Hak Azasi Manusia Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual (Dirjen Haki). Hak Paten tersebut diberikan untuk formulasi biopestisida dalam bentuk suspensi yang efektif mengendalikan berbagai patogen tanaman. Adapun nomor Sertifikat Paten adalah ID. 0 022 384, 12 Januari 2009 (Hanudin *et al.* 2009).

Berdasarkan hasil uji lapangan yang dilakukan pada tahun 2006 di Desa Cihanjuang Rahayu, Parongpong, Kabupaten Bandung

Barat, biopestisida ini dapat menekan PKPKr sebesar 15,72% (Hanudin *et al.* 2008). Untuk meningkatkan daya efikasi Prima BAPF, bahan aktif biopestisida tersebut perlu ditambah dengan bakteri lain yang lebih efektif dan kompatibel.

Corynebacterium sp. merupakan bakteri antagonis yang pernah ditemukan hidup pada daun padi di daerah Jatisari Karawang. Bakteri ini berhasil diisolasi dan terbukti efektif mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh cendawan dan bakteri pada tanaman pangan dan hortikultura, seperti penyakit kresak pada padi dan penyakit layu, serta bercak daun pada cabai serta kubis-kubisan. Biopestisida yang berbahan dasar *Corynebacterium* sp. dibuat formulasinya oleh Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan (BB POPT) dan Kelompok Tani Patih di Subang dalam bentuk cair dan diberi nama dagang ANTIKRES (BBPOPT 2007). Meidiantie *et al.* 2010 dalam Rismansyah (2010) melaporkan bahwa *Corynebacterium* sp. dapat menekan 52% gejala penyakit *bacterial red stripe* (BRS) yang disebabkan oleh *Pseudomonas* sp.) dan 28% penyakit hawar daun *bacterial leaf blight* (BLB yang disebabkan oleh *Xanthomonas campestris* pv. *oryzae*) pada padi.

Corynebacterium sp. ditemukan pula pada filosfir daun krisan di Segunung, tetapi belum diuji daya antagonisnya terhadap patogen/penyakit pada tanaman hias. Isolat ini telah dikombinasikan dengan *B. subtilis* dan *P. fluorescens* dengan tujuan meningkatkan daya efikasi terhadap PKPKr. Kombinasi tiga atau lebih spesies agens hayati yang kompatibel dan efektif dalam pengendalian penyakit penting pada krisan, belum banyak diteliti. Kombinasi tersebut sangat diperlukan untuk penerapan pengendalian yang efektif dan efisien.

Tujuan penelitian ialah mendapatkan informasi viabilitas bahan aktif dalam bahan pembawa biopestisida. Di samping untuk mendapatkan komposisi dan konsentrasi biopestisida terbaik dalam mengendalikan penyakit karat serta mempertahankan hasil panen bunga laik jual pada krisan.

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ialah perlakuan ekstrak kascing + gula pasir + *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* diduga merupakan perlakuan terbaik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium, Rumah Kaca, dan Rumah Plastik Kebun Percobaan Balithi (1.100 m dpl), pada bulan April 2009 sampai dengan Februari 2010.

Pembuatan Propagul Mikroba Antagonis

Propagul mikroba antagonis dibuat dari biakan murni *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium*, masing-masing ditumbuhkan pada media NA, SPA, dan King's B yang mengandung 0,01m FeCl₃. Selanjutnya biakan murni bakteri dieramkan dalam inkubator suhu 30 ± 2°C selama 24 jam. Isolat bakteri tersebut diambil 3 loop penuh dan disuspensikan ke dalam 10 ml air steril, divorteks agar homogen, sehingga terbentuk suspensi dengan kerapatan 10¹² cfu/ml. Seratus µl suspensi isolat dituangkan ke dalam cawan petri steril masing-masing berisi 15 ml media SPA. Suspensi dalam media kemudian diratakan menggunakan *glassrod* dan dieramkan dalam inkubator pada suhu 31°C selama 24 jam. Sel bakteri dipanen dengan cara mengambil masing-masing isolat yang disuspensikan ke dalam akuades steril, kemudian dituangkan ke dalam media perbanyak massal dengan konsentrasi 10%.

Media Perbanyak Massal Bahan Pembawa Biopestisida Cair

Media perbanyak massal bahan pembawa biopestisida cair harus bersifat organik dengan harga murah. Hal ini dapat dilakukan dengan memodifikasi metode Suryana dan Cahyono (2008), serta BBPOPT (2007) dalam pembuatan pupuk organik cair Biovermi dan biopestisida Antikres. Prosedur pembuatannya ialah sebagai berikut: kascing 10% dan kentang rebus 30%, kemudian disaring, dan air hasil saringan ditambah gula pasir 1,5%, atau molase 10% (sesuai perlakuan), kemudian diukur pH-nya. Setelah tahapan ini selesai, campuran bahan tersebut difermentasikan menggunakan biofermentor selama 3 minggu dan dilakukan pengukuran pH kembali. Apabila larutan biopestisida hasil fermentasi menunjukkan pH asam (1,0-5,0), maka pada larutan tersebut ditambahkan 1 m KOH dengan tujuan meningkatkan pH menjadi 7,4.

Uji Viabilitas Bahan Aktif dalam Bahan Pembawa Biopestisida

Viabilitas bahan aktif dalam bahan pembawa merupakan tolok ukur masa kadaluarsa

biopestisida tersebut. Apabila viabilitas bahan aktif semakin lama, maka masa kadaluarsa biopestisida tersebut semakin lama pula. Adapun cara pengujian dilakukan melalui pengenceran berseri menggunakan metode Hsu *et al.* (1994) yang dimodifikasi.

Biopestisida disimpan pada suhu ruang (25 ± 2°C) dan viabilitas bahan aktif diamati setiap bulan, mulai 0 sampai dengan 2 bulan setelah penyimpanan. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 12 perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan-perlakuan tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah perlakuan uji viabilitas dan kompatibilitas bahan aktif dalam bahan pembawa biopestisida (*Number of treatments on viability and compatibility test against active and carrier ingredient of biopesticide*)

No. Kode (Code No.)	Perlakuan* (Treatments)
1.	Ktng + Gp + BP
2.	Ktng + Mol + BP
3.	Ksc + Gp+ BP
4.	Ksc + Mol+ BP
5.	Ktng + Ksc + Gp+ BP
6.	Ktng + Ksc + Mol+ BP
7.	Ktng + Gp + BPC
8.	Ktng + Mol + BPC
9.	Ksc + Gp+ BPC
10.	Ksc + Mol+ BPC
11.	Ktng + Ksc + Gp+ BPC
12.	Ktng + Ksc + Mol+ BPC

* Keterangan (*Remarks*):

Ktng = kentang (*Potato*) 30%

Gp = gula pasir (*Sucrose*) 1,5%

Ksc = kascing (*Vermicompost*) 10%

BP = *B. subtilis* + *P. fluorescens*

BPC = *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium*

Mol = molase (*Molases*) 10%

Pengaruh Komposisi Formulasi dan Konsentrasi Biopestisida Berbahan Aktif *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. terhadap PKPKr

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 35 perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan-perlakuan tersebut disajikan pada Tabel 2. Varietas krisan yang digunakan dalam penelitian ini ialah Fiji Kuning dan Sakuntala (standar) yang rentan terhadap *P. horiana*. Ukuran petak percobaan 70 x 70 cm. Jarak tanam 12,5 x

12,5 cm, dan jarak antarpetak 40 cm. Jumlah tanaman tiap petak 48 batang. Pemupukan terdiri atas pupuk kandang setara dengan 30 t/ha (4,6 kg/petak) sebagai pupuk dasar diberikan 2 minggu sebelum tanam. Pupuk dasar disebar dan diaduk merata, pupuk buatan diberikan tiap 3 minggu sebanyak empat kali, yaitu umur 2, 5, 8, dan 11 minggu setelah tanam (Sutater 1992).

