

Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Viabilitas *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Dalam Beberapa Pembawa

Effect of Storage Temperature on Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. Viability on Several Carriers

Sri-Sukamto¹⁾ dan Kelik Yuliantoro²⁾

Ringkasan

Salah satu jenis jamur entomopatogen yang banyak diteliti dan memiliki potensi sebagai mikoinsektisida adalah *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Untuk mendukung keefektifan dan patogenesitas *B. bassiana*, diperlukan penambahan bahan pembawa (*carrier*) yang berfungsi untuk melindungi spora dari sinar ultra violet matahari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu penyimpanan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* dalam bahan pembawa. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tanaman Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial, tiga kali ulangan. Faktor pertama berupa macam pembawa (C) : C₁=tepung beras; C₂=tepung maizena; C₃=tepung tapioka. Faktor kedua dosis (D) : D₁= 1 g *B. bassiana* + 1 g pembawa; D₂= 1 g *B. bassiana* + 5 g pembawa; D₃= 1 g *B. bassiana* + 10 g pembawa. Faktor ketiga suhu penyimpanan (T): T₁= 5°C; T₂= 23°C; T₃= 29°C. Data hasil pengamatan dianalisis varians dan uji jarak berganda DMRT 5%. Viabilitas spora jamur *B. bassiana* diamati dengan melihat perkembangan 100 blastospora yang ditentukan secara acak di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali. Pengamatan dilakukan secara duplo setelah spora *B. bassiana* kering disimpan berturut-turut 2, 4, 8 dan 16 minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tepung tapioka sebanyak 1 g dan suhu penyimpanan 5°C, mempunyai potensi yang baik dalam mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana* sekurang-kurangnya sampai dua bulan penyimpanan. Hal tersebut disebabkan oleh kemampuan daya simpan tepung tapioka yang lebih baik daripada tepung beras dan maizena serta didukung oleh suhu rendah yang sesuai untuk mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana*. Terjadi penurunan viabilitas spora kering *B. bassiana* lebih cepat, seiring dengan semakin meningkatnya dosis pembawa, suhu dan lama penyimpanan. Penyimpanan pada suhu 5°C menunjukkan kemampuan mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana* kering murni lebih lama daripada kondisi suhu 23°C dan suhu 29°C.

1) Peneliti (*Researcher*); Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. P.B. Sudirman 90, Jember 68118, Indonesia.

2) Alumni (*Graduate*); Universitas Jember, Jl. Kalimantan III/123, Jember 68121, Indonesia.

Summary

One of the entomopathogenic fungus types commonly observed and showed potency as myco-insecticide is Beauveria bassiana (Bals.) Vuill. In order to support effectiveness and pathogenic activity of B. bassiana, it is necessary to add a carrying agent that protects its spores from ultra violet ray. This study aims to investigate the effect of storage temperature on viability of B. bassiana spores on the carrier material. The observation was carried out in the Laboratory of Plant Diseases, Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute. The research was arranged in completely randomized design by three factors. The first factor was carrier (C), that consists of C₁= rice flour, C₂= maize flour and C₃= tapioca flour. The second factor was dosage (D), that consists of D₁= 1 g B. bassiana + 1 g carrier; D₂= 1 g B. bassiana + 5 g carrier and D₃= 1 g B. bassiana + 10 g carrier. The third factor was temperature of the storage (T), that consists of T₁ = 5°C; T₂ = 23°C and T₃ = 29°C. Viability of B. bassiana spores was examined by observing development of 100 blastopores randomly and determined under light microscope with 400 times magnification. Observation was conducted in two replicates after the spores of B. bassiana were kept in the storage for 2, 4, 8 and 16 weeks. The result showed that by adding 1 g tapioca flour and temperature of storage of 5°C was potential in keeping viability of B. bassiana spores at least for 2 months. It was due to that tapioca flour gave better effect than rice and maize flours in keeping the storage and appropriate low temperature. Viability of B. bassiana spores decreased with increasing carrier dosage, temperature and duration of the storage. Whereas, storage at 5°C

was found to be a better condition in keeping viability of dry pure B. bassiana spores longer than conditions of 23°C and 29°C.

Key word: *Beauveria bassiana*, temperature, viability, carrier.

PENDAHULUAN

Peluang penggunaan agens hayati pada saat ini semakin meningkat sehubungan dengan semakin meningkatnya kesadaran masyarakat akan kelestarian lingkungan. Pengendalian hama secara hayati berkembang dengan adanya faktor pendorong seperti semakin tingginya harga pestisida dan

dampak negatif penggunaan pestisida kimia sintetik. Sebagai gantinya, saat ini mulai tersedia agens pengendalian hayati serta teknologi pengembangbiakannya (Sulistiyowati & Junianto, 2000).

Pengendalian hayati adalah pemanfaatan musuh alami untuk mengendalikan populasi hama, sebagai salah satu komponen utama di dalam sistem Pengendalian Hama Terpadu (Oka, 1995). Jenis musuh alami yang dapat menekan populasi hama terdiri atas berbagai macam golongan yaitu predator, parasitoid dan patogen (Untung, 1996). Salah satu jenis entomopatogen yang banyak diteliti dan memiliki potensi sebagai mikoinsektisida adalah *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill (Junianto & Sri-Sukamto, 1995). Menurut

Sudarmadji & Gunawan (1994), peluang pemanfaatan *B. bassiana* didukung oleh beberapa hal antara lain aplikasi yang aman bagi hewan, manusia dan lingkungan, pembiakan massal jamur mudah dilakukan.

B. bassiana merupakan jamur yang mempunyai prospek baik untuk pengendalian banyak serangga hama (Jauharlina, 1999). Jamur ini sudah digunakan secara luas di Indonesia, khususnya untuk mengendalikan hama penghisap buah kakao (*Helopeltis* spp.) (Sudarmadji & Gunawan *cit.* Junianto & Sulistyowati, 2000), penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*) (Junianto & Sulistyowati, 2000) dan penggerek batang kakao (*Zeuzera coffeae*) (Utomo *et al. cit.* Junianto & Sulistyowati, 2000).

Keberhasilan *B. bassiana* di lapangan masih belum konsisten. Beberapa faktor penyebabnya adalah viabilitas dan virulensi (Sudarmadji & Gunawan, 1994; Junianto *et al.*, 2000), kondisi lingkungan (Inglis *et al.*, 1997) dan formulasi (Knudsen *et al. cit.* Junianto *et al.*, 2000). Untuk menjaga viabilitas maupun virulensinya, spora jamur *B. bassiana* dapat diawetkan dengan cara pengeringan karena pada kadar air rendah aktivitas metabolismenya kecil. Simpodulospora *B. bassiana* yang dikering-anginkan masih dapat bertahan hidup sampai 2 tahun bila disimpan pada suhu 5°C, sedangkan spora yang tidak diawetkan hanya berumur beberapa minggu (Bustamante, *cit.* Junianto & Sulistyowati, 2000).

