

## Uji Patogenisitas Fungi Entomopatogen Lokal Riau sebagai Agen Biokontrol Hama Rayap (*Coptotermes curvignathus* Holmgren)

REGIANA SINTAWATI\*, ATRIA MARTINA, TETTY MARTA LINDA

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Universitas Riau, Pekanbaru 28293  
\*email: tria\_mt05@yahoo.com

### ABSTRAK

Bioinsektisida merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengendalikan populasi hama di lingkungan. Penelitian bertujuan mengisolasi fungi dari tanah menggunakan teknik *baiting* dan kadafer serta uji patogenisitas. Isolat yang memiliki perkecambahannya tinggi selanjutnya diuji patogenisitas terhadap mortalitas rayap *Coptotermes curvignathus*. Dua belas isolat berhasil diumpun dari sampel tanah dan kadafer pada perkebunan kelapa sawit. Hasil penelitian diperoleh delapan isolat memiliki perkecambahannya konidia dengan kategori tinggi (> 80%). Uji patogenisitas terhadap empat isolat menghasilkan nilai mortalitas 100% pada RB.r01 dan BK.r01, KB.r01, dan NK.r01 masing-masing 72% dan 67%. Kemampuan isolat uji terhadap mortalitas rayap tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata dengan kontrol.

**Kata kunci :** fungi entomopatogen, patogenisitas, *Coptotermes curvignathus*, biokontrol

### ABSTRACT

Biopesticide is a technique that can be used to the control pest population in the environment. The purpose of this research was to isolate fungi from the soil using baiting and cadaver technique and pathogenicity test. Isolates which had high germinating conidia was tested their pathogenicity against *Coptotermes curvignathus*. A total of 12 isolates were baited from soil and cadaver samples at palm oil plantation. The result showed eight isolates had high germinating conidia categories (> 80%). The pathogenicity test of four isolates showed 100% mortality for RB.r01 and BK.r01; and KB.r01 and NK.r01 were 72% and 67% respectively. Isolates capability against termite was not significantly different, but it was significantly different from control.

**Keywords :** entomopathogenic fungi, pathogenicity, *Coptotermes curvignathus*, biocontrol

### PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditi utama tanaman perkebunan Indonesia yang memiliki hambatan produksi diantaranya disebabkan oleh gangguan hama yaitu dari famili Termitidae genus *Coptotermes* (Yaganawa *et al.*, 2012). *Coptotermes* sulit dikendalikan karena berada di dalam tanah dan sisa kayu mati (Tarigan *et al.*, 2015). Pemberantasan hama umumnya ditanggulangi dengan insektisida sintetik yang menimbulkan efek negatif seperti resistensi hama, munculnya hama sekunder yang lebih berbahaya, berkurangnya musuh alami, tercemarnya air dan bahaya keracunan pada manusia (Soetopo & Indrayani, 2007). Salah satu alternatif yang cukup potensial adalah penggunaan bioinsektisida, seperti fungi entomopatogen.

Fungi entomopatogen memiliki keunggulan antara lain, dapat menyerang berbagai tahap perkembangan serangga, kisaran host yang luas, kemungkinan menimbulkan resistensi pada hama sangat kecil, mudah dan murah untuk diproduksi, relatif aman terhadap manusia dan lingkungan (Meyling & Eilenberg, 2006; Sanjaya *et al.*, 2010). Beberapa jenis fungi diketahui mampu mengendalikan populasi hama rayap, antara lain *Beauveria* (Yanagawa *et al.*, 2008), *Cordyceps* (Tarigan *et al.*, 2015), *Isaria* (Yanagawa *et al.*, 2012), *Metarhizium* (Nyam *et al.*, 2015; Ravindran *et al.*, 2015). Hasil penelitian Masculen (2014) menguji *Beauveria bassiana* dan Khairunnisa (2014) menguji *M. anisopliae* terhadap *C. curvignathus* pada perkebunan kelapa sawit. Di pihak lain, Prior & Arura (1984) melaporkan *M.*

*anisopliae* bersifat patogen terhadap hama *Scapanes australis* dan *Rhyncophorus bilineatus* di perkebunan kelapa.