Pupuk buatan yang digunakan ialah NPK (15:15:15) setara dengan 600 kg/ha (masing-masing sekitar 234,4 g/petak). Tanaman dipelihara di bawah hari panjang selama 30 hari pertama setelah tanam dengan penambahan pencahayaan antara jam 22.00-02.00. Cahaya tambahan berasal dari lampu pijar 75 watt yang dipasang 150 cm di atas tiap bedengan dengan jarak 200 cm antarlampu (Sanjaya 1994).

Pengendalian hama dilakukan dengan menyemprotkan abamectin 18 EC (0,2 ml/l) sesuai keperluan, terutama untuk pengendalian kutu daun *Rhopalosiphum sanbornii*, pengorok daun (*Liriomyza* sp.), dan trips.

Pengamatan meliputi intensitas penyakit karat mulai diamati pada 3 hari setelah aplikasi

biopestisida (HSA) sampai dengan 27 HSA. Pengamatan dilakukan terhadap 10 tanaman sampel yang ditentukan secara acak sistematis. Tiap tanaman sampel dinilai berdasarkan indeks penyakit (karat) dengan kriteria seperti yang digunakan pada percobaan Suhardi (2009) sebagai berikut:

- 0 = tidak ada serangan,
- 1 = terdapat 1-3 pustul, serangan terbatas pada daun-daun bawah,
- 2 = terdapat >5 pustul/daun, serangan terbatas pada daun-daun bawah, atau serangan merata di seluruh daun namun tiap daun hanya terdapat 1-3 pustul, serangan mencapai daun-daun tengah,
- 3 = umumnya >5 pustul/daun, serangan mencapai daun-daun atas, umumnya >5 pustul/
- 4 = daun, serangan terdapat hampir pada seluruh
- 5 = daun, sebagian daun telah mengering.

Intensitas serangan tiap petak dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{\sum (v \times n)}{N \times Z} \times 100\%$$

- P = intensitas penyakit karat (100%),
- v = indeks penyakit tiap kategori serangan,
- n = jumlah tanaman tiap kategori serangan,
- Z = indeks penyakit dari kategori serangan tertinggi,
- N = jumlah tanaman yang diamati.

Pengolahan data dilakukan menggunakan program IRISTAT pada tingkat kepercayaan 95%. Uji beda antarperlakuan menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%. Selain intensitas serangan diamati juga tinggi tanaman, jumlah bunga laik jual saat panen, dan persentase penekanan dibanding kontrol. Persentase penekanan sebagai bahan pertimbangan kriteria efikasi, dihitung berdasarkan rumus:

$$PP = \frac{(K - T)/K}{1} \times 100\%$$

- PP = persentase penekanan,
- K = kontrol,
- T = perlakuan.

Luas Areal di Bawah Kurva Perkembangan Penyakit dan Laju Infeksi *P. horiana*

Luas areal di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC) dihitung menggunakan

Tabel 2. Perlakuan dalam uji konsentrasi biopestisida berbahan aktif *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. untuk pengendalian PKPKr (Number of treatments on biopesticide concentration test to control white rust of chrysanthemum)

Perlakuan komposisi formulasi (Composition of formulations treatments)*	Konsentrasi (Concentrations) %
Ktng + Mol + BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ksc + Gp+ BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ksc + Mol+ BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Ksc + Gp+ BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Ksc + Mol+ BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Gp + BPC	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Mol + BPC	0,1; 0,3; dan 0,5
Ksc + Gp+ BPC	0,1; 0,3; dan 0,5
Ksc + Mol+ BPC	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Ksc + Gp+ BP	0,1; 0,3; dan 0,5
Ktng + Ksc + Mol+ BCP	0,1; 0,3; dan 0,5
Amistar top 0,1% (pembanding)	0,1
Kontrol (Air ledeng)	-

integrasi trapezoidal dengan rumus Jeger dan Viljanen-Rollinson (2001).

Di mana:

$$\text{AUDPC} = \sum_i^{n-1} \left| \frac{(Y_{i+1} + Y_i)}{2} \right| t_{i+1} - t_i$$

Y_{i+1} = data pengamatan ke $i + 1$,

Y_i = data pengamatan ke i ,

t_{i+1} = waktu pengamatan ke $i + 1$,

t_i = waktu pengamatan ke i ,

n = jumlah total pengamatan

Sedangkan laju infeksi dihitung dengan rumus Semangoen (1989):

$$r = \frac{e}{t} \text{Log } 10 \frac{X_t}{X_0}$$

r = laju infeksi,

e = bilangan alam (2,30259),

t = selang pengamatan (6 hari),

X_t = proporsi daun terinfeksi (diperoleh dari nilai intensitas serangan waktu ke t),

X_0 = proporsi daun terinfeksi pada awal pengamatan).

Kriteria laju infeksi: $r \leq 0,11$ unit/hari, maka patogen kurang agresif atau laju infeksi lambat.

Pengaruh Komposisi Formulasi dan Konsentrasi Biopestisida terhadap Hasil Panen Bunga Krisan Laik Jual

Untuk mengamati bunga krisan laik jual, digunakan cara perhitungan menurut kriteria PT Alam Indah Nusantara (PT Alinda) (Komunikasi pribadi 2010). Adapun parameter yang digunakan ialah tangkai bunga lurus dengan tinggi berkisar antara 65 dan 75 cm, bunga mulus dan kompak berdiameter minimal 7 cm, daun lengkap dengan kandungan karat maksimal 1%. Data dikumpulkan mulai panen pertama sampai keempat (panen terakhir) yang dihitung berdasarkan rumus:

$$A/N \times 100\%$$

di mana:

A = jumlah tanaman yang menghasilkan bunga laik jual/plot,

N = populasi tanaman/plot = 48.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Viabilitas Bahan Aktif dalam Bahan Pembawa Biopestisida

Pengamatan terhadap viabilitas bahan aktif biopestisida dalam bahan pembawa dan

pengukuran pH media telah dilaksanakan sebanyak tiga kali yaitu sebelum fermentasi, 1, dan 2 bulan setelah fermentasi berakhir. Bakteri berkembang dengan baik pada pH normal atau sedikit basa. Dalam penelitian ini pH media setelah dicampur dengan tiga spesies bakteri antagonis (sebelum difermentasi) menunjukkan pH 7,4 dan menurun menjadi pH 3,5 setelah difermentasi selama 3 minggu. Data hasil penghitungan populasi agens biokontrol dan pH dalam formulasi disajikan dalam Tabel 3.

Dari Tabel 3 diketahui bahwa populasi bahan aktif (bakteri antagonis) setelah dilakukan proses fermentasi selama 3 minggu meningkat dibandingkan sebelum fermentasi. Populasi awal bakteri antagonis sebelum fermentasi (pH 7,4) rerata 10^6 meningkat menjadi 10^{7-9} cfu/ml pada 1 bulan setelah fermentasi (pH 3,5, dan 7,4). Populasi ketiga agens biokontrol tersebut setelah 2 bulan disimpan cenderung stabil berkisar antara 10^{6-11} cfu/ml. Hal ini menandakan bahwa bahan pembawa berupa hasil fermentasi bahan organik berupa ekstrak kascing, kentang, gula pasir, dan molase tidak berpengaruh terhadap bahan aktif biopestisida (bakteri antagonis dari spesies *B. subtilis*, *Corynebacterium* sp., dan *P. fluorescens*). Di samping itu, pH media juga tidak berpengaruh terhadap dinamika populasi bakteri. Hal ini berarti bahwa antara bahan aktif dan bahan pembawa bersifat kompatibel pada kondisi pH 3,5 atau 7,4.

Molase berperan sebagai bahan pembawa, pelindung sinar matahari, dan sebagai sumber nutrisi. Kandungan utama molase ialah senyawa gula terutama sukrosa (Burges dan Jones 1998). Bahan lain yang digunakan sebagai sumber makanan ialah tepung gandum dan jagung, dedak gandum, kecambah gandum, tepung kedelai, dan gluten jagung (Paau 1998).