Untuk mendukung keefektifan dan patogenesitas *B. bassiana* di lapangan, perlu dilakukan penambahan bahan pembawa

(*carrier*). Junianto & Sulistyowati (2000) melaporkan bahwa bahan tepung jagung merupakan pembawa yang efektif bagi spora *B. bassiana*. Tepung ini ukurannya secara fisik lebih besar daripada spora *B. bassiana*, sehingga dapat berfungsi melindungi spora dari sinar UV. Penambahan bahan pembawa berupa bahan perata-perekat dan tepung kanji juga diketahui mempunyai potensi baik dalam meningkatkan patogenesitas *B. bassiana* terhadap ulat *Plutella xylostella* (Wulandari, 2003).

Persyaratan bahwa suatu patogen berhasil baik untuk digunakan sebagai agens pengendalian hayati yaitu apabila viabilitasnya tetap terpelihara tinggi. Penyimpanan spora *B. bassiana* yang telah melalui proses pengeringan akan mampu mempertahankan viabilitasnya dalam waktu yang lama. Spora *B. bassiana* yang diaplikasikan di lapangan sering mengalami penurunan efektivitas. Faktor kesesuaian kondisi penyimpanan spora kering *B. bassiana* dan peran pembawa dalam aplikasinya di lapangan akan mendukung upaya pengembangan potensi jamur entomopatogen *B. bassiana* sebagai bio-insektisida. Sampai saat ini belum diketahui daya hidup spora *B. bassiana* yang telah bercampur dengan bahan pembawa pada berbagai kondisi suhu dan penyimpanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui suhu penyimpanan yang mampu menjaga viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah ditambah pembawa. Di samping itu juga untuk mengetahui macam dan dosis pembawa yang paling baik bagi *B. bassiana* setelah diperlakukan pada berbagai kondisi suhu dan waktu penyimpanan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Penyakit Tanaman Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Penelitian berlangsung selama empat bulan dari Februari sampai Mei 2004.

Bahan yang digunakan meliputi media PDA (Potato Dekstrosa Agar), tepung beras, tepung maizena, tepung tapioka dan spora kering *B. bassiana* dalam bentuk tepung spora murni.

Penelitian disusun menurut rancangan acak lengkap faktorial dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah macam pembawa (C) : C₁= tepung beras; C₂= tepung maizena; C₃= tepung tapioka. Faktor kedua adalah dosis (D) : D₁= 1 g *B. bassiana* + 1 g pembawa; D₂= 1 g *B. bassiana* + 5 g

Tabel 1. Kombinasi perlakuan

Table 1. Treatment combinations

Kontrol T ₁	Kontrol T ₂	Kontrol T ₃
C ₁ D ₁ T ₁	C ₁ D ₁ T ₂	C ₁ D ₁ T ₃
C ₁ D ₂ T ₁	C ₁ D ₂ T ₂	C ₁ D ₂ T ₃
C ₁ D ₃ T ₁	C ₁ D ₃ T ₂	C ₁ D ₃ T ₃
C ₂ D ₁ T ₁	C ₂ D ₁ T ₂	C ₂ D ₁ T ₃
C ₂ D ₂ T ₁	C ₂ D ₂ T ₂	C ₂ D ₂ T ₃
C ₂ D ₃ T ₁	C ₂ D ₃ T ₂	C ₂ D ₃ T ₃
C ₃ D ₁ T ₁	C ₃ D ₁ T ₂	C ₃ D ₁ T ₃
C ₃ D ₂ T ₁	C ₃ D ₂ T ₂	C ₃ D ₂ T ₃
C ₃ D ₃ T ₁	C ₃ D ₃ T ₂	C ₃ D ₃ T ₃

Catatan (Notes) :

T : Suhu (Temperature) : T₁= 5°C; T₂= 23°C; T₃= 29°C

C : Pembawa (Carrier) :

C₁ = Tepung beras (*Rice flour*);

C₂ = Tepung maizena (*Maezina flour*);

C₃ = Tepung tapioka (*Tapioka flour*).

D : Dosis (Dose) :

D₁ = 1 g spora *B. bassiana* + 1 g pembawa (Carrier);

D₂ = 1 g spora *B. bassiana* + 5 g pembawa (Carrier);

D₃ = 1 g spora *B. bassiana* + 10 g pembawa (Carrier).

pembawa; D₃ = 1 g *B. bassiana* + 10 g pembawa. Faktor ketiga adalah suhu penyimpanan (T): T₁= suhu 5°C (dalam almari es); T₂= suhu 23°C (dalam ruangan dilengkapi AC); T₃= suhu 29°C (dalam ruangan tanpa AC).

Kombinasi antarafaktor perlakuan adalah sebagai berikut :

Pelaksanaan Penelitian

Pencampuran bubuk spora *B. bassiana* dengan bahan pembawa

Penelitian ini mempergunakan bubuk spora kering *B. bassiana* hasil perbanyakan secara massal di Pusat Pengembangan Agens Hayati (Bioinsektisida) *B. bassiana* Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Pemilihan isolat Bb Y-725 sebagai sumber inokulan, dikarenakan dari penelitian sebelumnya telah teruji dengan hasil yang efektif, mampu menghasilkan banyak spora dan virulen terhadap *Helopeltis* spp. dan *Conopomorpha cramerella* (Penggerek buah kakao). Bubuk spora kering *B. bassiana* murni ini, sebelumnya telah diawetkan melalui proses pengering-bekuan dan penyimpanan dalam refrigerator 5°C.

Bahan pembawa tepung beras, tepung maizena dan tepung tapioka, disimpan dalam lemari kedap udara. Bubuk spora kering *B. bassiana* hasil perbanyakan maupun pembawa tepung dalam penentuan komposisi dosisnya, masing-masing diambil dan ditimbang dengan neraca analitik sesuai dengan perlakuan. Campuran tepung spora kering dengan pembawa tepung dikocok

sampai homogen dan sebagai kontrol/ pembandingan digunakan bubuk spora *B. bassiana* kering tanpa penambahan pembawa.

Campuran homogen tadi kemudian dimasukkan dalam suatu kemasan (wadah) kantung plastik yang aseptik non vakum yaitu suatu penutupan bahan dengan kondisi tekanan di dalam dan di luar kemasan sama. Penggunaan wadah ini memegang peranan dalam perlindungan bahan dalam kemasan dari berbagai macam bentuk kemungkinan kerusakan, dimaksudkan dapat melindungi dan mengawetkan bahan sampai penggunaannya untuk selalu dalam keadaan baik (Supardi & Sukanto, 1999).

