

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Identifikasi Jamur Entomopatogen

Dari hasil isolasi yang dilakukan pada tanah dari lahan perkebunan kelapa sawit PT. Astra agro Lestari didapat 13 isolat jamur entomopatogen (Tabel 3). Jamur yang terisolasi dari umpan serangga yang ditempatkan pada tanah digolongkan ke dalam tiga katagori, yaitu jamur patogen serangga, jamur patogen oportunistis dan pengkoloni sekunder (Bin *et al.* 2008).

Tabel 3. Hasil Isolasi Jamur Entomopatogen dari Lahan Perkebunan Kelapa sawit PT Astra Agro Lestari

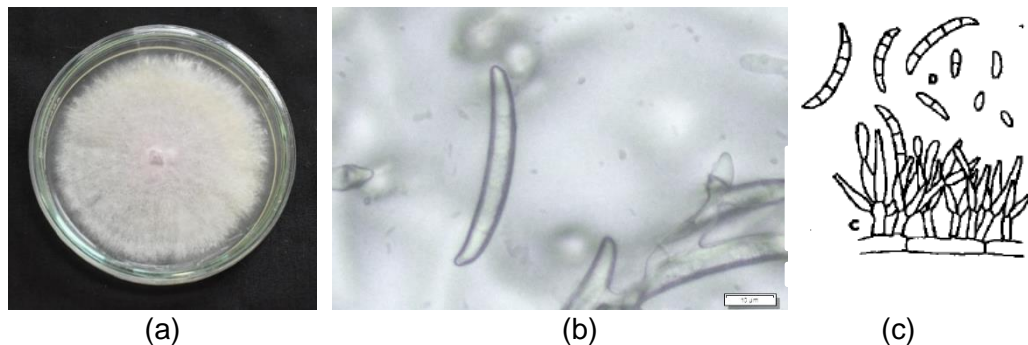
No.	Lokasi Pengambilan Sampel	Kode Isolat	Hasil Identifikasi
1	PT. Agro Menara Rahmat	US-A1-1	<i>Fusarium</i> sp. 1
2	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US- B1-1	Jamur Entomopatogen 1
3	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US-B1-2	<i>Gliocladium</i> sp.
4	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US-B1-3	<i>Fusarium</i> sp. 2
5	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US- B2-1	Jamur Entomopatogen 2
6	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US-B3-1	<i>Aspergillus</i> sp. 1
7	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US-B3-2	<i>Trichoderma</i> sp.
8	PT. Gunung Sejahtera Yoli Makmur	US- C1-1	Jamur Entomopatogen 3
9	PT. Gunung Sejahtera Puti Pesona	US-D1-1	<i>Trichocladium</i> sp.
10	PT. Gunung Sejahtera Puti Pesona	US-D1-2	<i>Fusarium</i> sp. 3
11	PT. Gunung Sejahtera Puti Pesona	US-D1-3	<i>Penicillium</i> sp.
12	PT. Gunung Sejahtera Puti Pesona	US-D2-1	<i>Aspergillus</i> sp. 2
13	PT. Gunung Sejahtera Puti Pesona	US-D2-2	<i>Fusarium</i> sp. 4

Jamur A1-1 (*Fusarium* sp. 1)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni Jamur A1-1 saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna putih keunguan, bagian tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar krem. Tipe persebaran berbentuk bulat menggunung, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsetris yang jelas. Tekstur permukaan koloni agak kasar seperti kapas, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 8,3 cm dan waktu memenuhi petri 8x24 jam (Gambar 10a). Menurut Soesanto (2008), kenampakan miselium permukaan jamur *Fusarium* sp. jarang sampai berlimpah, berwarna putih atau krem muda, tetapi biasanya dengan warna ungu, lebih kuat pada permukaan agar stroma.