Selanjutnya Burgess dan Jones (1998) menyebutkan bahwa molase merupakan salah satu bahan *additive* yang paling bermanfaat dan salah satu dari sedikit bahan yang banyak memberikan manfaat positif di laboratorium maupun di lapangan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sifatnya yang multifungsi, sebagai pelindung matahari, pengental, *phagostimulant*, dan sebagai penutup faktor perlawanan dari daun. Selain itu molase juga dapat berperan sebagai pengawet (*preservative*) selama penyimpanan.

Tabel 3. Dinamika populasi agens biokontrol dalam berbagai formulasi biopestisida setelah fermentasi (*Population dynamics of biocontrol agents on biopesticide formulations after fermentation*)

Jenis formulasi biopestisida sebelum difermentasi (<i>Type of biopesticide formulations before fermentation</i>)	Dinamika populasi bakteri antagonis pada ... bulan setelah fermentasi (<i>Population dynamics of bacterial antagonists on ... month after fermentation</i>), cfu/ml					
	0 bulan (<i>Month</i>)		1 bulan (<i>Month</i>)		2 bulan (<i>Months</i>)	
Ktng + Gp + BP	B: 3x10 ⁵	P: 3x10 ⁵	B: 5x10 ⁸	P: 7x10 ⁹	B: 2x10 ⁸	P: 6x10 ⁹
Ktng + Mol + BP	B: 2x10 ⁵	P: 5x10 ⁵	B: 5x10 ⁷	P: 6x10 ⁹	B: 5x10 ⁷	P: 5x10 ⁹
Ksc + Gp+ BP	B: 7x10 ⁵	P: 4x10 ⁵	B: 9x10 ⁸	P: 2x10 ⁸	B: 8x10 ⁸	P: 3x10 ⁸
Ksc + Mol+ BP	B: 3x10 ⁵	P: 9x10 ⁵	B: 6X10 ¹¹	P: 7x10 ⁷	B: 7X10 ¹¹	P: 6x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BP	B: 7x10 ⁵	P: 4x10 ⁵	B: 8x10 ⁹	P: 7x10 ⁷	B: 7x10 ⁹	P: 6x10 ⁷
Ktng + Ksc + Mol+ BP	B: 9x10 ⁵	P: 7x10 ⁵	B: 7x10 ⁵	P: 9x10 ⁷	B: 5x10 ⁵	P: 9x10 ⁷
Ktng + Gp + BPC	B: 3x10 ⁵	C: 2x10 ⁵	B: 2x10 ⁷	C: 5x10 ⁸	B: 4x10 ⁷	C: 4x10 ⁸
Ktng + Mol + BPC	B: 2x10 ⁵	C: 4x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 3x10 ⁸	B: 8x10 ⁷	C: 2x10 ⁸
Ksc + Gp+ BPC	B: 7x10 ⁵	C: 6x10 ⁵	B: 8x10 ⁸	C: 5x10 ⁹	B: 7x10 ⁸	C: 5x10 ⁹
Ksc + Mol+ BPC	B: 3x10 ⁵	C: 3x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 8x10 ⁷	B: 7x10 ⁷	C: 7x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BPC	B: 7x10 ⁵	C: 7x10 ⁵	B: 3x10 ⁷	C: 4x10 ⁸	B: 2x10 ⁷	C: 3x10 ⁸
Ktng + Ksc + Mol+ BPC	B: 9x10 ⁵	C: 5x10 ⁵	B: 7x10 ⁷	C: 4x10 ⁹	B: 8x10 ⁷	C: 5x10 ⁹
		P: 7x10 ⁵		P: 9x10 ⁸		P: 7x10 ⁸

Jenis formulasi biopestisida setelah difermentasi (<i>Type of biopesticide formulations after fermented on</i>) pH 7,4	Dinamika populasi bakteri antagonis pada ... bulan setelah fermentasi (<i>Population dynamics of bacterial antagonists on ... month after fermentation</i>), cfu/ml					
	0 bulan (<i>Month</i>)		1 bulan (<i>Month</i>)		2 bulan (<i>Months</i>)	
Ktng + Gp + BP	B: 2x10 ⁵	P: 3x10 ⁵	B: 5x10 ⁸	P: 7x10 ⁹	B: 2x10 ⁸	P: 6x10 ⁹
Ktng + Mol + BP	B: 2x10 ⁵	P: 7x10 ⁵	B: 5x10 ⁷	P: 6x10 ⁹	B: 5x10 ⁷	P: 5x10 ⁹
Ksc + Gp+ BP	B: 6x10 ⁵	P: 5x10 ⁵	B: 9x10 ⁸	P: 2x10 ⁸	B: 8x10 ⁸	P: 3x10 ⁸
Ksc + Mol+ BP	B: 4x10 ⁵	P: 8x10 ⁵	B: 6X10 ¹¹	P: 7x10 ⁷	B: 7X10 ¹¹	P: 6x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BP	B: 7x10 ⁵	P: 5x10 ⁵	B: 8x10 ⁹	P: 7x10 ⁷	B: 7x10 ⁹	P: 6x10 ⁷
Ktng + Ksc + Mol+ BP	B: 7x10 ⁵	P: 6x10 ⁵	B: 7x10 ⁵	P: 9x10 ⁷	B: 5x10 ⁵	P: 9x10 ⁷
Ktng + Gp + BPC	B: 3x10 ⁵	C: 2x10 ⁵	B: 2x10 ⁷	C: 5x10 ⁸	B: 4x10 ⁷	C: 4x10 ⁸
Ktng + Mol + BPC	B: 4x10 ⁵	C: 5x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 3x10 ⁸	B: 8x10 ⁷	C: 2x10 ⁸
Ksc + Gp+ BPC	B: 6x10 ⁵	C: 7x10 ⁵	B: 8x10 ⁸	C: 5x10 ⁹	B: 7x10 ⁸	C: 5x10 ⁹
Ksc + Mol+ BPC	B: 4x10 ⁵	C: 4x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 8x10 ⁷	B: 7x10 ⁷	C: 7x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BPC	B: 9x10 ⁵	C: 6x10 ⁵	B: 3x10 ⁷	C: 4x10 ⁸	B: 2x10 ⁷	C: 3x10 ⁸
Ktng + Ksc + Mol+ BPC	B: 8x10 ⁵	C: 7x10 ⁵	B: 7x10 ⁷	C: 4x10 ⁹	B: 8x10 ⁷	C: 5x10 ⁹
		P: 2x10 ⁵		P: 9x10 ⁸		P: 7x10 ⁸

dilanjutkan ...

lanjutan...

Jenis formulasi biopestisida setelah difermentasi (Type of biopesticide formulations after fermented) pH 3,5	Dinamika populasi bakteri antagonis pada ... bulan setelah fermentasi (Population dynamics of bacterial antagonists on ... month after fermentation), cfu/ml					
	0 bulan (Month)		1 bulan (Month)		2 Bulan (Months)	
Ktng + Gp + BP	B: 7x10 ⁵	P: 5x10 ⁵	B: 7x10 ⁸	P: 9x10 ⁹	B: 2x10 ⁸	P: 5x10 ⁹
Ktng + Mol + BP	B: 4x10 ⁵	P: 7x10 ⁵	B: 6x10 ⁷	P: 7x10 ⁹	B: 3x10 ⁷	P: 4x10 ⁹
Ksc + Gp+ BP	B: 3x10 ⁵	P: 4x10 ⁵	B: 9x10 ⁸	P: 7x10 ⁸	B: 7x10 ⁸	P: 5x10 ⁸
Ksc + Mol+ BP	B: 9x10 ⁵	P: 7x10 ⁵	B: 7X10 ¹¹	P: 9x10 ⁷	B: 6X10 ¹¹	P: 5x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BP	B: 7x10 ⁵	P: 4x10 ⁵	B: 5x10 ⁹	P: 9x10 ⁷	B: 6x10 ⁹	P: 7x10 ⁷
Ktng + Ksc + Mol+ BP	B: 9x10 ⁵	P: 3x10 ⁵	B: 9x10 ⁵	P: 8x10 ⁷	B: 8x10 ⁵	P: 7x10 ⁷
Ktng + Gp + BPC	B: 7x10 ⁵	C: 5x10 ⁵	B: 5x10 ⁷	C: 7x10 ⁸	B: 3x10 ⁷	C: 9x10 ⁸
Ktng + Mol + BPC	B: 3x10 ⁵	C: 7x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 9x10 ⁸	B: 7x10 ⁷	C: 5x10 ⁸
Ksc + Gp+ BPC	B: 5x10 ⁵	C: 9x10 ⁵	B: 7x10 ⁸	C: 8x10 ⁹	B: 8x10 ⁸	C: 3x10 ⁹
Ksc + Mol+ BPC	B: 4x10 ⁵	C: 5x10 ⁵	B: 7x10 ⁷	C: 7x10 ⁷	B: 6x10 ⁷	C: 5x10 ⁷
Ktng + Ksc + Gp+ BPC	B: 5x10 ⁵	C: 6x10 ⁵	B: 6x10 ⁷	C: 7x10 ⁸	B: 5x10 ⁷	C: 4x10 ⁸
Ktng + Ksc + Mol+ BPC	B: 8x10 ⁵	C: 7x10 ⁵	B: 9x10 ⁷	C: 8x10 ⁹	B: 2x10 ⁷	C: 7x10 ⁹

