

Pengaruh Komposisi Media Terhadap Produksi Konidia Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin

IG.A.A. Indrayani dan Heri Prabowo

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat

Jl. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang

E-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 1 Oktober

disetujui: 29 Oktober 2010

ABSTRAK

Penelitian pengaruh komposisi media dan suhu terhadap produksi konidia *Beauveria bassiana* dilaksanakan di Laboratorium Patologi Serangga Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang mulai Mei sampai dengan November 2009. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi media terhadap produksi konidia *B. bassiana*. Perlakuan yang digunakan adalah: (1) beras, (2) jagung, (3) beras+glukosa, (4) beras+yeast, (5) jagung+glukosa, dan (6) jagung+yeast. Setiap perlakuan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam kali ulangan. Parameter yang diamati adalah laju pertumbuhan dan produksi konidia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beras dan jagung berpotensi menjadi media tumbuh yang baik bagi jamur *B. bassiana*. Proses pembentukan konidia sudah dimulai pada 3 minggu setelah inokulasi, lebih cepat dibanding pada media jagung (4,5 minggu). Penambahan yeast lebih nyata meningkatkan produksi konidia *B. bassiana* pada beras maupun jagung dibanding dengan penambahan glukosa. Rata-rata produksi konidia pada komposisi media beras+yeast dapat mencapai $> 4,0 \times 10^9$ konidia/g media dan lebih tinggi dibanding produksi konidia pada media lainnya ($< 3,0 \times 10^9$ konidia/g media).

Kata kunci: *Beauveria bassiana*, konidia, inkubasi

Effects of Medium Composition on Conidia Production of *Beauveria bassiana*

ABSTRACT

Study on the effects of solid medium composition and temperature on conidia production of *B. bassiana* was conducted at Insect Pathology Laboratory of Indonesian Tobacco and Fiber Crops Institute (IToFCRI), Malang from May to November 2009. The objective of the study was to find out the effects of different medium composition. Treatments used were (1) whole rice, (2) broken maize, (3) whole rice+glucose, (4) whole rice+yeast, (5) broken maize+glucose, and (6) broken maize+yeast. Each treatment was arranged in randomized complete design (RCD) with six replications. Parameters observed were growth rate and conidial production of *B. bassiana* at room temperature. Results showed that whole rice and broken maize could be used as solid medium for *B. bassiana*. Conidia production was faster on most of medium based on whole rice than that on broken maize. On whole rice medium conidia of *B. bassiana* were produced about 10 days earlier than that on broken maize. Yeast and glucose addition into medium was able to speed up the fungi growth and to increase conidia production. Addition of yeast potentially increased conidia production compared with other medium with glucose addition. Average production of conidia on whole rice+yeast was more than $4,0 \times 10^9$ conidia/g medium compared with any other medium composition that produced less than $3,0 \times 10^9$ conidia/g medium.

Keywords: *Beauveria bassiana*, conidia, incubation

PENDAHULUAN

JAMUR-JAMUR entomopatogen diketahui sangat potensial mengendalikan serangga ha-

ma secara hayati karena memiliki kisaran inang sangat luas yang berpengaruh terhadap perkembangan epizootik di alam. Salah satu spesies jamur entomopatogen yang berpotensi

si untuk dimanfaatkan dalam pengendalian hama terpadu (PHT) adalah *B. bassiana*. Bioinsektisida berbahan aktif jamur *B. bassiana* sudah banyak digunakan dalam pengendalian berbagai spesies serangga hama (Babu *et al.*, 2001; Sharma, 2004), terutama serangga-serangga artropoda (Leathers *et al.*, 1993; Clarkson dan Charnley, 1996), seperti nyamuk sebagai vektor penyakit dan kutu-kutuan (Kirkland *et al.*, 2004) dan berbagai hama tanaman lainnya (De La Rosa *et al.*, 2000; Brownbridge *et al.*, 2001).

Di Indonesia jamur *B. bassiana* sudah banyak dimanfaatkan dalam pengendalian berbagai spesies serangga hama tanaman, seperti pengendalian hama rayap yang menyerang tanaman kelapa sawit, hama tanaman sengon, *Xystrocera festiva* (Wahyono dan Tarigan, 2007), pengendalian lalat buah tropika (Ihsan dan Octriana, 2009), dan hama trips pada bunga krisan (Silvia-Yusuf *et al.*, 2010). Tetapi *B. bassiana* belum banyak diteliti untuk pengendalian ulat penggerek buah kapas, *H. armigera*. Oleh karena telah diperoleh satu strain virulen (BB 08) untuk *H. armigera* dari hasil uji skrining 10 strain *B. bassiana* pada tahun 2009, maka potensi strain ini diuji lebih lanjut, terutama untuk mengetahui karakter biologi yang berhubungan dengan upaya perbanyakannya.