Salah satu syarat fungi yang dapat dijadikan sebagai agen biokontrol adalah yang memiliki kerapatan dan perkecambahan konidia yang tinggi (>80%) (Yohanes, 2009). Aplikasi fungi entomopatogen bukan indigenus memiliki kendala antara lain memerlukan waktu yang lama untuk beradaptasi serta patogenisitas yang rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan isolasi fungi entomopatogen lokal Riau dari perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kuantan Singingi yang diharapkan memiliki variasi, tingkat virulensi lebih tinggi dan lebih mudah beradaptasi.

## BAHAN DAN METODE

### Pengambilan sampel tanah dan serangga

Sampel tanah, serangga umpan dan kadafer diambil dari perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kuantan Singingi dengan metode *purposive sampling*. Sampel tanah yang dijumpai kadafer diambil di 3 titik masing-masing dengan 3 ulangan, selanjutnya dikompositkan. Sampel serangga umpan yang digunakan yaitu ngengat *Galleria mellonella*, belalang *Melanopsus differentialis*, rayap *C. curvignathus*, ulat *Tenebrio mallitor*, dan kecoa *Panesthia angustipennis angustipennis*. Rayap uji diambil dari kasta pekerja dan prajurit yang dikumpulkan dari perkebunan kelapa sawit.

### Isolasi fungi entomopatogen

Isolasi fungi dilakukan dengan teknik kadafer dan *baiting* menggunakan medium *Doberky Tribe Agar* (DTA) dengan komposisi 40 gram dekstrosa, 10 gram peptone, 16 gram agar, 0,01 gram kristal violet, 0,05 gram  $\text{CuCl}_2$  dan 1000 ml akuades (Chase *et al.*, 1986). Teknik kadafer dilakukan dengan cara mengumpulkan serangga mati dari lapangan. Sampel serangga disterilisasi permukaan menggunakan  $\text{NaClO}$  3% (v/v), dibilas dengan akuades steril tiga kali kemudian diletakkan di atas cawan petri yang berisi medium DTA. Teknik *baiting* dilakukan dengan cara meletakkan serangga di atas sampel tanah dan kelembaban dijaga dengan disemprot akuades selama 10-30 hari. Fungi yang tumbuh pada cawan petri dimurnikan pada medium DTA. Isolat yang sudah murni disimpan dalam PDA miring sebagai kultur stok dan kultur uji.

### Uji perkecambahan konidia

Kultur isolat berumur tujuh hari pada medium PDA dipotong menggunakan pipet tip steril berdiameter 5 mm. Sepuluh potongan disk diinokulasi pada media substrat jagung padat dan diinkubasi selama enam hari untuk dihitung perkecambahan konidia. Media substrat jagung yang telah ditumbuhi hifa isolat dibuat suspensi, lalu diteteskan pada gelas objek selanjutnya ditetesi PDA cair. *Slide culture* kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu ruang. Empat isolat dengan perkecambahan konidia yang tinggi digunakan pada uji patogenisitas terhadap mortalitas rayap *C. curvignathus* secara *in vitro* (Masculen 2014). Konidia yang berkecambah dihitung menggunakan rumus Gabriel & Riyatno (1989) :

$$V = \frac{g}{(g+u)} \times 100\%$$

Keterangan: V = perkecambahan konida (%)  
g = jumlah konidia yang berkecambah  
u = jumlah konidia yang tidak berkecambah