B = *B. subtilis*

C = *Corynebacterium* sp.

P = *P. fluorescens*

Ekstrak kentang merupakan salah satu bahan media biakan dan kaya nutrisi yang dibutuhkan mikroba (bakteri dan cendawan) untuk hidup. Selain itu penambahan gula pasir dalam formulasi biopestisida dimaksudkan sebagai sumber bahan makanan tambahan lainnya dalam bentuk glukosa bagi *Bacillus*, *P. floescens*, dan *Corynebacterium* sp..

Kascing (vermi kompos) ialah kotoran cacing yang berperan sebagai pupuk organik hasil sekresi cacing dari jenis *Lumbricus rubellus*. Sebagian besar bahan organik yang dicerna oleh cacing tersebut dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk nutrisi yang mudah dimanfaatkan oleh tanaman dan mikroba. Kascing merupakan bahan yang telah terseleksi dan mengalami pengayaan selama proses dalam usus cacing tanah, sehingga memiliki keunggulan tersendiri dibanding dengan bahan aslinya (Nusantara et al. 2007).

Pengaruh Komposisi Formulasi dan Konsentrasi Biopestisida Berbahan Aktif *B. subtilis*, *P. fluorescens*, dan *Corynebacterium* sp. terhadap PKPKr

Pengaruh komposisi formulasi biopestisida terhadap *P. horiana* pada krisan

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan gabungan antara ekstrak kentang dan kascing

ditambah gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium*, merupakan formulasi biopestisida yang paling efektif mengendalikan *P. horiana* pada krisan, walaupun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya termasuk ekstrak kentang atau kascing secara tunggal yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium*. Hal tersebut ditunjukkan dengan intensitas serangan *P. horiana* yang paling rendah (18,89%).

Penelitian terhadap tanah-tanah bera bekas tambang di Ohio, Amerika Serikat menunjukkan bahwa, penggunaan kascing dapat meningkatkan kadar P dan K tersedia bagi tanaman masing-masing yaitu 16,5 dan 19% (Khairuman dan Amri 2009). Selain itu, kascing mengandung hormon auksin, sitokinin, dan giberelin, serta memiliki kapasitas tukar kation, mampu menyimpan air, dan mengandung populasi jasad hidup yang tinggi (Aira et al. 2006).

Ekstrak kentang mengandung ekstrak mineral juga mengandung pati (amilum) yang merupakan bentuk dari polisakarida sebagai bahan makanan tambahan bakteri antagonis. Dengan adanya unsur-unsur tersebut, tanaman menjadi sehat sehingga dapat menangkal serangan organisme

pengganggu tanaman (OPT) termasuk di dalamnya *P. horiana* pada krisan. Serangan *P. horiana* pada tanaman yang mendapat perlakuan tersebut, cenderung lebih rendah bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Luas areal di bawah kurva perkembangan penyakit dan laju infeksi *P. horiana*

Pengaruh perlakuan gabungan antara ekstrak kascing yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium*, tampak konstans terlihat pada setiap pengamatan mulai sampai dengan 27 HSA (Gambar 1).

Pada Gambar 1 terlihat bahwa perlakuan kascing yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium* selalu menunjukkan *slope* yang paling rendah pada setiap pengamatan ketiga sampai dengan 27 HSA.

Tinggi rendahnya angka luas areal di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC) menunjukkan efektivitas suatu perlakuan dalam menekan patogen. Apabila angka AUDPC semakin rendah, maka perlakuan tersebut semakin efektif dalam mengendalikan patogen. Perlakuan yang menunjukkan *slope* yang paling rendah menunjukkan angka AUDPC yang paling rendah pula, yaitu perlakuan ekstrak kascing

yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium* dan AUDPC 373,29 dengan laju infeksi ($r = 0,15$ unit/hari (Tabel 5).

AUDPC terendah kedua dan ketiga berturut-turut ditunjukkan oleh ekstrak kentang dan gabungan antara ekstrak kascing dan kentang yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium* dengan AUDPC dan laju infeksi masing-masing ialah 379,98, dan 0,15, serta 408,33, dan 0,11 unit/hari.

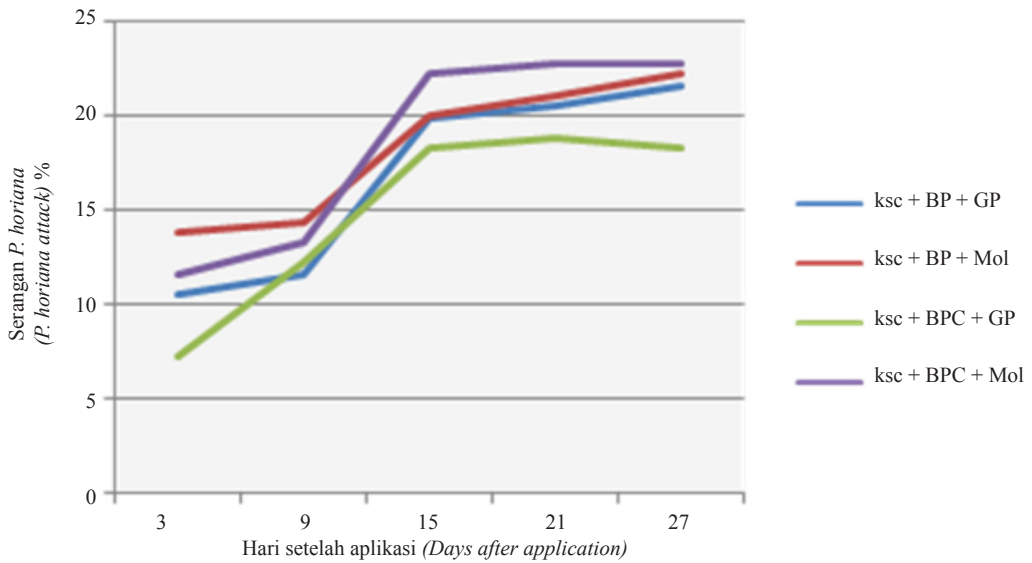
Berdasarkan kriteria Semangoen (1989) hampir semua perlakuan menunjukkan laju infeksi yang cepat karena nilai $r \geq 0,11$ unit/hari, kecuali perlakuan ksc + BP + molase ($r = 0,08$) dan kntg + ksc + BP + molase ($r = 0,10$) unit/hari menunjukkan laju infeksi yang lambat.

Pengaruh komposisi formulasi dan konsentrasi biopestisida terhadap *P. horiana* pada krisan

Hasil perhitungan statistik menunjukkan bahwa intensitas serangan *P. horiana* nyata ditentukan oleh pengaruh perlakuan komposisi biopestisida. Dari Tabel 6 diketahui bahwa, intensitas serangan *P. horiana* pada perlakuan ekstrak kascing atau kentang secara tunggal ditambah gula pasir, isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan *P. fluorescens* pada level konsentrasi 0,3% masing-masing tidak berbeda nyata dan paling rendah 13,33%.