Salah satu keunikan jamur-jamur entomopatogen adalah memiliki banyak strain dengan virulensi yang berbeda-beda. Setiap strain biasanya sangat spesifik terhadap serangga inang. Menurut Kuswinanti *et al.* (2005), tidak semua strain *B. bassiana* mampu memproduksi *beauvericin*, yaitu toksin yang bersifat insektisidal yang dihasilkan oleh *B. bassiana*. Strain yang virulen menunjukkan bahwa strain tersebut memproduksi *beauvericin*, dan sebaliknya strain yang kurang virulen mungkin saja tidak memproduksi toksin tersebut tetapi menghasilkan metabolit lain yang kemampuan insektisidalnya lebih rendah dibanding *beauvericin*. Hal inilah yang membedakan antar-strain *B. bassiana* yang banyak dikembangkan saat ini untuk mengendalikan berbagai se-

rangga hama. Kuswinanti *et al.* (2005) juga mengungkapkan bahwa terdapat keragaman yang sangat besar pada setiap strain jamur-jamur entomopatogen, termasuk *B. bassiana* berdasarkan hasil uji pola pita protein total dan isoenzim masing-masing strain jamur. Hal ini menyebabkan strain isolat dari daerah yang sama memiliki tingkat kemiripan karakter biologi yang lebih tinggi dibandingkan dengan strain yang berasal dari daerah berbeda. Hal ini yang menyebabkan strain *B. bassiana* yang menginfeksi *H. armigera* perlu diteliti lebih lanjut.

Selain faktor virulensi, media yang sesuai untuk perbanyakannya juga perlu diteliti. Hasil penelitian menunjukkan *B. bassiana* sudah dapat diproduksi menggunakan bahan-bahan organik yang ada di sekitar kita, seperti beras dan jagung (Nelson dan Glare, 1996; Posada-Florez, 2008). Dengan menggunakan kedua media tersebut, selain dapat menghasilkan campuran berupa media dan konidianya, juga dapat memproduksi konidia kering yang lebih mudah disimpan. Sudah banyak bahan-bahan maupun limbah organik yang telah diteliti kesesuaiannya sebagai media tumbuh *B. bassiana*, seperti air cucian beras, air rebusan beras, atau air kelapa sebagai media cair (Sahayaraj dan Namasivayam, 2008). Dibandingkan dengan menggunakan media agar yang mahal, media dari bahan-bahan organik akan sangat potensial meningkatkan efisiensi produksi.

Untuk membiakkan jamur di laboratorium diperlukan media yang mengandung seluruh nutrisi esensial yang dibutuhkan jamur (Rani *et al.*, 2007). Shah *et al.* (2005) mengatakan bahwa sumber nutrisi merupakan faktor penentu pertumbuhan dan virulensi jamur-jamur entomopatogen, karena laju perkecambahan, pertumbuhan, dan sporulasi adalah indikator tingkat virulensi (Altre *et al.*, 1999). Menurut Safavi *et al.* (2007), nutrisi dibutuhkan jamur untuk biosintesa dan pelepasan energi sebagai faktor utama pendukung viabilitas, kemampuan hidup, dan keberlanjutan koloninya. Persyaratan tumbuh suatu jamur

entomopatogen perlu diketahui sebelum melakukan perbanyakan (Sreeramakumar *et al.*, 2002). Selain itu, makroelemen seperti karbon, nitrogen, oksigen, sulfur, dan fosfat merupakan komponen utama nutrisi yang dibutuhkan oleh jamur. Gao *et al.* (2007) dalam studinya mengenai pengaruh perbedaan nutrisi terhadap pertumbuhan dan sporulasi beberapa agensi hayati menyimpulkan bahwa pertumbuhan miselium dan produksi spora pada media buatan tergantung karakter isolat dan kandungan nutrisi dalam media. Oleh karena itu, kandungan nutrisi baik media padat maupun cair sangat menentukan laju pertumbuhan dan virulensi jamur (Adour *et al.*, 2002; Shah dan Tariq, 2005). Beras dan jagung mempunyai kandungan nutrisi cukup tinggi, termasuk bagi jamur-jamur entomopatogen. Hal tersebut menyebabkan beras dan jagung menjadi media alternatif perbanyakan jamur *B. bassiana* (Wahyudi *et al.*, 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi media terhadap pertumbuhan dan produksi konidia *B. bassiana*.