### Uji patogenisitas isolat

Patogenisitas isolat dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan empat isolat dan satu kontrol (tanpa penambahan isolat) dengan tiga ulangan. Rayap uji diaklimatisasi dalam wadah lalu diberi pakan 10 gram kompos dan 10 gram kardus yang telah disterilisasi. Uji patogenisitas dilakukan dalam wadah berdiameter 15 cm dan tinggi 15 cm. Rayap uji berjumlah 100 ekor yang terdiri dari kasta pekerja dan prajurit. Uji patogenisitas isolat dilakukan dengan cara membuat suspensi dari satu gram inokulum isolat terpilih ( $10^8$  konidia/g) ke dalam 100 ml akuades steril. Suspensi konidia disemprot ke dalam wadah percobaan sebanyak 20 ml per wadah. Percobaan diinkubasi dalam ruang gelap pada suhu ruang selama 7 hari. Persentase mortalitas rayap yang mati dihitung menggunakan rumus Kakde (2014) :

$$M = \frac{a}{(a+b)} \times 100\%$$

Keterangan : M = Mortalitas (%)

a = jumlah rayap yang mati

b = jumlah rayap yang hidup

#### Analisis data

Data hasil isolasi dan perkecambahan konidia dianalisis secara deskriptif. Data hasil uji patogenisitas dianalisis dengan ANOVA *One Way*, jika terdapat perbedaan dilanjutkan dengan Uji DMRT pada taraf nyata 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Isolasi fungi entomopatogen

Eksplorasi fungi entomopatogen dengan metode umpan serangga didapatkan sembilan isolat. Isolasi dari kadaver serangga *M. differentialis* dan *G. mellonella* didapatkan tiga isolat (Tabel 1). Hasil penelitian menunjukkan isolasi menggunakan teknik *baiting* lebih banyak menjerat fungi dibanding teknik kadafer. Hal ini sejalan dengan penelitian Nunilahwati *et al.* (2012), yang berhasil mengisolasi enam isolat fungi menggunakan teknik *baiting*, diantaranya adalah *M. anisopliae* dan *B. bassiana*.

Sampel kadaver *M. differentialis* dan *G. mellonella* yang ditemukan mati di lapangan tampak diselubungi miselia. Miselia dipermukaan tubuh *M. differentialis* berwarna putih, sedangkan pada *G. mellonella*, mula-mula miselia berwarna putih selanjutnya menjadi kuning kecoklatan (Gambar 1). Perubahan warna koloni diakibatkan terbentuknya spora pada miselia.

**Tabel 1.** Isolat fungi yang berhasil diisolasi dari beberapa inang serangga umpan

No.	Kode isolat	Inang	Teknik isolasi
1.	BK.r01	<i>M. differentialis</i>	kadafer
2.	NK.r01	<i>G. mellonella</i>	kadafer
3.	NK.r02	<i>G. mellonella</i>	kadafer
4.	RB.r01	<i>C. curvignathus</i>	<i>baiting</i>
5.	RB.r02	<i>C. curvignathus</i>	<i>baiting</i>
6.	RB.r03	<i>C. curvignathus</i>	<i>baiting</i>
7.	UB.r01	<i>T. mallitor</i>	<i>baiting</i>
8.	UB.r02	<i>T. mallitor</i>	<i>baiting</i>
9.	UB.r03	<i>T. mallitor</i>	<i>baiting</i>
10.	UB.r04	<i>T. mallitor</i>	<i>baiting</i>
11.	KB.r01	<i>P. angustipennis angustipennis</i>	<i>baiting</i>
12.	KB.r02	<i>P. angustipennis angustipennis</i>	<i>baiting</i>

Serangga umpan yang digunakan dalam isolasi fungi entomopatogen juga mengalami perubahan warna tubuh. *C. curvignathus*, *T. mallitor* dan *P. angustipennis angustipennis* mengalami melanisasi (Gambar 1). Selain berubah warna, serangga umpan juga mengalami mumifikasi. Yassine *et al.* (2012) menyatakan serangga yang terinfeksi fungi entomopatogen mengalami melanisasi karena respon *hemocoel* terhadap fungi entomopatogen. Hal ini sesuai dengan penelitian Nunilahwati *et al.* (2012), ulat *Plutella xylostea* yang terinfeksi fungi entomopatogen berubah warna coklat sampai hitam dan mumifikasi oleh miselia. Rishi *et al.* (2013) melaporkan *G. mellonella* yang terinfeksi fungi entomopatogen mengalami pengerasan dan terjadi mumifikasi oleh miselia.