Tabel 4. Pengaruh komposisi formulasi biopestisida terhadap intensitas serangan *P. horiana* (Effects of biopesticide formulations against *P. horiana* diseases intensity)

Bahan aktif (Active ingredient)	Pengaruh komposisi formulasi biopestisida terhadap intensitas serangan <i>P. horiana</i> (Effects of biopesticide formulations against <i>P. horiana</i> diseases intensity) %
BP + gula pasir + ekstrak kentang	21,66 a
BP+ molase + ekstrak kentang	22,78 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang	20,00 a
BPC + molase + ekstrak kentang	20,56 a
BP + gula pasir + ekstrak kascing	21,66 a
BP+ molase + ekstrak kascing	21,67 a
BPC + gula pasir + ekstrak kascing	20,00 a
BPC + molase + ekstrak kascing	22,78 a
BP + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	21,94 a
BP+ molase + ekstrak kentang dan kascing	23,33 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	18,89 a
BPC + molase + ekstrak kentang dan kascing	22,78 a



Gambar 1. Perkembangan intensitas serangan *P. horiana* dengan perlakuan ekstrak kascing ditambah gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *P. fluorescens*, serta *Corynebacterium* (*Development of *P. horiana* diseases intensity with extracts of vermicompost, by adding with sugar, *B. subtilis*, *P. fluorescens*, and *Corynebacterium* isolates*)

Namun intensitas serangan *P. horiana* perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (ekstrak kascing atau kentang secara tunggal dan gabungannya yang ditambah dengan gula pasir atau molase, isolat *B. subtilis*, dan *P. fluorescens* pada level konsentrasi 0,1 dan 0,5%).

Hal ini berarti perlakuan ekstrak kascing atau kentang secara tunggal yang ditambah dengan gula pasir, isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan *P. fluorescens* pada level konsentrasi 0,3% efektif mengendalikan *P. horiana* pada krisan. Signifikansi pengaruh kedua perlakuan tersebut tampak tidak berubah terlihat pada setiap pengamatan mulai 3 sampai dengan 27 HSA (Tabel 7).

Pada pengamatan 3 HSA, perlakuan gabungan antara ekstrak kentang dan kascing yang ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan Pf pada level konsentrasi 0,3% (kntg+ksc+Gp+BPC kons 0,3%), menunjukkan intensitas serangan yang paling rendah (13,33%) dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan kntg+Gp+BPC 0,1%, kntg+Gp+BPC 0,3%, Ksc+Gp+BPC 0,1%, ksc+Gp+BPC 0,3%, kntg+mol+BPC 0,1%, kntg+ksc+mol+BPC 0,1%, dan perlakuan kntg+mol+BPC 0,3%, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 5. Luas areal di bawah kurva perkembangan penyakit dan laju infeksi *P. horiana* pada 12 perlakuan jenis komposisi biopestisida (*Area under diseases progress curve and infection rate for the mean of 12 composition of biopesticides formulations*)

Jenis formulasi (Kind of formulations)	AUD-PC	Laju infeksi (Infection rate unit/hari) (Unit/day)
Kntg + BP + gula pasir	386,67	0,18
Kntg + BP+ molase	431,70	0,11
Kntg + BPC + gula pasir	379,98	0,13
Kntg + BPC + molase	395,07	0,14
Ksc + BP + gula pasir	410,04	0,12
Ksc + BP+ molase	441,64	0,08
Ksc + BPC + gula pasir	373,29	0,15
Ksc + BPC + molase	453,33	0,11
Kntg + ksc + BP + gula pasir	436,65	0,17
Kntg + ksc + BP+ molase	478,29	0,10
Kntg + ksc + BPC + gula pasir	408,33	0,11
Kntg + ksc + BPC + molase	421,62	0,14

Pada pengamatan 9-15 HSA, perlakuan ekstrak kascing atau kentang secara tunggal ditambah dengan gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan *P. fluorescens* (Ksc + Gp

+ BPC atau Ktng + Gp + BPC), keduanya pada level konsentrasi 0,3% sama-sama menunjukkan intensitas serangan yang paling rendah (13,33%) dibanding kontrol. Selain itu, kedua perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan ekstrak kascing ditambah gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan *P. fluorescens* pada konsentrasi 0,1% (Ksc + Gp + BPC kons 0,1% IS = 18,33%), ekstrak kascing ditambah gula pasir, isolat *B. subtilis*, dan *P. fluorescens* pada konsentrasi 0,3% (Ksc + Gp + BP kons 0,3%) dan Azoksistrobin konsentrasi 0,1% (pembanding).

Pada pengamatan 21-27 HSA kedua perlakuan tersebut masih menunjukkan yang paling efektif menekan *P. horiana* pada krisan. Persentase penekanan perlakuan tersebut dibanding kontrol dan fungisida kimiawi (Azoksistrobin), masing-masing 38,49 dan 33,35%. Di samping itu, kedua perlakuan ini pun diduga dapat mengendalikan *P. horiana* secara kuratif. Hal tersebut ditunjukkan dengan menurunnya intensitas serangan dari 15,00% pada 21 HSA menjadi 13,33% pada 27 HSA. Penurunan intensitas serangan diduga pula disebabkan oleh gugurnya daun terinfeksi, sehingga pada pengamatan berikutnya daun yang terinfeksi pada pengamatan sebelumnya tidak tercatat.

Apabila digabungkan antara komposisi formulasi dan konsentrasi (Tabel 6), maka perlakuan ekstrak kascing atau kentang secara

tunggal ditambah gula pasir dan isolat *B. subtilis*, *Corynebacterium*, dan *P. fluorescens* (Ksc + Gp + BPC atau ktng + Gp + BPC), keduanya pada level konsentrasi 0,3% merupakan komposisi formulasi dan konsentrasi terbaik untuk mengendalikan *P. horiana* pada krisan. Pada komposisi dan konsentrasi tersebut, ketiga isolat bakteri antagonis mendapatkan energi dan lingkungan yang kondusif untuk berkembang, sehingga dalam keadaan optimum untuk menekan *P. horiana*. Adapun mekanisme penekan ketiga isolat bakteri tersebut terhadap *P. horiana* ialah kolonisasi dan antibiosis.

Kolonisasi *B. subtilis* telah terbukti efektif pada penyakit karat tanaman buncis (*Uromyces phaseoli typica* Art.). Adapun mekanisme kolonisasi tersebut ialah karena bahan eksudat terdiri atas asam amino, asam organik, vitamin, alkaloid, substansi fenolik, dan unsur anorganik seperti kalium, kalsium, magnesium, dan mangan dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga kesempatan teiospora patogen memanfaatkan eksudat tersebut untuk perkecambahan, infeksi, dan perkembangannya menjadi berkurang (Baker *et al.* 1985).