BAHAN DAN METODE

Perbanyakan Inokulum *B. bassiana*

Isolat BB 08 merupakan strain yang paling virulen dari 10 strain yang diskriminasi virulensinya pada ulat *H. armigera* instar II. Jamur ini kemudian diinokulasikan ulang pada ulat penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera*. Hasil uji patogenisitas menunjukkan strain ini menyebabkan mortalitas ulat *H. armigera* sekitar 90%. Selanjutnya jamur ini diperbanyak pada media Sabouraud Dextrose Agar (SDA)+*yeast* untuk produksi konidia sebagai bahan perlakuan.

Uji Laju Pertumbuhan dan Produksi Konidia *B. bassiana*

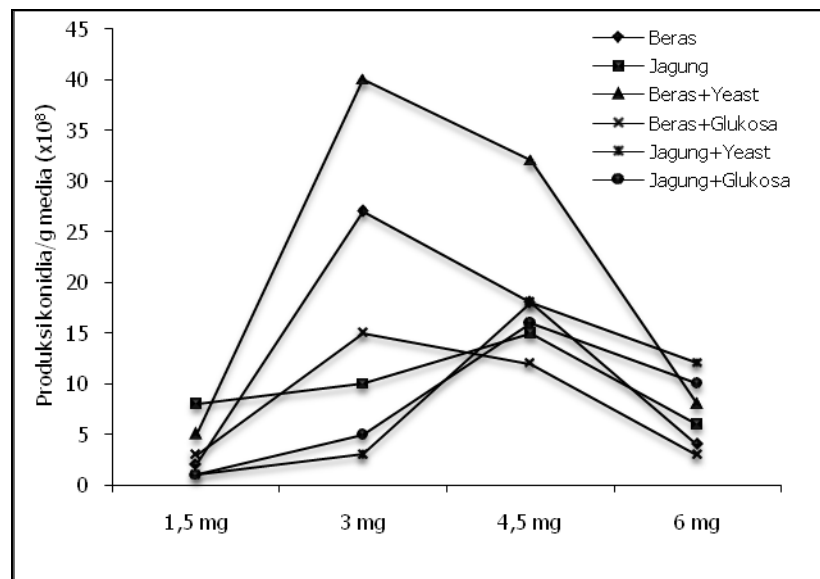
Penelitian ini menggunakan beras dan jagung sebagai media standar yang ditambahkan dua jenis aditif sebagai sumber nutrisi (*yeast* dan glukosa), dengan perlakuan seba-

gai berikut: (1) beras, (2) jagung, (3) beras+*yeast*, (4) beras+glukosa, (5) jagung+*yeast*, dan (6) jagung+glukosa. Setiap perlakuan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan enam kali ulangan. Sebanyak 500 g beras dan 500 g jagung direndam dalam akuades selama 30 menit dan 24 jam masing-masing untuk beras dan jagung yang tujuannya untuk melunakkan tekstur media. Setelah direndam, beras, dan jagung dibagi menjadi 10 bungkus masing-masing 50 g dan ke dalam setiap bungkus ditambahkan 5 ml larutan glukosa atau *yeast*, disesuaikan dengan komposisi perlakuan, kecuali yang tanpa glukosa maupun *yeast*. Setelah diaduk-aduk supaya rata dan didiamkan selama ± 15 menit media kemudian disterilisasi pada suhu 121°C selama ± 15 menit dengan menggunakan autoklaf. Setelah dingin media diremas-remas tanpa mengeluarkannya dari dalam plastik pembungkus dan diinokulasikan 1 ml suspensi inokulum *B. bassiana* yang setara dengan konsentrasi 10^6 konidia/ml. Media diinkubasikan selama 6 minggu pada suhu ruang (27–30°C). Parameter yang diamati adalah laju pertumbuhan *B. bassiana* dan produksi konidia dihitung dengan menggunakan Hemocytometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Laju Pertumbuhan Jamur *B. bassiana*