Isolasi fungi dari kadafer *G. mellonella* diperoleh dua isolat. Hasil ini berbeda dengan penelitian Rishi *et al.* (2013), fungi entomopatogen yang diisolasi dari umpan larva ngengat *G. mellonella* didapatkan enam isolat pada medium PDA. Sanjaya *et al.* (2010) mendapatkan lima isolat fungi yang diisolasi dari kadafer larva *Spodoptera litura* pada medium PDA.

Fungi yang berhasil diisolasi dari kadafer *M. differentialis* hanya ada satu isolat. Hasil yang sama juga diperoleh Prior & Arura (1984), yang hanya memperoleh satu isolat fungi dari kadafer kumbang pada medium DTA. Hasil ini sama dengan yang diperoleh Thalib *et al.* (2013), mendapatkan satu isolat *B. bassiana* dari umpan *T. malitor* menggunakan medium *Glucosa Yeast Agar*.



**Gambar 1.** Mumi serangga setelah inkubasi 10-30 hari A: *G. mellonella* 10 hari inkubasi, B: *C. curvignathus* 10 hari inkubasi, C: *T. mallitor* 15 hari inkubasi, dan D: *P. angustipennis* 30 hari inkubasi.

Isolat fungi entomopatogen terbanyak berhasil diisolasi dari umpan *T. mallitor* yaitu empat isolat. Hasil ini lebih banyak jika dibandingkan dengan penelitian Barrag'an *et al.* (2004), fungi entomopatogen yang diisolasi dari tanah hutan menggunakan umpan rayap dengan medium *Sabouraud Dextrosa Agar*, hanya diperoleh satu isolat. Isolasi menggunakan umpan *C. curvignathus* diperoleh tiga isolat. Hasil ini lebih sedikit dibanding penelitian Wang & Janine (2002), yang mendapatkan sembilan isolat fungi entomopatogen dengan umpan rayap pada medium PDA.

Medium DTA yang digunakan mengandung senyawa-senyawa penghambat pertumbuhan fungi tertentu sehingga hanya fungi yang diharapkan yang dapat tumbuh pada media tersebut. Dalam hal ini, medium DTA mengandung senyawa-senyawa penghambat antara lain  $CuCl_2$  dan antibiotik streptomisin (Chase *et al.*, 1986). Pengumpulan dengan ulat paling banyak memerangkap fungi. Berdasarkan hasil penelitian ini, jenis serangga umpan dan media yang digunakan mempengaruhi jumlah isolat yang dapat diisolasi.

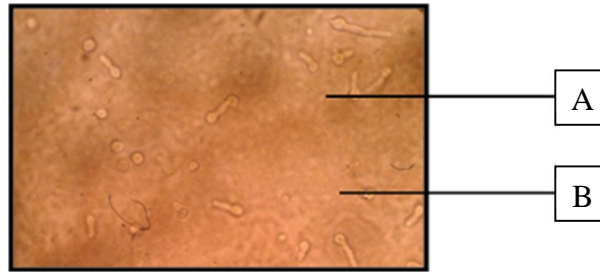
#### Uji perkecambahan konidia

Pertumbuhan fungi diamati dengan persentase konidia yang berkecambah. Konidia dikatakan berkecambah apabila telah membentuk tabung kecambah (Gambar 2). Perkecambahan konidia menunjukkan hasil yang berbeda antar isolat (Tabel 2).