Penyimpanan kemasan bubuk spora

Kemasan yang masing-masing berisi bubuk spora kering *B. bassiana* murni (tanpa pembawa) dan bubuk spora kering *B. bassiana* yang telah ditambah dengan pembawa sesuai perlakuan, disimpan pada suhu 5°C, 23°C dan 29°C. Perkecambahan spora *B. bassiana* diamati dengan mikroskop cahaya, setelah 2, 4, 8 dan 16 minggu masa penyimpanan.

Uji viabilitas spora *B. bassiana*

Metode *Slide Culture* (Riddel) sering dipakai untuk mengamati struktur morfologi dari jamur (Bibiana, 1994). Pada penelitian ini, metode *Slide Culture* digunakan untuk mengamati daya kecambah spora *B. bassiana*.

Suspensi blastospora *B. bassiana* dibuat

dalam *laminar air flow* dengan cara mengambil sebanyak 1 spatula bubuk spora kering *B. bassiana* murni maupun yang telah ditambah pembawa tepung (setelah melewati masa penyimpanan) sesuai perlakuan, dimasukkan ke dalam larutan tabung perkecambahan yang mengandung larutan 10% (90 ml/air suling + 5 ml/asam laktat dan 5 ml/tween/perata). Setelah itu diberi getaran dengan alat *stearrer* selama 30 detik untuk memisahkan spora yang berkelompok, sehingga dapat diperoleh suspensi yang homogen.

Untuk mengetahui pengaruh suhu penyimpanan terhadap perkecambahan spora *B. bassiana*, dilakukan Metode *Slide Culture*, dengan mengecambahkan spora pada potongan media PDA berbentuk lempengan dengan ukuran luas sekitar 1 cm² dengan ketebalan 1–2 mm. Potongan media ini diletakkan di atas gelas benda. Gelas benda ditempatkan secara berjajar dalam kotak plastik yang sebelumnya telah diberi tissue basah sehingga kelembapan terus terjaga. Di atas media ditetesi 10 µl suspensi spora *B. bassiana* dan selanjutnya diinkubasi dalam kotak plastik bertutup kaca pada suhu kamar selama ± 14 jam. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Setelah diberi setetes larutan pewarna sekaligus pemfiksasi *Cotton Blue Lactophenol* tepat di atas media perkecambahan, kemudian ditutup dengan gelas penutup. Daya kecambah spora *B. bassiana* diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali.

Blastospora *B. bassiana* dinyatakan berkecambah apabila panjang buluh kecambah melebihi diameternya atau lebih dari 3 µm

(English *et al.*, 1997). Daya kecambah ditentukan dari 100 butir blastospora yang ditentukan secara acak. Pengujian daya kecambah dilakukan secara duplo setelah blastospora disimpan berturut-turut selama 2, 4, 8 dan 16 minggu. Blastospora dinyatakan masih viabel jika mempunyai daya kecambah lebih dari 80%. Menurut Susilo *et al. cit.* Suwarso (1997), untuk mengetahui persentase spora yang berkecambah dapat menggunakan rumus :

K = Persentase spora yang berkecambah.

T = Jumlah spora yang berkecambah.

M = Jumlah spora yang tidak berkecambah.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan analisis varians untuk membedakan urutan rerata antara perlakuan dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Macam Pembawa

Dari uji viabilitas, bubuk spora kering *B. bassiana* diketahui mempunyai daya kecambah sebesar 88%. Menurut Junianto & Sulistyowati (2000), spora kering *B. bassiana* dapat dinyatakan mempunyai viabilitas yang tinggi apabila daya kecambah yang dihasilkan lebih dari 80%. Angka ini memenuhi syarat layak sebagai agens pengendali hayati hama di lapangan. Makin

tinggi tingkat viabilitas spora *B. bassiana*, makin besar pula peluang jamur entomopatogen ini untuk mematikan serangga sasaran (Ferron *cit.* Burges, 1981; Sudarmadji & Gunawan, 1994).

Pengaruh interaksi antara macam pembawa dan dosis pembawa terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering pada penyimpanan dua minggu tercantum pada Tabel 2. Persentase perkecambahan pada perlakuan kontrol (bubuk spora kering *B. bassiana* tanpa perlakuan pembawa tepung) diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan bubuk spora kering *B. bassiana* yang telah ditambah dengan pembawa tepung (Gambar 4). Tingginya viabilitas spora *B. bassiana* pada perlakuan kontrol, dikarenakan oleh kondisi penyimpanan yang masih sesuai serta masih pendeknya umur simpan, sehingga dimungkinkan daya hidup belum banyak mengalami penurunan.

Dari hasil perlakuan macam pembawa diketahui bahwa penambahan 1 g pembawa tepung tapioka pada 1 g bubuk spora kering *B. bassiana* memberikan persentase perkecambahan spora paling tinggi, yaitu sebesar 80,89%; sedangkan persentase perkecambahan spora terendah dihasilkan oleh 1 g bubuk spora kering *B. bassiana* yang telah ditambahkan pada pembawa tepung maizena dengan dosis 10 g, yaitu sebesar 71,67% (Gambar 1). Penurunan kualitas spora *B. bassiana* yang disimpan bersama bahan pembawa tepung diakibatkan oleh kerusakan spora.

Pembawa tepung beras dan maizena mengakibatkan penurunan viabilitas yang lebih tinggi daripada pembawa tepung

tapioka. Semakin tinggi dosis pembawa yang diberikan, berakibat menurunkan viabilitas dari spora *B. bassiana*. Tepung beras dan maizena yang mengandung kadar air dan lemak tinggi cenderung menyebabkan daya simpannya tidak bertahan lama. Hal ini berkebalikan dengan tepung tapioka (Winarno *et al.*, 1980). Pada bahan tepung yang mempunyai daya simpan pendek, kerusakan dan kehilangan viabilitas spora *B. bassiana* lebih tinggi. Semakin tinggi dosis bahan pembawa berdaya simpan pendek, kualitas spora *B. bassiana* maupun bahan pembawa semakin turun.

Menurut Winarno *et al.* (1980), pada umumnya keawetan bahan pangan mempunyai hubungan erat dengan kadar air yang dikandungnya. Bahan pangan yang mempunyai kadar air yang rendah, daya simpannya lebih lama dibandingkan dengan bahan yang berkadar air tinggi. Bahan pangan yang mengandung lemak tinggi cenderung mengikat oksigen dari udara. Penyimpanan pada kondisi seperti pencahayaan secara langsung serta keadaan udara yang terlalu

lembab atau kering dalam waktu lama, lambat-laun akan menurunkan kualitas bahan pangan.