Secara umum pertumbuhan jamur pada semua media sudah dimulai dalam 7 hari setelah inokulasi dan sekitar 1,5 minggu setelah inokulasi (msi) konidia (sporulasi) sudah mulai dihasilkan (Gambar 1). Terlihat ada keseragaman waktu dimulainya pertumbuhan jamur hingga proses sporulasi pada semua media yang digunakan, sehingga pada 1,5 minggu sudah diproduksi konidia. Tetapi pada minggu berikutnya (3 minggu) mulai terlihat perbedaan kecepatan tumbuh *B. bassiana* pada masing-masing media yang digunakan. Pada 3 msi produksi konidia pada semua media berbahan beras lebih tinggi ($0,5\text{--}4,0 \times 10^9$ konidia/g) dibanding pada media berbahan jagung ($0,8\text{--}3,0 \times 10^9$ konidia/g). Hal ini menunjukkan



Gambar 1. Tren pertumbuhan konidia *B. bassiana* pada berbagai komposisi media tumbuh yang berbeda selama 6 minggu masa inkubasi

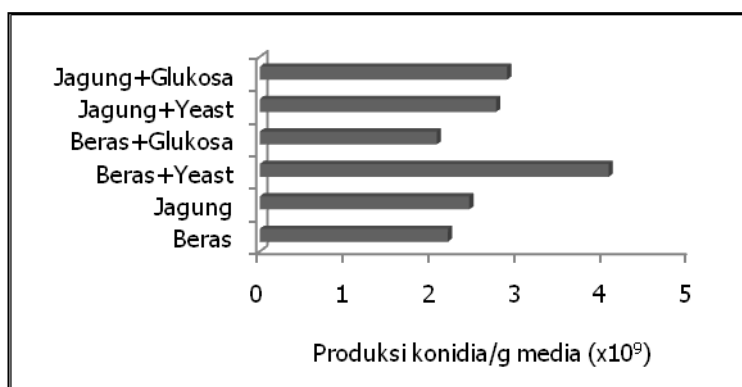
bahwa *B. bassiana* lebih cepat tumbuh pada media beras dibanding pada media jagung. Hasil penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa penggunaan media beras dengan masa inkubasi selama 2 minggu dapat memproduksi konidia sekitar $7,8 \times 10^9$ – 1×10^{10} konidia/g media (Posada-Florez, 2008).

Tetapi pada 4,5 minggu produksi konidia pada media beras mulai mengalami penurunan hingga terendah pada 6 minggu. Sebaliknya produksi konidia pada media jagung baru mengalami peningkatan cukup signifikan pada 4,5 minggu, namun kemudian menurun pada 6 minggu. Perbedaan laju pertumbuhan *B. bassiana* pada media berbahan dasar beras dan jagung kemungkinan ada kaitannya dengan perbedaan tekstur kedua bahan. Meskipun keduanya mendapatkan perlakuan perendaman sebelum dimasak (sterilisasi), tetapi tekstur jagung tetap lebih keras dibanding dengan tekstur beras. Hal ini menyebabkan miselium jamur lebih lambat mengurai media sebagai sumber nutrisi. Dengan demikian, pertumbuhan optimal *B. bassiana* lebih cepat dicapai pada media beras dibanding pada media jagung. Selain itu, pertumbuhan miselium jamur *B. bas-*

siana pada beras lebih kompak dan merata ke seluruh bagian biji beras, sedangkan pada jagung, miselium hanya tumbuh pada permukaan saja sehingga proses sporulasi lebih lambat.

Produksi Konidia *B. bassiana*

Secara umum penambahan nutrisi berupa *yeast* dan glukosa pada media beras dan jagung secara nyata berpengaruh terhadap rata-rata produksi konidia *B. bassiana* (Gambar 2). Rata-rata produksi konidia per gram media pada komposisi beras+*yeast* lebih tinggi ($> 4,0 \times 10^9$ konidia/g media) dibanding komposisi media lainnya ($< 3,0 \times 10^9$ konidia/g media). Hal ini menunjukkan bahwa *yeast* dan glukosa efektif meningkatkan laju sporulasi jamur. Meskipun kebutuhan nutrisi lengkap setiap spesies jamur relatif berbeda, tetapi sumber energi utama yang dibutuhkan hampir sama, yaitu karbon dan nitrogen yang berpengaruh terhadap viabilitas, virulensi, dan patogenisitas (Safavi *et al.*, 2007). Penambahan *yeast* pada media beras sangat potensial meningkatkan produksi konidia, terutama jika dibandingkan dengan penggunaan beras atau