**Tabel 2** Uji perkecambahan konidia

No.	Kode isolat	Perkecambahan konidia (%)
1	NK. r01	100
2	RB. r01	98
3	BK.r01	94
4	KB.r01	90
5	NK.r02	90
6	UB.r04	96
7	UB.r02	82
8	RB.r03	80
9	RB.r02	42
10	KB.r03	38
11	UB.r01	35
12	UB.r03	33

Isolat yang memiliki persentase perkecambahan konidia tertinggi adalah NK.r01 yaitu 100%. Persentase perkecambahan terendah terdapat pada UB.r03 yaitu 33%. Delapan isolat yang diperoleh mempunyai daya kecambah yang tergolong tinggi (>80%) yaitu NK.r01, RB. r01, BK.r01, KB.r01, NK.r02, UB.r04, UB.r02 dan RB.r03. Yohanes (2009) menyatakan fungi yang memiliki daya kecambah konidia lebih dari 80% telah memenuhi syarat untuk dikembangkan sebagai bioinsektisida. Menurut Kendrick (2000), persentase perkecambahan konidia menentukan keberhasilan fungi dalam pertumbuhan selanjutnya dan proses menginfeksi serangga inang.



**Gambar 2** Konidia setelah inkubasi 24 jam. A : konidia yang berkecambah, B : konidia yang belum berkecambah (Perbesaran 400 kali).

Perbedaan daya kecambah konidia masing-masing isolat disebabkan kebutuhan nutrisi masing-masing fungi. Media dengan kadar gula dan protein yang tinggi akan meningkatkan virulensi fungi entomopatogen (Nuraida & Hasyim, 2009). Nuryanti *et al.* (2012) menambahkan, nilai virulensi isolat *B. bassiana* terhadap walang sangit pada penambahan tepung belalang atau dedak secara nyata lebih tinggi dibanding kontrol. Pada penelitian ini, perkecambahan konidia masing-masing isolat cukup bervariasi.

### **Mortalitas *Coptotermes curvignathus***

Aplikasi isolat terhadap rayap memperlihatkan bahwa fungi mampu membunuh rayap uji dengan persentase mortalitas berbeda-beda (Tabel 3). Mortalitas rayap berkisar antara 67%-100%. Kemampuan antara isolat satu dengan yang lain tidak berbeda nyata, namun berbeda nyata dengan kontrol. Mortalitas rayap 100% terdapat pada aplikasi isolat BK.r01 dan RB.r01. Kemampuan patogenisitas terendah terdapat pada isolat NK.r01 (67%) dan tidak berbeda nyata dengan isolat KB.r01, BK.r01 dan RB.r01 namun berbeda nyata dengan kontrol. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Masculen (2014), pemberian *M. anisopliae* lokal Riau dengan daya kecambah konidia 92% menyebabkan mortalitas rayap uji sebesar 86-92% pada hari ke-8 setelah aplikasi. Nyam *et al.* (2015) melaporkan, rayap *C. formosanus* yang diinokulasi fungi dengan konsentrasi konidia 10% menyebabkan mortalitas sebesar 76%-96%. Penelitian Tarigan (2015), dengan pemberian fungi *C. militaris* (10 gram/100 ml akuades) menyebabkan mortalitas *C. curvignathus* (78,33%) pada hari ke 7 aplikasi.

**Tabel 3.** Persentase mortalitas *Coptotermes curvignathus* setelah aplikasi fungi 7 hari

No.	Isolat	Mortalitas (%)
1.	RB.r01	100 ± 0 <sup>b</sup>
2.	BK.r01	100 ± 0 <sup>b</sup>
3.	KB.r01	72 ± 41,25 <sup>b</sup>
4.	NK.R01	67 ± 45,25 <sup>b</sup>
5.	Kontrol	10 ± 3,04 <sup>a</sup>

Rayap uji pada kontrol mengalami mortalitas pada pengamatan 7 hari setelah aplikasi. Hal ini diduga rayap mengalami stress pada saat pemindahan ke dalam wadah penelitian dan rayap tidak mampu untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan baru yang asing karena rayap sangat rentan terhadap perubahan lingkungan (Yanagawa *et al.* 2008).