Berbagai jenis antibiotik diproduksi oleh *P. fluorescens* seperti pyoluteorin, oomycin, phenazine -1-carboxylic acid atau 2,4-diphloroglucinol. Produksi antibiotik ini telah dibuktikan sebagai

Tabel 6. Pengaruh formulasi biopestisida dan konsentrasinya terhadap intensitas serangan *P. horiana* pada 27 HSA (Effects of biopesticide formulation and its concentrations against *P. horiana* diseases intensity on 27 DAA)

Bahan aktif (Active ingredient)	Formulasi biopestisida pada konsentrasi (Biopesticide formulations at concentration.....)		
	0,1	0,3	0,5
%.....		
BP + gula pasir + ekstrak kentang	20,00 a	21,67 a	23,33 a
BP+ molase + ekstrak kentang	23,33 a	21 ,67 a	23,33 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang	23,33 a	13,33 b	23,33 a
BPC + molase + ekstrak kentang	21,67 a	20,00 a	20,00 a
BP + gula pasir + ekstrak kascing	18,33 a	23,33 a	23,33 a
BP+ molase + ekstrak kascing	23,33 a	20,00 a	21,67 a
BPC + gula pasir + ekstrak kascing	23,33 a	13,33 b	23,33 a
BPC + molase + ekstrak kascing	20,00 a	23,33 a	25,00 a
BP + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	25,50 a	20,00 a	23,33 a
BP+ molase + ekstrak kentang dan kascing	28,33 a	16,67 a	25,00 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	21,67 a	20,00 a	15,00 b
BPC + molase + ekstrak kentang dan kascing	21,67 a	18,33 a	28,33 a

Tabel 7. Pengaruh konsentrasi biopestisida terhadap intensitas serangan *P. horiana* pada krisan di lapangan (*Effects of biopesticide concentration against intensity of *P. horiana* on chrysanthemum*)

Jenis dan konsentrasi formulasi (<i>Kind and concentration formulations</i>)	Rerata intensitas serangan <i>P. horiana</i> (<i>Average of diseases intensity of <i>P. horiana</i></i>) HSA (DAA)					Penekanan dibanding (<i>Suppression compared with...</i>), %	
	3	9	15	21	27	Kontrol (<i>Control</i>)	Azoksis- trobin
%.....						
Ktng + Ksc + Mol+ BP 0,1%	16,67 b	16,67 b	26,67 a	26,67 a	28,33 a	-	-
Ktng + Ksc + Mol+ BP 0,3%	11,67 b	11,67 b	18,33 b	18,33 b	16,67 b	-	-
Ktng + Ksc + Mol+ BP 0,5%	10,00 b	16,67 b	25,00 a	25,00 a	25,00 a	-	-
Ktng + Gp + BCP 0,1%	6,67 c	11,67 b	20,00 a	23,33 a	23,33 a	-	-
Ktng + Gp + BCP 0,3%	8,33 c	5,00 c	15,00 b	15,00 b	13,33 b	38,49	33,35
Ktng + Gp + BPC 0,5%	11,67 b	11,67 b	21,67 a	23,33 a	23,33 a	-	-
Ksc + Gp + BPC 0,1%	6,67 c	11,67 b	20,00 a	23,33 a	23,33 a	-	-
Ksc + Gp + BPC 0,3%	8,33 c	5,00 c	15,00 b	15,00 b	13,33 b	38,49	33,35
Ksc + Gp + BPC 0,5%	11,67 b	11,67 b	21,67 a	23,33 a	23,33 a	-	-
Ktng + Mol + BPC 0,1%	8,33 c	13,33 b	21,67 a	21,67 a	21,67 a	-	-
Ktng + Mol + BPC 0,3%	5,00 c	5,00 c	18,33 b	21,67 a	20,00 a	-	-
Ktng + Mol + BPC 0,5%	13,33 b	16,67 b	16,67 b	18,33 b	20,00 a	-	-
Ksc + Mol+ BPC 0,1%	10,00 b	10,00 b	20,00 a	21,67 a	20,00 a	-	-
Ksc + Mol+ BPC 0,3%	13,33 b	16,67 b	23,33 a	23,33 a	23,33 a	-	-
Ksc + Mol+ BPC 0,5%	11,67 b	13,33 b	23,33 a	23,33 a	25,00 a	-	-
Ktng + Ksc + Gp+ BPC 0,1%	15,00 b	13,33 b	23,33 a	21,67 a	21,67 a	-	-
Ktng + Ksc + Gp+ BPC 0,3%	3,33 c	10,00 b	20,00 a	20,00 a	20,00 a	-	-
Ktng + Ksc + Gp+ BPC 0,5%	10,00 b	15,00 b	20,00 a	18,33 b	15,00 b	30,78	25,00
Ktng + Ksc + Mol+ BCP 0,1%	8,33 c	8,33 c	21,67 a	21,67 a	21,67 a	-	-
Ktng + Ksc + Mol+ BCP 0,3%	11,67 b	11,67 b	21,67 a	20,00 a	18,33 b	15,41	8,35
Ktng + Ksc + Mol+ BCP 0,5%	10,00 b	8,33 c	23,33 a	25,00 a	28,33 a	-	-
Azoksis-trobin 0,1%	13,33 b	15,00 b	20,00 a	23,33 a	20,00 a	-	-
Kontrol (Air ledeng)	6,67 c	8,33 c	18,33 b	20,00 a	21,67 a	-	-

- = Penekanan <8,35%

faktor utama penghambatan perkembangan populasi dan penyakit yang ditimbulkan oleh *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Gurusidaiah et al. 1986, Thomashow dan Weller 1988), *Thielaiopsis basicola* (Keel et al. 1992), *R. solanacearum* (Mulya 1997, Hartman et al. 1993), *R. solanacearum* dan *Plasmodiophora barassicae* (Hanudin dan Marwoto 2003), *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* (Hanudin 2007a). *Xanthomonas campestris* pv. *dieffenbachiae* (Hanudin 2007b), *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Teliz dan Brukholder 1960).

Di samping menekan perkembangan populasi dan aktivitas patogen tanaman, *P. fluorescens*

dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit. Mulya et al. (1996) menemukan bahwa *P. fluorescens* strain G32R dapat menginduksi aktivitas enzim fenil alanin amoliase, enzim yang terlibat dalam ekspresi ketahanan tanaman tembakau.

Pengaruh Formulasi dan Konsentrasi Biopestisida terhadap Hasil Panen Bunga Krisan Laik Jual

Pengaruh komposisi formulasi biopestisida terhadap hasil panen bunga krisan laik jual

Berdasarkan kriteria PT Alinda mengenai bunga laik jual, yaitu tangkai bunga lurus dengan

panjang berkisar antara 65-75 cm, bunga mulus dan kompak berdiameter minimal 7 cm, daun lengkap dengan kandungan karat maksimal 1% (Gambar 2a dan 2b).

Pada Tabel 8 ditampilkan bahwa rerata persentase bunga krisan yang memenuhi kriteria bunga laik jual bergeser antara 77,92 dan 85,48%. Hasil panen bunga tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan ekstrak kascing ditambah gula pasir dan difermentasikan dalam suspensi *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* (85,48%), dan terendah ditunjukkan oleh perlakuan gabungan antara ekstrak kascing dan kentang ditambah molase dan difermentasikan dalam suspensi *B. subtilis* + *P. fluorescens* (77,92%), walaupun di antara perlakuan tersebut tidak berbeda nyata.

Pengaruh komposisi formulasi biopestisida dan konsentrasinya terhadap hasil panen bunga krisan laik jual

Pada Tabel 9 tampak bahwa selama pertumbuhan tanaman krisan telah dilakukan panen dengan frekuensi sebanyak empat kali, yaitu pada saat tanaman berumur 97, 101, 103, dan 108 HST. Hasil panen bunga tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan gabungan antara ekstrak kascing ditambah gula pasir dan difermentasikan dalam suspensi *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* pada level konsentrasi

0,3% (89,91%). Persentase peningkatan hasil panen perlakuan tersebut terhadap kontrol dan azoksistrobin, masing-masing 14,58 dan 5,27%. Hal ini berarti perlakuan tersebut dapat mempertahankan hasil panen sebanyak 14,58%. Sejalan dengan hal tersebut Djatnika dan Iskandar (1998) melaporkan bahwa aplikasi *P. fluorescens* dapat mengendalikan patogen tular tanah hingga 73,3% serta mempertahankan hasil panen hortikultura sampai di atas 40%.

Hasil panen tertinggi kedua dan ketiga, masing-masing ditunjukkan oleh perlakuan ekstrak kascing secara tunggal dan gabungan antara ekstrak kentang dan kascing ditambah gula putih yang difermentasikan dalam suspensi *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* pada level konsentrasi 0,3% (88,89 dan 87,75%). Apabila dihubungkan antara pengaruh komposisi formulasi dan konsentrasi biopestisida terhadap intensitas serangan *P. horiana* (Tabel 7) dan hasil panen bunga laik jual (Tabel 9), maka perlakuan ekstrak kas-cing + gula pasir + *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* pada level konsentrasi 0,3%, merupakan perlakuan terbaik. Hal ini disebabkan oleh perlakuan tersebut selain dapat menekan intensitas serangan *P. horiana* juga dapat meningkatkan hasil panen bunga krisan laik jual.