Gambar 2. Rata-rata produksi konidia *B. bassiana* pada berbagai komposisi media

jagung saja. Hasil penelitian terdahulu juga membuktikan bahwa *yeast* lebih efektif memacu produksi konidia *B. bassiana* pada media beras dibanding pada media jagung. Produksi konidia pada media beras+1% *yeast* mencapai $8,4 \times 10^8$ konidia/g media, lebih tinggi dibanding produksi pada media jagung+1% *yeast*, yaitu $6,76 \times 10^8$ konidia/g (Bharati *et al.*, 2007).

Media tumbuh dengan kandungan nutrisi optimal sangat penting untuk keberlangsungan hidup sebagian besar mikroorganisme, khususnya jamur (Altomare *et al.*, 1999). *B. bassiana* dapat tumbuh secara optimal pada media agar+*yeast* (Knudsen *et al.*, 1991; Bextine dan Thorvilson, 2002). *Yeast* di dalam media tumbuh merupakan sumber nitrogen yang sangat diperlukan oleh sebagian besar jamur entomopatogen untuk mempertinggi laju pertumbuhan konidia dan proses sporulasi, meningkatkan viabilitas konidia, serta meningkatkan virulensi dan patogenisitas pada hama sasaran (Bormes *et al.*, 1989). Selain itu, penggunaan *yeast* juga terbukti dapat memacu laju perkecambahan konidia beberapa isolat *B. bassiana* dan juga sebagai sumber nitrogen potensial dalam meningkatkan daya tumbuh miselium (Mustafa dan Kaur, 2009). Hasil penelitian lain yang juga menggunakan beras dan jagung sebagai media tumbuh *B. bassiana* menunjukkan bahwa produksi konidia lebih tinggi pada media beras ($3,45 \times 10^8$ konidia/ml) dibanding pada media jagung ($2,2 \times 10^8$ konidia/ml) (Jagadeesh-Babu *et al.*, 2008). Demi-

kian pula hasil penelitian lainnya yang menunjukkan bahwa produksi konidia *B. bassiana* pada media beras mencapai $2,8 \times 10^8$ konidia/ml dan pada jagung $1,96 \times 10^8$ konidia/ml (Hasyim *et al.*, 2007).

Menurut Engelkes *et al.* (1997), sebagian besar jamur membutuhkan oksigen, air, sumber karbon, nitrogen organik, dan anorganik serta sejumlah mineral untuk pertumbuhan dan daya infeksi (patogenisitas). Meskipun beras dan jagung juga termasuk sumber karbon, tetapi kadar karbon yang terdapat dalam beras maupun jagung kemungkinan belum memenuhi kebutuhan karbon optimal sebagai sumber nutrisi bagi jamur *B. bassiana*. Carlile dan Watkinson (1994) menyatakan bahwa penggunaan karbon pada setiap jamur selain ditentukan oleh ketersediaan gula di dalam media tumbuhnya, juga ditentukan oleh struktur dan susunan gula, dan juga enzim yang diproduksi oleh jamur tersebut. Oleh karena itu, untuk mencukupi kebutuhan nutrisi setiap jamur diperlukan tambahan karbon yang bersumber dari gula (glukosa). Namun demikian, Lilly dan Barnett (1951, dalam Rayati *et al.*, 2001) berpendapat bahwa meskipun glukosa sering menjadi sumber utama karbon bagi pertumbuhan jamur, tetapi penggunaannya tidak selalu menyebabkan peningkatan yang nyata pada pertumbuhan jamur. Hal tersebut terlihat pada Gambar 2, yaitu media beras maupun jagung yang diberikan tambahan glukosa ternyata tidak menunjukkan produksi konidia yang lebih tinggi dibanding dengan penambahan *yeast*. Penambahan *yeast* efektif meningkatkan kandungan gizi media yang sangat

dibutuhkan selama perkecambahan konidia inokulum, memacu pertumbuhan miselium, dan produksi konidia. Untuk mengetahui tingkat efisiensi penggunaan beras dan jagung sebagai media perbanyakan *B. bassiana*, maka perlu pengujian lebih lanjut yang lebih menekankan pada efisiensi biaya produksi. Selain itu, diperlukan juga uji virulensi dan patogenisitas konidia yang diproduksi dari kedua media terhadap *H. armigera*.