Mortalitas rayap juga dipengaruhi oleh kelembaban lingkungan. Konidia fungi yang akan berkecambah harus berada pada kelembaban lingkungan yang tinggi untuk berkecambah yang akhirnya menginfeksi serangga uji. Selain itu, keefektifan penggunaan fungi entomopatogen dipengaruhi oleh kerapatan dan daya kecambah konidia. Semakin tinggi kerapatan dan daya kecambah konidia maka peluang fungi entomopatogen dalam mematikan serangga uji juga semakin cepat (Hasyim *et al.* 2005).

Menurut Prayogo *et al.* (2005), fungi entomopatogen menginfeksi dengan melakukan kontak dengan tubuh rayap, terjadi perlekatan, selanjutnya spora akan berkecambah membentuk propagul pada integumen rayap. Fungi memanfaatkan senyawa-senyawa yang ada pada integumen serangga. Tahap selanjutnya adalah propagul melakukan penetrasi dan menembus integumen sehingga membentuk tabung kecambah. Tahapan akhir adalah destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang dapat menginfeksi jaringan lain. Umumnya, semua jaringan akan habis digunakan oleh fungi sehingga rayap akan mati dengan tubuh yang mengeras seperti mumi karena tubuh rayap diselubungi miselia fungi.

Mekanisme kematian rayap uji terjadi setelah adanya penetrasi hifa fungi ke dalam tubuh. Yassine *et al.* (2012) melaporkan proses kematian terjadi setelah penetrasi karena untuk mematikan serangga

perlu adanya spora yang virulen selain produk toksin yang dihasilkan. Yanagawa *et al.* (2012) menyatakan rayap yang mati akan berwarna hitam karena terjadinya melanisasi akibat dari pertahanan tubuh melawan fungi. Menurut Prayogo *et al.* (2005), melanisasi terjadi karena aktifitas enzim *phenoloksidase* dalam penyembuhan luka, sklerotisasi kutikula dan reaksi terhadap benda asing yang masuk ke *hemocoel*.

### KESIMPULAN

Dua belas fungi entomopatogen isolat lokal diisolasi dari *M. differentialis*, *G.mellonella*, *T. mallitor*, *P. angustipennis angustipennis* dan *C. curvignathus*. Isolat yang mempunyai perkecambahan konidia paling tinggi adalah isolat NK.r01 yaitu 100%. Empat isolat menghasilkan nilai mortalitas 100% pada RB.r01 dan BK.r01, KB.r01 dan NK.r01 masing-masing 72% dan 67%. Daya patogenisitas tidak berbeda nyata antar isolat, tetapi berbeda nyata dengan kontrol.

### DAFTAR PUSTAKA

- Barragán AT, Ana LA, Raquel A, Conchita T. 2004. Entomopathogenic fungi from el Elden ekological reserf, Quantana Roo, Mexico. *Mycopathologia* 158: 61-71.
- Chase AR, Osborne LS, Ferguson VM. 1986. Selective isolation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* from an artificial potting medium. *Florida Entomologist* 69(2): 285-291.
- Gabriel BP, Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Jakarta: Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian.
- Hasyim A, H Yasir, Azwana. 2005. Seleksi substrat untuk perbanyak *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan infektivitasnya terhadap hama penggerek bonggol pisang, *Cosmopolites sordies* Germar. *Jurnal Hortikultura* 14(2): 116-123.
- Kakde AM, Patel KG, Tayade S. 2014. Role of life table in insect pest management - A Review. *Journal Agriculture Veteriner Science* 7(1):40-43.
- Kendrick B. 2000. *The Fifth Kingdom*. USA: R. Pullins Company.
- Khairunnisa. 2014. Uji efektifitas jamur *Metarhizium anisopliae* Cps. T4 isolat lokal terhadap hama rayap (*Coptotermes curvignathus* H.) pada tanaman kelapa sawit yang belum berbuah [skripsi]. Pekanbaru: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.
- Masculen N. 2014. Uji efektifitas jamur *Beauveria bassiana* isolat lokal terhadap hama rayap (*Coptotermes curvignathus* H.) pada tanaman kelapa sawit [skripsi]. Pekanbaru: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau.
- Meyling NV, Eilenberg J. 2006. Isolation and characterisation of *Beauveria bassiana* isolates from phylloplanes of hedgerow vegetation. *The British Mycological Society* 110: 188-195.
- Nunilawati H, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y. 2012. Eksplorasi, isolasi dan seleksi jamur entomopatogen *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) pada pertanaman caisin (*Brassica chinensis*) di Sumatera Selatan. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman Tropika* 12 (1): 1-11.
- Nuraida, Hasyim A. 2009. Isolasi, identifikasi dan karakterisasi jamur entomopatogen dari rizosfir pertanaman kubis. *Jurnal Hortikultura* 19(4): 419-432.
- Nuryanti, Putu NS, Wibowo L, Azis A. 2012. Penambahan beberapa jenis bahan nutrisi pada media perbanyak untuk meningkatkan virulensi *Beauveria bassiana* terhadap hama walang sangit. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 12(1): 64-70.
- Nyam VT, Bong CFJ, King JHP. 2015. Control of subterranean termite *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae) by entomopathogen *Metarhizium Anisopliae* Var. *Anisopliae* cultured in liquid state fermentation. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 1 (10): 35-40.
- Prayogo Y, Tengkonu W, Marwoto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian* 24(1): 19-26.
- Prior P, Arura M. 1984. The infectivity of *Metarhizium anisopliae* to two insect pest of coconut. *Journal of Invertebrate Pathology* 45: 181-194.