Gambar 2a. Ukuran dan kondisi bunga krisan laik jual sesuai kriteria PT. Alinda (*Chrysanthemum flower size and conditions according to PT Alinda criteria*)



Gambar 2b. Panjang tangkai bunga dan kondisi daun krisan laik jual sesuai kriteria PT. Alinda (*Chrysanthemum flower stalk and leaves conditions according to PT Alinda criteria*)

Tabel 8. Pengaruh komposisi formulasi biopestisida terhadap hasil panen bunga krisan laik jual (*Effects of biopesticide formulation against percentage yield of marketable chrysanthemum flower*)

Komposisi formulasi biopestisida (<i>Composition of biopesticide formulation</i>)	Hasil panen laik jual (<i>Yield of marketable</i>), %
BP + gula pasir + ekstrak kentang	81,71 a
BP+ molase + ekstrak kentang	80,33 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang	83,79 a
BPC + molase + ekstrak kentang	82,64 a
BP + gula pasir + ekstrak kascing	84,03 a
BP+ molase + ekstrak kascing	82,38 a
BPC + gula pasir + ekstrak kascing	85,48 a
BPC + molase + ekstrak kascing	80,68 a
BP + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	81,33 a
BP+ molase + ekstrak kentang dan kascing	77,92 a
BPC + gula pasir + ekstrak kentang dan kascing	84,52 a
BPC + molase + ekstrak kentang dan kascing	78,93 a

Tabel 9. Pengaruh formulasi biopestisida dan konsentrasinya terhadap persentase peningkatan hasil panen bunga krisan laik jual (*Effects of biopesticide formulation and its concentrations against increasing marketable yield of chrysanthemum flower*)

Jenis dan konsentrasi formulasi (<i>Kind and concentration formulations</i>)	Rerata hasil panen bunga krisan laik jual pada umur (<i>Average of yield observation at ...</i>) HST (DAP)				Total hasil panen (<i>Harvest total</i>)	Peningkatan dibanding ... (<i>Increasing compared with...</i>) %	
	97	101	103	108		Kontrol (<i>Control</i>)	Azoksis-trobin
%.....						
Ktng + ksc + mol+ BP 0,1%	11,81 a	14,30 a	18,06 a	28,47 a	72,64 a	-	-
Ktng + ksc + mol+ BP 0,3%	13,89 a	23,61 a	22,91 a	22,22 a	82,63 a	5,30	-
Ktng + ksc + mol+ BP 0,5%	11,11 a	23,61 a	24,31 a	19,45 a	78,48 a	0,13	-
Ktng + Gp + BPC 0,1%	19,44 a	19,44 a	18,06 a	27,08 a	84,02 a	7,07	-
Ktng + Gp + BPC 0,3%	20,14 a	20,83 a	23,61 a	20,14 a	84,72 a	7,96	-
Ktng + Gp + BPC 0,5%	15,97 a	21,53 a	18,06 a	27,08 a	82,64 a	5,31	-
Ksc + Gp + BPC 0,1%	14,58 a	22,92 a	15,97 a	28,47 a	82,84 a	5,57	-
Ksc + Gp + BPC 0,3%	20,14 a	19,08 a	17,36 a	33,33 a	89,91 a	14,58	5,27
Ksc + Gp + BPC 0,5%	12,50 a	27,08 a	26,75 a	17,36 a	83,69 a	6,65	-
Ktng + mol + BPC 0,1%	13,89 a	25,00 a	17,36 a	25,00 a	81,25 a	3,54	-
Ktng + mol + BPC 0,3%	12,50 a	24,31 a	22,22 a	24,31 a	83,34 a	6,21	-
Ktng + mol + BPC 0,5%	10,42 a	23,61 a	25,00 a	24,30 a	83,33 a	6,19	-
Ksc + mol+ BPC 0,1%	13,89 a	21,23 a	19,44 a	28,47 a	83,03 a	5,81	-
Ksc + mol+ BPC 0,3%	12,50 a	22,92 a	21,53 a	22,22 a	79,17 a	0,89	-
Ksc + mol+ BPC 0,5%	11,11 a	22,91 a	20,83 a	25,00 a	79,85 a	1,76	-
Ktng + ksc + Gp+ BPC 0,1%	14,97 a	21,23 a	20,14 a	24,30 a	80,65 a	2,78	-
Ktng + ksc + Gp+ BPC 0,3%	14,58 a	22,92 a	22,22 a	25,69 a	85,41 a	8,84	-
Ktng + ksc + Gp+ BPC 0,5%	11,81 a	21,53 a	25,00 a	29,17 a	87,51 a	11,52	2,46
Ktng + ksc + mol+ BPC 0,1%	10,42 a	20,14 a	22,22 a	25,70 a	78,48 a	0,01	-
Ktng + Ksc + Mol+ BPC 0,3%	9,72 a	25,69 a	25,69 a	22,22 a	83,32 a	6,18	-
Ktng + Ksc + Mol+ BPC 0,5%	14,58 a	21,53 a	22,22 a	16,67 a	75,00 a	-	-
Azoksis-trobin. 0,1%	13,19 a	24,31 a	22,22 a	25,69 a	85,41 a	8,84	-
Kontrol (air Ledeng)	13,19 a	20,14 a	18,75 a	26,39 a	78,47 a	-	-

- = Tidak dapat meningkatkan hasil panen (*Not increased harvest yield*)

KESIMPULAN

1. Populasi bahan aktif (bakteri antagonis) setelah dilakukan proses fermentasi selama 3 minggu, meningkat dibandingkan sebelum fermentasi. Populasi awal sebelum fermentasi bakteri antagonis rerata 10^6 meningkat menjadi 10^{7-9} cfu/ml pada 1 bulan setelah fermentasi. Populasi ketiga agens biokontrol tersebut setelah 2 bulan disimpan cenderung stabil berkisar antara 10^{6-11} cfu/ml.
2. Komposisi formulasi biopestisida ekstrak kascing + gula pasir + *B. subtilis* + *P. fluorescens* + *Corynebacterium* pada level konsentrasi 0,3%, merupakan perlakuan terbaik. Perlakuan tersebut selain dapat menekan intensitas serangan *P. horiana* sebanyak 38,49%, juga dapat mempertahankan hasil panen bunga krisan laik jual sebanyak 14,58%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Dirjen Dikti melalui Badan Litbang Pertanian, Puslitbang Hortikultura, dan Balai Penelitian Tanaman Hias yang telah membiayai, memberikan saran, kritik dalam perencanaan dan pelaksanaan penelitian. Penulis mengucapkan terima kasih juga kepada Sdr. Endang Sutarya, Dede Surachman, Muhidin, Dadang Kusnandar, Ade Sulaeman, Iskandar Sanusie, dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian dan pelaporan ini.

PUSTAKA

1. Aira, M., F. Monroy, and J. Dominguez. 2006. Changes in Microbial Biomass and Microbial Activity of Pig Slurry After the Transit Through the Gut of The Earthworm *Eudrilus Eugeniae* (Kinberg, 1867). *Biol Fertil Soil*. 42:371-376.
2. Baker, C.J., R.J. Stavely, and N. Mock. 1985. Biocontrol of Bean Rust by *Bacillus subtilis* under Field Conditions. *Plant. Dis.* 69:770-772.
3. Balai Besar Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman. 2007. Perbanyak *Corynebacterium* dalam Teknologi Pengendalian OPT Ramah Lingkungan. *Leaflet*, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan. Penas ke XII, Banyuasin – Sumatera Selatan, 2 – 12 Juli 2007.