Kelebihan yang dimiliki tepung tapioka daripada tepung-tepung yang lain, adalah kaya akan sumber karbohidrat, daya ikat dan rekatnya yang tinggi serta tidak menimbulkan gumpalan dalam media air (Radiyah & Agosto, 1993). Butiran tepung tapioka yang secara fisik ukurannya lebih besar akan lebih sempurna menyelimuti butiran spora *B. bassiana* yang ukurannya lebih kecil dalam suspensi air.

Pengaruh macam pembawa dan suhu penyimpanan

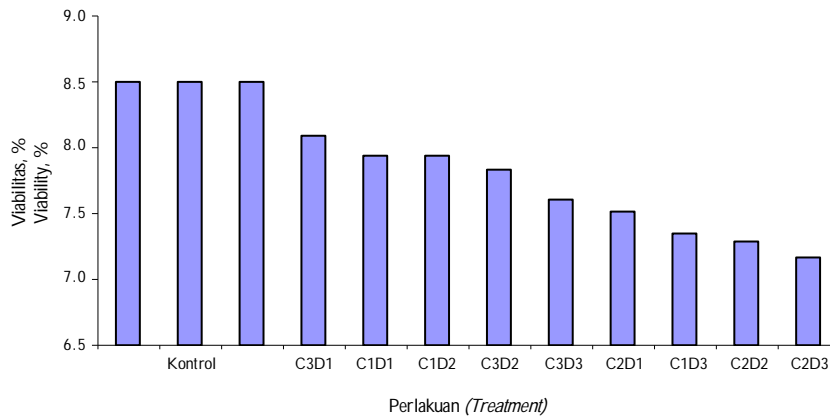
Perkecambahan spora *B. bassiana* dipengaruhi oleh suhu lingkungan (Junianto & Sri-Sukamto, 1995). Pengaruh penambahan macam pembawa dan suhu penyimpanan terhadap viabilitas spora kering *B. bassiana* terlihat pada Tabel 3. Perlakuan kontrol menunjukkan bahwa viabilitas spora kering *B. bassiana* tanpa pembawa dengan

Tabel 2. Pengaruh interaksi macam pembawa dengan dosis pembawa terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 2 minggu penyimpanan

Table 2. Interaction effect of carrier type and their dose on spore *B. bassiana* viability at 2 weeks storing

Perlakuan Treatment	Persentase perkecambahan spora Percentage of spore germinating		
	D ₂ (1 g <i>B. bassiana</i> + 1 g carrier)	D ₂ (1 g <i>B. bassiana</i> + 5 g carrier)	D ₃ (1 g <i>B. bassiana</i> + 10 g carrier)
Kontrol (<i>B. bassiana</i> tanpa pembawa) Control (<i>B. bassiana</i> without carrier)		85.00 a	
C ₁ (Tepung Beras) (<i>Rice flour</i>)	79.44 b	79.44 b	78.56 def
C ₂ (Tepung Maizena) (<i>Maizina flour</i>)	75.11 de	72.89 ef	71.67 f
C ₃ (Tepung Tapioka) (<i>Tapioca flour</i>)	80.89 b	78.33 bc	76.11 cd

Keterangan : Data yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%. (Data followed by the same letter were not significantly different at 5% level according to DMRT).



Catatan (Notes) : Kode perlakuan sama dengan Tabel 1 (*Treatment codes similar with Table 1*).

Gambar 1. Pengaruh interaksi macam pembawa dengan dosis pembawa terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 2 minggu penyimpanan).

Figure 1. Interaction between carrier type and carrier dose on *B. bassiana* spore viability after 2 weeks storing.

penyimpanan pada suhu 5°C paling tinggi dibandingkan cara penyimpanan lainnya (suhu 23°C dan suhu 29°C). Hal ini diperkuat oleh pernyataan Junianto *et al.* (2000), bahwa suhu 5°C dapat mempertahankan daya kecambah spora *B. bassiana* paling tinggi dan lama daripada suhu penyimpanan lainnya.

Spora kering *B. bassiana* yang disimpan pada suhu 5°C lebih lambat mengalami kematian daripada penyimpanan pada suhu 23–29°C (Smith & Onions *cit.* Junianto *et al.*, 2000). Pada suhu 5°C, metabolisme sel berlangsung minimum atau terhenti sama sekali, akibatnya akan menyebabkan kadar air spora kering *B. bassiana* tetap rendah sehingga viabilitas sporanya tetap stabil.

Kondisi ruangan seperti halnya ruangan ber-AC dengan suhu 23°C dan ruangan

tanpa AC dengan suhu 29°C, merupakan keadaan yang kurang menguntungkan bagi stabilitas hidup spora kering *B. bassiana* selama dalam penyimpanan. Kondisi tersebut mengekspos banyak cahaya dan oksigen, sehingga berakibat kematian pada sel spora kering *B. bassiana* secara cepat. Junianto *et al.* (2000) melaporkan bahwa udara dan suhu tinggi akan menyebabkan spora cepat mengalami deteriorasi atau kehilangan viabilitasnya.

Hasil pengamatan viabilitas spora *B. bassiana* menunjukkan adanya interaksi antara suhu penyimpanan dengan penambahan pembawa tepung selama penyimpanan dua minggu. Pada perlakuan dengan pembawa diketahui bahwa penyimpanan pada suhu 5°C menunjukkan persentase per-

Tabel 3. Pengaruh interaksi macam pembawa dengan suhu penyimpanan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 2 minggu penyimpanan

Table 3. Interaction effect of carrier type and storage temperature on *B. bassiana* spore viability after 2 weeks storing

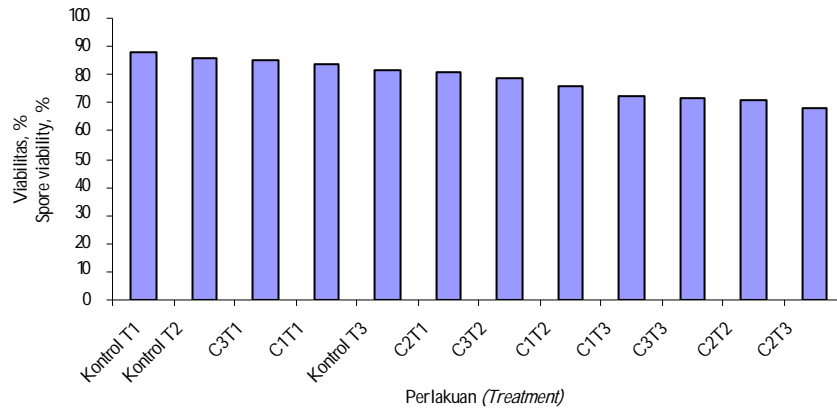
Perlakuan <i>Treatment</i>	Persentase perkecambahan spora <i>B. bassiana</i> kering <i>Percentage of dried spora B. bassiana germination</i>		
	T ₁ (5°C)	T ₂ (23°C)	T ₃ (29°C)
Kontrol (<i>B. bassiana</i> tanpa pembawa) <i>Control (B. bassiana without carrier)</i>	88.00 a	85.67 ab	81.33 cd
C ₁ (Tepung Beras) (<i>Rice flour</i>)	84.00 bc	76.22 f	72.22 g
C ₂ (Tepung Maizena) (<i>Maizina flour</i>)	80.89 de	70.78 g	68.00 h
C ₃ (Tepung Tapioka) (<i>Tapioca flour</i>)	85.11 b	78.44 ef	71.78 g