- Ravindran K, Qiu D, Sivaramakrishnan S. 2015. Sporulation characteristics and virulence of *Metarhizium anisopliae* against subterranean termites (*Coptotermes formosanus*). International Journal of Microbiological Research 6 (1): 01-04.
- Rishi RR, Borah RK, Rajesh K, Shailesh P. 2013. Isolation, identification and mass production of soil microbes and their utility for biocontrol. International Journal of Advanced Life Science 6(3): 168-173.
- Sanjaya Y, Nurhaeni H, Halima M. 2010. Isolasi, identifikasi dan karakterisasi jamur entomopatogen dari larva *Spodoptera litura* (Fabricius). Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik 12 (3): 136-141.
- Soetopo D, Indrayani I. 2007. Status teknologi dan prospek *Beauveria bassiana* untuk pengendalian serangga hama tanaman perkebunan yang ramah lingkungan. Perspektif 6(1): 29-46.
- Tarigan AB, Maryani CT, Syahrial O. 2015. Pengaruh *Cordyceps militaris* terhadap rayap mortalitas rayap *Coptotermes curvignathus* Holmgreen di laboratorium. Jurnal Online Agroteknologi 3 (3): 1116-1122.
- Thalib R, Fernando R, Khodijah, Meidalima D, Herlinda S. 2013. Patogenitas isolat *Beauveria bassiana* dan *Merathizium anisopliae* asal Tanah Lebak dan Pasang Surut Sumatera Selatan untuk agen hayati *Scirpophaga incertulas*. Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman Tropika 13(1): 10-18.
- Wang C, Janine EP. 2002. Isolation and evaluation of *Beauveria bassiana* for control of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology 41(1).
- Yanagawa A, Fumio Y, Susumu S. 2008. Defense mechanism of the termite, *Coptotermes formosanus* Shirarki, to Entomopathogenic Fungi. Journal of Invertebratae Pathology 97: 165-170.
- Yanagawa A, Nao FT, Toshiharu A, Tsuyoshi Y, Takashi Y, Susumu S. 2012. Behavior change in the termite *Coptotermes formosanus* (Isoptera), inoculated with six fungal isolate. Journal of Invertebratae Pathology 107: 100-106.
- Yassine H, Layla K, Mike AO. 2012. The mosquito melanization response is implicated in defense against the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Plos Pathogens 8(11).
- Yohanes DJ. 2009. Pengendalian kumbang tanduk *Oryctes rhinoceros* dan rayap *Coptotermes curvignathus* di Asian Agri Group. Prosiding Pertemuan Teknis Kelapa Sawit. PPKS Jakarta.