4. Bonde, M.R., G.L. Peterson, S.A. Rizvi, and J.L. Smilanick. 1995. Myclobutanil as A Curative Agent for Chrysanthemum White Rust. *Plant Dis.* 79:500-505.
5. Burges, H. D. and K. A. Jones. 1998. Introduction. In Burges, H.D. (Ed.). *Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial Microorganisms, Nematodes, and Seed Treatments*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands. 1-127.
6. Djatnika, I. 1993. Pengaruh Penghalang Fisik terhadap Intensitas Serangan Penyakit Karat pada Tanaman Krisan. *Bul. Penel. Tan Hias* 1(1): 67-72.
7. _____, Maryam ABN, dan Samijan 1994. Pengaruh Penyiangan dan Aplikasi Fungisida Cu dan Ni terhadap Intensitas Penyakit Karat dan Populasi Kutu Daun. *Bul. Penel. Tan. Hias* 2(2):51-59.
8. _____ dan C. Iskandar. 1998. Pengendalian Hayati pada Krisan dengan *Pseudomonas fluorescens* Strain MR96. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Fitopat. Ind. Komda Jateng dan DIY Yogyakarta*. Hlm 26-30.
9. Dickens, J. S. W. 1990. Studies on the Chemicals Control of Chrysanthemum White Rust Caused by *Puccinia horiana*. *Plant Pathol.* 39:434-442.
10. _____. 1991. Evaluation of Some Newer Fungicides, Incomparision with Propiconazole, Against Chrysanthemum White Rust (*Puccinia horiana*). Test of Agrochemicals and Cultivars 12 (1991). *Ann. Appl. Biol. (Suppl)* 118:32-33.
11. Ellis, D. 2007. New Pest Concern in New England. Chrysanthemum White Rust. Integrated Pest Management, Univ. Connecticut. <http://www.hort.uconn.edu/lpm/general/biocontrol/chryswhterust.htm>. [17 Mei 2010].
12. Exley, P. J., R. J. Giles, I. G. Pascoe, and G. L. Guy. 1993. The Impact and Control of White Rust of Chrysanthemums in Australia. *Abstr. Int. Congr. Plant Pathol.*, 6th. 76:136.
13. Gurusidaiah, S., D. M. Weller, A. Sarkar, and R. J. Cook. 1986. Characterization of Antibiotic Produced by Strain of *Pseudomonas fluorescens* Inhibitory to *Gaeumannomyces graminis* var *tritici* and *Phythium* spp. *Antimicrob. Agent and Chemoter*. 29:488-495.
14. Hanudin dan B. Marwoto. 2003. Pengendalian Penyakit Layu Bakteri dan Akar Gada pada Tomat dan Caisim Menggunakan *Pseudomonas fluorescens*. *J. Hort.* (13):58-66.
15. _____. 2007a. Kemangkusan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* dalam Formula Cair untuk Pengendalian *Fusarium oxysporum* f.sp *dianthi* pada Tanaman Anyelir. *J. Hort. (Eds. Khusus)*. 1:61-71.
16. _____. 2007b. Pengaruh pH dan Formula Cair Biopestisida *Pseudomonas fluorescens* terhadap Kemangkusannya serta Viabilitas *Xanthomonas campestris* pv. *dieffenbachiae* pada Anthurium. *J. Hort. (Eds. Khusus)*. 1:72-78.
17. _____, W. Nuryani dan K. Budiarto. 2008. Effectiveness of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* in Liquid Formulation to Control Important Diseases on Chrysanthemum and Chinese Cabbage. *Universitas Brawijaya. J. Ilmu Pert. Agrivita*. 30(3):255-262.

18. Hartman, G. L., W. F. Hong, Hanudin, and A.C. Hayward. 1993. Potential of Biological and Chemical Control of Bacterial Wilt. In Hartman, G. L., and Hayward, A.C. (Eds.). Bacterial Wilt. *Proceeding of an International Conference Aciar Proceeding*. No. 45: 322 – 326.
19. Hsu, S.T., C.C. Chen, H.Y. Liu, and K.C. Tzeng. 1994. Colonization of Roots and Kontrol of Bacterial Wilt of Tomato by *Pseudomonas fluorescens*. In Hartman, G. L., and A.C. Hayward. (Eds.). *Bacterial Wilt. Proceeding Of an International Conference Aciar*. 45:305-311.
20. Jeger, M. J., and S.L.H.Viljanen-Rollinson. 2001. The Use of The Area Under Disease-Progress Curve (AUDPC) to Assess Quantitative Disease Resistance in Cropcultivars. *Theor Appl Genet*. 102:32- 40.
21. Khairuman dan K. Amri. 2009. Mengeruk Untung dari Beternak Cacing. [Http://www.agromedia.net](http://www.agromedia.net). [27 Agustus 2010].
22. Keel, C., U. Schneider, M. Maurhoper, C. Voisard, J. Laville, U. Burger, P. Wirthner, D. Haas, and G. Defago. 1992. Suppression of Root Disease by *Pseudomonas fluorescens* CHO: Importance of Bacterial Secondary Metabolite 2,4 – diacetylphloroglucinol. *Plant-Microbe Interact*. 5:4-13.
23. Mulya, K., Y. Takikawa, and S. Tsuyumu. 1996. The Presence of Homologous to Hrp Cluster in *Pseudomonas fluorescens* PfG32R. *Ann. Phytopathol. Soc. Japan*. 62(4):355-359.
24. _____. 1997. Penekanan Perkembangan Penyakit Layu Bakteri Tomat oleh *Pseudomonas fluorescens*. *J. Hort*. 7(2):685-691.
25. Nusantara, A. D., I. Mansyur, C. Kusmana, L. K. Darusman, dan Soedarmadi. 2007. Peran Substrat Alami, Kadar Air, dan Sterilisasi dalam Produksi Spora Melalui Simbiosis *Pueraria javanica* dan *Glomus etunicatum*. *J. Akta Agrosia*. Eds Khusus (2):204–212.
26. Orlikowski, L. B., and A. Wojdyla. 1981. Chemicals Control of Chrysanthemum White Rust. *Acta Hortic*. 125:201-206.
27. Paa, A. S. 1998. Formulation of Beneficial Organisms Applied to Soil. In Burges, H. D. (Ed.). *Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial Microorganisms, Nematodes, and Seed Treatments*. Kluwer Academic Publishes, Dordrecht, Netherlands. 235-254.
28. Rismansyah, E.A. 2010. Biofungisida untuk Mengendalikan Penyakit Tanaman. <http://erlanarismansyah.wordpress.com/2010/04/17/biofungisida>. [20/04/2010].
29. Sanjaya, L. 1994. Pengaruh Penambahan Penyinaran dengan Lampu TL dan Pijar terhadap Pertumbuhan dan Pembungaan Krisan Pot. *Bul. Pen. Tan. Hias* 2(2):61-70.
30. Semangoen, H. 1989. Ekologi Patogen Tropika dan Pemanfaatannya dalam Pengendalian Penyakit Tumbuhan. *Prosiding Seminar Nasional X Perhimpunan Fitopatol Ind*. Denpasar Bali. Hlm. 1-18.
31. Suhardi. 2009. Sumber Inokulum, Respons Varietas, dan Efektivitas Fungisida terhadap Penyakit Karat Putih pada Tanaman Krisan. *J. Hort*. 19 (2):207-209.
32. Suryana, A dan Cahyono, D. 2008. Teknologi Pembuatan Pupuk dan Biopestisida Organik. Diklat Peningkatan Kompetensi Pegawai dan Guru Bidang Keahlian Pertanian Organik. Departemen Bioteknologi dan Lingkungan. Departemen Pendidikan Nasional, 21-29 Juli 2008, 37 Hlm.
33. Sutater, T. 1992. Dosis Pupuk N dan K pada Tanaman Krisan. *J. Hort*. 2(2):59-62.
34. Teliz, O.M. and W.H. Brukholder. 1960. A Strain of *Pseudomonas fluorescens* Antagonistics to *Pseudomonas phaseicola* and Other Bacterial Plant Pathogen. *Phytopatol*. 50:119-123.
35. Thomashow, L.S and D.M. Weller. 1988. Role of Penazine Antibiotic from *Pseudomonas fluorescens* in Biological Control of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *J. Bacteriol*. 170:3499-3508.