KESIMPULAN

Jagung dan beras cukup potensial sebagai media tumbuh jamur *B. bassiana*. Inisiasi sporulasi lebih cepat pada media beras, yaitu 3 minggu setelah inokulasi dibanding pada media jagung (4,5 msi). Penambahan *yeast* lebih berpotensi meningkatkan produksi konidia *B. bassiana* dibanding dengan penambahan glukosa. Rata-rata produksi konidia *B. bassiana* pada media beras+*yeast* mencapai $> 4,0 \times 10^9$ konidia/g media, lebih tinggi dibanding komposisi media lainnya ($< 3,0 \times 10^9$ konidia/g media).

DAFTAR PUSTAKA

- Adour, L., C. Couriol, A. Amrane, and Y. Prigent. 2002. Growth of *Geotrichum candidum* and *Penicillium camembertii* in liquid media in relation with the consumption of carbon and nitrogen sources and the release of ammonia and carbon dioxide. *Enzyme Microb. Technol.* 31(4):533–542.
- Altomare, C., W.A. Norvell, T. Byorkman, and G.E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295–22. *Applied Environmental Microbiology* 65:2926–2933.
- Altre, J.A., J.D. Vandenberg, and F.A. Cantone. 1999. Pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* isolates to Diamondback Moth, *Plutella xylostella*: Correlation with spore size, germination speed, and attachment to cuticle. *J. Invertebrate Pathology* 73(3):332–338.
- Babu, V., S. Murugan, and P. Thangaraja. 2001. Laboratory studies on the efficacy of neem and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on *Spodoptera litura*. *Entomology* 56:56–63.
- Bextine, B.R. and H.G. Thorvilson. 2002. Field applications of bait-formulated *Beauveria bassiana* alginate pellets for biological control of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae). *Environ. Entomol.* 31:746–752.
- Bharati, T., J.H. Kulkarni, P.U. Krishnaraj, and A.R. Alagawadi. 2007. Evaluation of food grains and agro wastes for sporulation of *Metarhizium anisopliae* (Ma2). *Karnataka J. Agric. Sci.* 20(2):424–425.
- Bormes, G.L., I.T. Criswel, and G.R. Gentry. 1989. Growth and sporulation of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* on media containing various peptone sources. *Journal of Invertebrate Pathology* 18:265–287.
- Brownbridge, M., S. Costa, and S.T. Jaronski. 2001. Effects of *in vitro* passage of *Beauveria bassiana* on virulence to *Bemisia argentifolii*. *J. Invertebr. Pathol.* 77:280–283.
- Carlike, M.J. and S.C. Watkinson. 1994. *The Fungi*. Academic Press, London, Boston, San Diego, New York, Sydney, Tokyo. p. 9–76; 77–139; 153–172; 191–201.
- Clarkson, J.M. and A.K. Charnley. 1996. New insights into the mechanisms of fungal pathogens in insects. *Trends Microbiol.* 4:197–203.
- De La Rosa, W., R. Alatorre, J.F. Barrera, and C. Toreillo. 2000. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycetes) upon the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) under field conditions. *J. Econ. Entomol.* 93:1409–1414.
- Engelkes, C.A., R.L. Nuccio, and D.R. Fravel. 1997. Effect of carbon, nitrogen, and carbon to nitrogen ratio on growth, sporulation and biocontrol efficacy of *Taloromyces flavus*. *Phytopathol.* 87:50–55.
- Gao, L., M.H. Sun, X.Z. Liu, and C.S. Yong. 2007. Effects of carbon concentration and carbon to nitrogen ratio on the growth and sporulation of several biocontrol fungi. *Mycol. Res.* 111(1): 87–92.
- Hasyim, A., H. Yasir, dan Azwana. 2007. Seleksi substrat untuk perbanyakan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan efektivitasnya terhadap hama penggerek bonggol pisang, *Cosmopolites sordidus* Germar. 1 hal (Abstrak).
- Ihsan, F. dan L. Octriana. 2009. Teknik pengujian efektivitas jamur entomopatogen *Beauveria*