Keterangan (Notes): Data yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%. (Data followed the same letter were are significantly different at 5% level according DMRT).

kecambahan spora yang lebih tinggi dibandingkan dengan cara penyimpanan pada suhu 23°C dan suhu 29°C (Gambar 2). Penurunan daya kecambah spora *B. bassiana* secara nyata terjadi seiring dengan

peningkatan dosis pembawa, suhu dan umur simpan.

Perlakuan dengan pembawa menunjukkan bahwa penyimpanan bubuk spora *B. bassiana*



Catatan (Notes) : Kode perlakuan sama dengan Tabel 1 (*Treatment codes similar with Table 1*).

Gambar 2. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa dengan suhu penyimpanan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 2 minggu penyimpanan.

Figure 2. Interaction between carrier type and storage temperature on spore *B. bassiana* viability after 2 weeks storing.

kering dengan pembawa tepung tapioka pada suhu 5°C, menghasilkan perkecambahan yang tertinggi, yaitu sebesar 85%; sedangkan daya kecambah paling rendah dihasilkan oleh bubuk spora *B. bassiana* dengan pembawa tepung maizena dengan penyimpanan suhu 29°C, yaitu sebesar 68%. Jadi, pada penyimpanan selama 2 minggu, pembawa spora *B. bassiana* yang baik adalah tepung tapioka dengan dosis sebesar 1 g. Suhu 5°C diketahui efektif untuk mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana*.

Tepung tapioka diketahui sebagai pembawa yang baik bagi spora *B. bassiana* daripada tepung lainnya. Hal ini disebabkan karena tepung tapioka mempunyai ketahanan yang lebih baik daripada tepung beras dan maizena dalam penyimpanan. Menurut Imdad & Nawangsih (1999), mutu tepung tapioka akan mulai menurun setelah disimpan selama tiga bulan, sedangkan tepung beras dan maizena hanya mampu bertahan kurang dari satu bulan.

Penyimpanan 4 Minggu

Pengaruh suhu simpan terhadap viabilitas spora bubuk spora kering *B. bassiana* setelah penambahan pembawa tepung beras, maizena dan tapioka disajikan pada Tabel 4.

Penyimpanan selama empat minggu pada suhu 5°C, *B. bassiana* tanpa pembawa menunjukkan persentase perkecambahan tinggi, yaitu sebesar 87,67%. Penyimpanan pada suhu 5°C, daya hidup spora *B. bassiana* masih tinggi, hal ini terlihat dengan adanya keefektifan jamur ini dalam membentuk buluh kecambah spora. Kondisi suhu simpan 23°C dan 29°C menurunkan daya kecambah

secara nyata, yakni berturut-turut menjadi 76,33% dan 60%.

Jamur *B. bassiana* memerlukan nutrisi dan udara yang steril dalam suatu sistem tertutup yang tidak berhubungan langsung dengan udara bebas. Peningkatan suhu dan lama penyimpanan mempercepat proses penurunan viabilitas spora *B. bassiana*. Oksigen dan udara dapat menyebabkan kematian spora secara cepat. Kadar air spora *B. bassiana* sangat rendah, sehingga bersifat higroskopis, akibatnya spora mudah menyerap udara dan oksigen di sekitarnya (Junianto & Sulistyowati, 2000; Bell & Meller *cit.* Junianto *et al.*, 2000).

Dari hasil pengamatan terlihat bahwa penambahan pembawa tepung pada bubuk spora *B. bassiana* menunjukkan penurunan viabilitas yang bervariasi. Peningkatan dosis pembawa, suhu dan lama penyimpanan mengakibatkan penurunan viabilitas spora *B. bassiana* secara nyata.

Penyimpanan setelah empat minggu, menunjukkan bahwa dari perlakuan C₃D₁T₁ (1 g spora kering *B. bassiana* + 1 g pembawa tepung tapioka dengan penyimpanan di suhu 5°C) menghasilkan daya kecambah spora sebesar 85,33%, sedangkan daya kecambah spora *B. bassiana* yang paling rendah dihasilkan pada perlakuan C₂D₃T₃ (yakni; 1 g spora kering *B. bassiana* + 10 g pembawa tepung maizena dengan penyimpanan di suhu 29°C), sebesar 36,33%.

Pada perlakuan pembawa diketahui bahwa penyimpanan pada suhu 5°C dapat mempertahankan stabilitas spora *B. bassiana*. Berdasarkan dari nilai persentase perkecambahan spora *B. bassiana* yang diperoleh dari setiap penambahan tiga macam

Tabel 4. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 4 minggu penyimpananTable 4. Interaction between carrier type and storage temperature on spore *B. bassiana* viability after 4 weeks storing

Perlakuan <i>Treatment</i>	Persentase perkecambahan spora <i>B. bassiana</i> kering <i>Percentage of dried spore B. bassiana germination</i>		
	T ₁ (5°C)	T ₂ (23°C)	T ₃ (29°C)
Kontrol (<i>B. bassiana</i> tanpa pembawa) <i>Control (B. bassiana without carrier)</i>	87.67 a	76.33 g	60.00 jk
C ₁ (Tepung Beras) <i>Rice flour</i>	D ₁ (1 g Bb + 1 g C) 84.33 c	D ₂ (1 g Bb + 5 g C) 68.33 hi	D ₃ (1 g Bb + 10 g C) 56.00 l
C ₂ (Tepung Maizena) <i>Maizina flour</i>	D ₁ (1 g Bb + 1 g C) 81.00 de	D ₂ (1 g Bb + 5 g C) 79.00 ef	D ₃ (1 g Bb + 10 g C) 55.33 l
C ₃ (Tepung Tapioka) <i>Tapioca flour</i>	D ₁ (1 g Bb + 1 g C) 85.33 ab	D ₂ (1 g Bb + 5 g C) 84.67 bc	D ₃ (1 g Bb + 10 g C) 60.67 de

Keterangan (*Notes*) : Data yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5% (C = Pembawa (*Carrier*); D = Dosis (*Dose*); T = Suhu Simpan (*Storage temperature*); Bb = *B. bassiana*). (*Data followed the same letter were are significantly different at 5% level according DMRT*).