- bassiana* pada media pembawa substrat beras dan jagung untuk pengendalian lalat buah semi lapang. Bulletin Teknik Pertanian 14(2): 62–64.
- Jagadeesh-Babu, C.S., C.M. Venkatachalapathy, and C.N. Anita. 2008. Evaluation of locally available substrates for mass multiplication of entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* (Metch.) Sorokin. J. Biopesticides 1(2): 146–147.
- Kirkland, B.H., G.S. Westwood, and N.O. Keyhani. 2004. Pathogenicity of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to Ixodidae tick species *Dermacentor variabilis*, *Rhipicephalus sanguineus*, and *Ixodes scapularis*. J. Med. Entomol. 41:705–711.
- Knudsen, G.R., D.J. Eschen, L.M. Dandurand, and Z.G. Wang. 1991. Method to enhance growth and sporulation of pelletized biocontrol fungi. Applied Environ. Microbial. 57:2864–2867.
- Kuswinanti, T., Daud, dan I.D. Rachmawaty. 2005. Analisis keragaman isolat *Beauveria bassiana* dari beberapa daerah di Sulawesi berdasarkan profil protein, isoenzim, dan produksi toksin. Perhimpunan Bioteknologi Indonesia (Abstrak).
- Leathers, T.D., S.C. Gupta, and N.J. Alexander. 1993. Mycopesticides: Status, challenges, and potential. J. Ind. Microbiol. 12:69–75.
- Mustafa, U. and G. Kaur. 2009. Effect of carbon and nitrogen sources and ratio on the germination, growth, and sporulation characteristics of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* isolates. African Journal of Agricultural Research 3(10):922–930.
- Nelson, T.L. and T.R. Glare. 1996. Large scale production of New Zealand strains of *Beauveria* and *Metarhizium*. Proc. 49th N.Z. Plant Protection Conf. 257–261.
- Posada-Florez, J. 2008. Production, formulation, and application of *Beauveria bassiana* for control of *Hyphotenemus hampei* in Columbia Ascot, Berkshire. University of London. 227pp.
- Rani, I., M. Sohail, S. Akhund, and H. Abro. 2007. Abrus sucrose agar a new medium for the growth of fungi. Pakistan. J. Bot. 39(5):1883–1885.
- Rayati, D.J., N.P. Aryantha, and P. Arbiyanto. 2001. The optimization of nutrient factors in spore production of *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith with submerged-surface fermentation system. Presented on The Fifth Symposium on Agri-Bioche, March 11, 2001, Tokyo, Japan.
- Safavi, S.A., A.S. Farooq, K.P. Azis, R.G. Reza, R.B. Ali, and M.B. Tariq. 2007. Effect of nutrition on growth and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. FEMS Microbiol. Lett. 270(1):116–123.
- Sahayaraj, K. and S.K.R. Namasivayam. 2008. Mass production of entomopathogenic fungi using agricultural products and by products. African Journal of Biotechnology 7 (12):1907–1910.
- Shah, F.A. and M.B. Tariq. 2005. Influence of nutrition on the production and physiology of sectors produced by the insect pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. FEMS. Microbiol. Lett. 250(2):201–207.
- Shah, F.A., S.W. Cheng, and M.B. Tariq. 2005. Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. FEMS Microbiol. Lett. 251(2):259–266.
- Sharma, K. 2004. Bionatural management of pests in organic farming. Agrobios Newsl. 2:296–325.
- Silvia-Yusuf, E., W. Nuryani, dan Djatnika. 2010. Pengaruh bahan pembawa terhadap efektivitas *Beauveria bassiana* dalam mengendalikan *Thrips parvispinus* Karny pada tanaman krisan di rumah plastik. J. Hort. 20(1):80–85.
- Sreeramakumar, P., Siddegowda, and P. Singh. 2002. Types of propagules produced by *Nomuraea rileyi* in solid and liquid media and their pathogenicity to *Spodoptera litura* (F.). Proceedings of the Symposium on biological control of lepidopteran pests (Tandon, P. and Rabindra, R.J., eds.). Society for Biocontrol Advancement, Bangalore. 258pp.
- Wahyono, T.E. dan N. Tarigan. 2007. Uji patogenitas agensi hayati *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat serendang (*Xystrocera festiva*). Bulletin Teknik Pertanian 12(1):27–29.
- Wahyudi, P., S. Pawiroharsono, dan I. Ganjar. 2002. Optimasi produksi mikoinsektisida dari *Beauveria bassiana* pribumi dengan substrat tepung beras. Mikrobiologi Indonesia 7(1). 1 hal. (Abstrak).