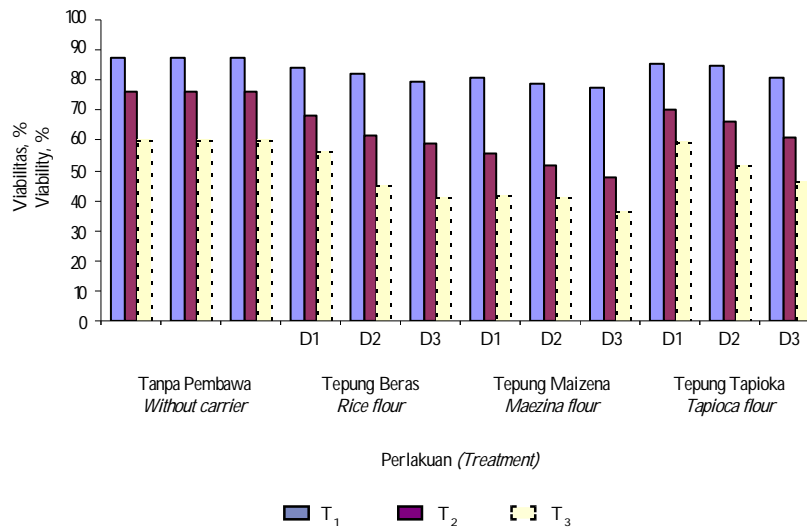
bahan tepung, tepung tapioka diketahui sebagai pembawa yang paling baik dalam menjaga viabilitas spora *B. bassiana* (Gambar 3). Daya hidup spora *B. bassiana* pada pembawa tepung tapioka masih tinggi dan hanya sedikit saja buluh kecambah yang tidak tumbuh.

Perbedaan jenis komoditas dari bahan tepung yang dipergunakan sebagai pembawa, ikut menyebabkan ketahanan masing-masing bahan tersebut dalam penyimpanan juga berbeda. Tepung tapioka diketahui mempunyai tingkat ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung beras dan maizena (Imdad & Nawangsih, 1999). Setelah memasuki empat minggu masa penyimpanan, dimungkinkan mutu tepung beras dan maizena sudah mulai mengalami penurunan sehingga berakibat merusak spora

B. bassiana selama penyimpanan. Penurunan viabilitas lebih nyata terjadi pada penyimpanan pada suhu 23°C dan suhu 29°C .

Penyimpanan 8 minggu

Pengaruh suhu terhadap viabilitas spora *B. bassiana* dalam bahan pembawa tepung pada penyimpanan selama delapan minggu terlihat pada Tabel 5. Pada kontrol diketahui bahwa pada suhu simpan 5°C, masih menunjukkan daya kecambah sebesar 85,67%. Peningkatan suhu simpan sampai 23°C dan suhu 29°C menyebabkan penurunan daya kecambah secara berturut-turut 55,00% dan 52,67%. Kehilangan viabilitas spora *B. bassiana* semakin tinggi terjadi seiring dengan peningkatan suhu dan umur simpan (Junianto & Sulistyowati, 2000).



Catatan (Notes) : Kode perlakuan sama dengan Tabel 1 (Treatment codes similar with Table 1).

Gambar 3. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 4 minggu penyimpanan.

Figure 3. Interaction between carrier type, carrier dose and storing temperature on *B. bassiana* spore viability after 4 weeks storing.

Penyimpanan selama delapan minggu menunjukkan bahwa penurunan viabilitas secara nyata terjadi pada semua perlakuan bubuk spora kering *B. bassiana* yang ditambah pembawa tepung. Makin tinggi suhu simpan, persentase kehilangan viabilitas spora *B. bassiana* dalam pembawa tepung cenderung lebih tinggi. Pada penyimpanan suhu 5°C, penurunan viabilitas spora *B. bassiana* dalam pembawa tepung cenderung lebih rendah. Junianto & Sulistyowati (2000) melaporkan bahwa penyimpanan pada suhu 5°C cukup efektif dalam mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana*.

Pada suhu simpan 5°C, penambahan 1 g dosis pembawa tepung tapioka, dapat

mempertahankan viabilitas spora kering *B. bassiana* tetap tinggi (80,00%). Perlakuan C₂D₃T₃ (1 g pembawa tepung maizena yang ditambahkan pada 10 g bubuk spora kering *B. bassiana* dengan penyimpanan pada suhu 29°C) menyebabkan kehilangan viabilitas sebesar 23,67% (Gambar 4). Kehilangan viabilitas spora *B. bassiana* akan semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya dosis pembawa, suhu dan umur simpan.

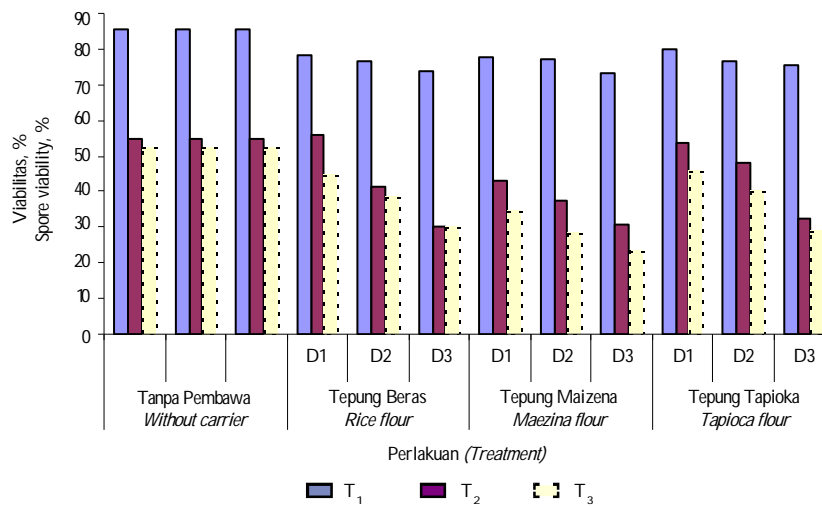
Penyimpanan pada suhu rendah (5°C), diketahui dapat menjaga mutu dan daya tahan bahan tepung (Sumoprastowo, 2000; Winarno, 1993). Daya simpan tepung tapioka lebih baik daripada tepung beras dan maizena, apalagi didukung dengan rendahnya

Tabel 5. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 8 minggu penyimpanan

Table 5. Interaction between carrier type, carrier dose and storing temperature on *B. bassiana* spore viability after 8 weeks storing

Perlakuan Treatment		Persentase perkecambahan spora <i>B. bassiana</i> kering Percentage of dried spore <i>B. bassiana</i> germination		
		T ₁ (5°C)	T ₂ (23°C)	T ₃ (29°C)
Kontrol (<i>B. bassiana</i> tanpa pembawa) Control (<i>B. bassiana</i> without carrier)		85.67 a	55.00 fg	52.67 g
C ₁ (Tepung Beras) Rice flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	78.00 bc	55.67 f	45.00 ij
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	76.33 cd	41.33 kl	38.67 r
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	73.67 e	30.33 qr	30.00 qr
C ₂ (Tepung Maizena) Maezina flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	77.67 bcd	43.00 cd	34.67 o
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	77.00 cd	37.33 n	28.67 s
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	73.00 e	32.67 op	23.67 s
C ₃ (Tepung Tapioka) Tapioca flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	80.00 b	53.67 fg	45.67 i
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	76.67 cd	48.33 h	40.00 lm
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	75.33 de	32.67 op	29.00 qr

Keterangan (Notes) : Data yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%. (Numbers followed the same letter were not significantly different at 5% level according DMRT).



Catatan (Notes) : Kode perlakuan sama dengan Tabel 1 (Treatment codes similar with Table 1).

Gambar 4. Pengaruh Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 8 minggu penyimpanan.

Figure 4. Interaction between carrier type, carrier dose and storing temperature on spore *B. bassiana* viability after 8 weeks storing.

komposisi dosis dan suhu simpan, sehingga menyebabkan proses penurunan viabilitas spora *B. bassiana* dapat dihambat. Tepung tapioka sebanyak 1 g cukup efektif untuk membawa 1 g spora *B. bassiana* dengan penyimpanan pada suhu 5°C.

Bubuk spora kering *B. bassiana* dan bahan tepung, masing-masing bersifat higroskopik. Kandungan air pada kedua bahan tersebut sangatlah rendah, akibatnya cenderung mudah sekali menjadi lembab, terutama bila cara penyimpanannya kurang sesuai (Imdad & Nawangsih, 1999). Dalam penelitian ini, penyimpanan pada suhu 5°C merupakan alternatif penyimpanan yang paling tepat karena kondisi suhu tersebut mampu melindungi bahan kering tepung dan spora *B. bassiana* dari penyerapan uap air dan oksigen.

Penyimpanan pada kondisi yang memungkinkan terjadinya kontak antara bahan simpanan dengan oksigen dalam udara maupun proses difusi uap air dan pengaruh cahaya akan memberi pengaruh pada mutu (keawetan) bahan kering dalam simpanan (Syarif & Irawati, 1986). Hal ini serupa dengan penyimpanan pada suhu 23°C dan suhu 29°C.

Penyerapan uap air oleh bahan tepung dan bubuk spora kering *B. bassiana* menyebabkan butiran bahan-bahan ini saling berlekatan satu dengan yang lain dan akan membentuk agregat (gumpalan) yang lebih besar dan mengelompok (Imdad & Nawangsih, 1999). Hal ini terlihat nyata bila bahan-bahan ini dimasukkan dalam suspensi air. Akibatnya, mudah terjadi kerusakan pada bahan tepung dan aktivitas perkecambahan spora *B. bassiana*

menjadi terhambat, bahkan bisa mengakibatkan kematian.

Penyimpanan 16 minggu

Penyimpanan selama 16 minggu menunjukkan bahwa perlakuan kontrol yang disimpan pada suhu 5°C, viabilitasnya masih tetap tinggi yakni sebesar 86%. Peningkatan suhu penyimpanan menjadi 23°C–29°C menyebabkan penurunan daya kecambah secara nyata berturut-turut menjadi 46,67% dan 34,67% (Gambar 5). Menurut Junianto (2000), spora kering *B. bassiana* yang disimpan dalam refrigerator pada suhu 5°C selama 5 bulan masih mempunyai daya kecambah sekitar 84%. Penurunan viabilitas terus berlangsung seiring dengan peningkatan suhu dan lama penyimpanan (Tabel 6).

Pada perlakuan dengan pembawa, secara keseluruhan viabilitas spora dari *B. bassiana* terlihat terus mengalami penurunan secara drastis, sejalan dengan meningkatnya dosis pembawa, suhu dan lama penyimpanan (Gambar 5). Hasil ini ditunjukkan dengan rata-rata persentase perkecambahan spora *B. bassiana* yang nilainya di bawah angka 80% (Achmadi, 1992).

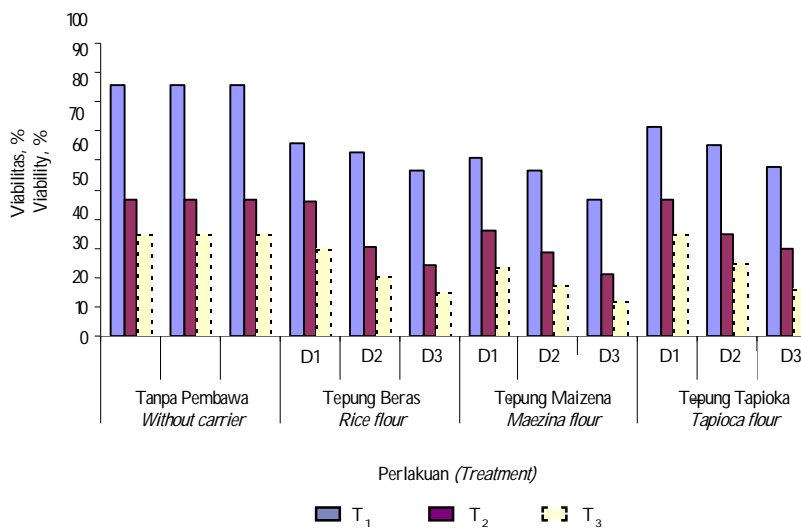
Diketahui bahwa setelah penyimpanan selama 16 minggu, bubuk spora kering *B. bassiana* yang diperlakukan dengan pembawa, daya hidup sporanya sudah mengalami penurunan sehingga tidak memenuhi kriteria dasar sebagai agens pengendalian hayati. Persyaratan bahwa suatu patogen masih baik untuk digunakan sebagai agens pengendalian hayati, yaitu apabila masih mempunyai viabilitas spora yang tetap

Tabel 5. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 16 minggu penyimpanan

Table 5. Interaction between carrier type, carrier dose and storing temperature on *B. bassiana* spore viability after 16 weeks storing

Perlakuan Treatment	Persentase perkecambahan spora <i>B. bassiana</i> kering Percentage of dried spora <i>B. bassiana</i> germination		
	T ₁ (5°C)	T ₂ (23°C)	T ₃ (29°C)
Kontrol (<i>B. bassiana</i> tanpa pembawa) Control (<i>B. bassiana</i> without carrier)	86.00 a	46.67 f	34.67 g
C ₁ (Tepung Beras) Rice flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	65.67 c	46.00 f
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	63.00 cd	30.33 h
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	56.67 e	24.00 i
C ₂ (Tepung Maizena) Maizina flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	61.00 d	36.33 g
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	56.67 e	28.67 h
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	46.67 f	21.33 jk
C ₃ (Tepung Tapioka) Tapioca flour	D ₁ (1 g Bb + 1 g C)	71.33 b	46.67 f
	D ₂ (1 g Bb + 5 g C)	65.33 c	35.00 g
	D ₃ (1 g Bb + 10 g C)	58.00 e	30.00 h

Keterangan (Notes) : Data yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%. Data followed the same letter were not significantly different at 5% level according DMRT.



Catatan (Notes) : Kode perlakuan sama dengan Tabel 1 (Treatment codes similar with Table 1).

Gambar 5. Pengaruh interaksi penambahan macam pembawa, dosis pembawa dan suhu simpan terhadap viabilitas spora *B. bassiana* kering setelah 16 minggu penyimpanan.

Figure 5. Interaction between carrier type, carrier dose and storing temperature on spore *B. bassiana* viability after 16 weeks storing.

terpelihara (Wahyuni, 1996).

Waktu penyimpanan yang lama akan menyebabkan kerusakan bahan yang lebih besar. Hal ini dialami juga oleh bahan tepung yang disimpan bersama dengan bubuk spora kering *B. bassiana*. Udara yang terlalu kering dan lembab serta adanya sinar, merupakan kondisi yang tidak dapat dihindari terutama pada penyimpanan dalam suhu 23°C dan 29°C.

Kerusakan bahan pembawa didukung oleh kondisi tempat penyimpanan yang kurang sesuai, seperti kondisi suhu tinggi 23°C dan 29°C. Viabilitas spora *B. bassiana* dalam pembawa tepung mengalami penurunan yang cukup drastis. Kerusakan paling nyata terjadi pada perlakuan *B. bassiana* dengan pembawa tepung beras dan maizena dan diikuti oleh tepung tapioka. Pada suhu 5°C, ketahanan bahan pembawa tepung sudah mengalami penurunan, viabilitas spora *B. bassiana* terus menurun secara lambat.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Tepung tapioka 1 g sebagai pembawa 1 g spora dan suhu simpan 5°C mempunyai potensi yang baik untuk mempertahankan viabilitas spora *B. bassiana*. Setelah disimpan 16 minggu perkecambahan spora masih 71,33%, sementara kontrol (tanpa pembawa) persentase

perkecambahan spora sebesar 86%.

2. Penurunan viabilitas spora *B. bassiana* dapat terjadi pada penambahan pembawa tepung beras dan maizena sekalipun disimpan dalam suhu simpan 5°C yaitu dengan persentase perkecambahan spora sebesar 65,67% dan 61,00% setelah penyimpanan selama 16 minggu.
3. Semakin banyak pembawa serta semakin meningkat suhu simpan dan lama simpan, penurunan viabilitas spora *B. bassiana* makin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, D.N. (1992). *Perbanyak Cendawan B. bassiana Pada Media Jagung dan Patogenitasnya Terhadap Bubuk Buah Kopi. Skripsi*. Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember, 71–72.
- Bibiana, L. W (1994). *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Burges, H.D. (1981). *Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970–1980*. Academic Press, New York.
- Imdad, H.P. & A.A. Nawangsih (1999). *Menyimpan Bahan Pangan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Inglish, G.D.; M.S. Goettel & D.L. Johnson (1997). Persistence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* on phylloplanes crested wheatgrass and alfafa. *Biological Control*, 3, 258–270.
- Junianto, Y.D. & E. Sulistyowati (2000). Produksi dan aplikasi jamur *B. bassiana*

- (Deuteromycotina, Hypomycetes) untuk pengendalian Penghisap Buah Kakao (*Helopeltis* spp.) dan Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella*). *Pelita Perkebunan*, 15, 1–19.
- Junianto, Y.D. & Sri Sukanto (1995). Pengaruh kelembaban relatif terhadap perkembangan, pertumbuhan dan sporulasi beberapa isolat *Beauveria bassiana*. *Pelita Perkebunan*, 11, 64–74.
- Junianto, Y.D.; H. Semangun; A. Harsojo & E.S. Rahayu (2000). Viabilitas dan virulensi blastospora *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill kering-beku pada beberapa suhu simpan. *Pelita Perkebunan*, 16, 30–39.
- Junianto, Y.D. & H. Semangun (2000). Susu skim dan monododium glutamat sebagai medium pensuspensi dalam pengering-bekuan spora *B. bassiana*. *Pelita Perkebunan*, 16, 100–101.
- Muljohardjo, M. (1983). *Pengolahan Ubi Kayu*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Radiyah, T. & W.M. Agosto (1993). *Teknologi tepat guna: tentang pengolahan Pangan Tepung Tapioka*. IPTEKnet Sentra Informasi IPTEK BPPT, Jakarta.
- Sudarmadji, D. & S. Gunawan (1994). Patogenitas fungi entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap *Helopeltis antonii*. *Menara Perkebunan*, 62, 1–4.
- Sulistiyowati, E. & Y.D. Junianto (2000). *Produksi dan Aplikasi Agens Pengendalian Hayati Hama Utama Kopi dan Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember.
- Sumoprastowo, C.D.A. (2000). *Memilih dan Menyimpan Sayur-Mayur, Buah-Buahan dan Bahan Makanan*. Bumi Aksara, Jakarta.
- Supardi, I. & Sukanto (1999). *Mikrobiologi dalam Pengolahan dan Keamanan Pangan*. Penerbit Alumni. Bandung.
- Suwarso, D.L. (1997). Pertumbuhan jamur entopatogenik (*Beauveria* spp.) pada beberapa macam media buatan. *Laporan Penelitian*. Lembaga Penelitian Universitas Jember.
- Syarif R. & A. Irawati (1988). *Pengetahuan Bahan Untuk Industri Pertanian*. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Untung, K. (1996). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wahyuni, D.A. (1996). *Pemanfaatan B. bassiana (Balsamo) dan M. anisopliae Metch. Terhadap Mortalitas Larva H. armigera (Hubner) Pada Tanaman Kedelai*. Skripsi. Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Winarno, F.G.; S. Fardiaz & D. Fardiaz (1980). *Pengantar Teknologi Pangan*. PT Gramedia, Jakarta.
- Winarno (1992). *Kimia Pangan dan Gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wulandari, A.D. (2003). *Pengaruh Bahan Pembawa Terhadap Efektivitas B. bassiana (Bals.) Vuill. Pada Ulat Kubis Plutella xylostella (L.)*. Skripsi. Program Studi Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