Kenampakan secara mikroskopis jamur A1-1 menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat cukup rapat, berwarna hialin. Konidiofor bersekat, jarak antar sekat rapat, ramping, dan tidak bercabang. Konidia berbentuk lonjong pipih dan agak sedikit melengkung seperti bulan sabit, tidak bercabang, dan

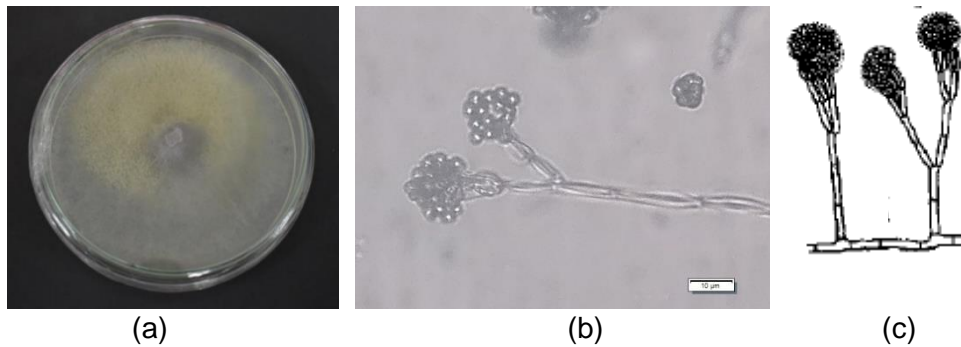
bergerombol di dekat konidiofor (Gambar 10b). Jamur membentuk banyak mikrokonidium bersel satu, tidak berwarna, lonjong atau bulat telur, $6-15\ \mu\text{m} \times 2,5-4\ \mu\text{m}$, makrokonidium lebih jarang, berbentuk kumparan, tidak berwarna, kebanyakan bersekat dua atau tiga, berukuran $25-33\ \mu\text{m} \times 3,5-5,5\ \mu\text{m}$ (Semangun, 2001). Hongke (1983) melaporkan bahwa *Fusarium* sp. mampu menginfeksi serangga dari golongan Lepidoptera dan Homoptera.



Gambar 10. Kenampakan jamur *Fusarium* sp.1, (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Fusarium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Jamur B1-2 (*Gliocladium* sp.)

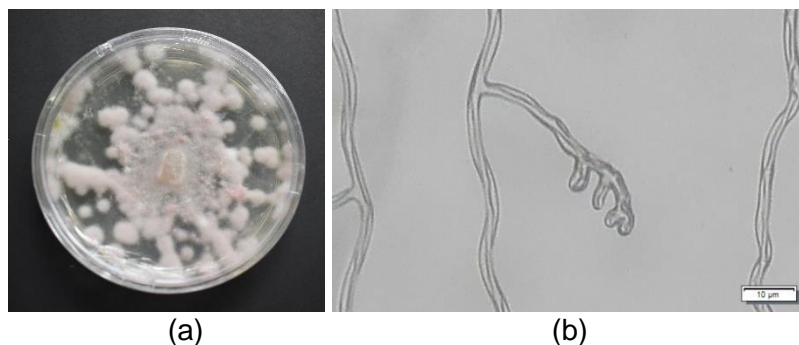
Pengamatan makroskopis jamur B1-2 menunjukkan warna koloni berwarna putih dengan perpaduan kuning dibagian tengah dan memiliki warna dasar putih. Tipe persebaran menyebar konsentris, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsentris yang jelas (Gambar 11a). Tekstur permukaan koloni agak kasar seperti tepung, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 9 cm dan waktu memenuhi petri 6x24 jam. Kenampakan secara mikroskopis mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat cukup rapat, dan berwarna hialin (Gambar 11b). Konidiofor bersekat, jarak antar sekat rapat, ramping, dan bercabang. Konidia berbentuk bulat, tidak bercabang, dan bergerombol di dekat konidiofor. Konidiumnya berbentuk bulat telur pendek, berdinding halus, agak besar, dan kebanyakan berukuran $(4,5-6)\ \mu\text{m} \times (3,5-4)\ \mu\text{m}$ (Soesanto, 2008). *Gliocladium* sp. merupakan jamur tanah yang umum dan tersebar di berbagai jenis tanah, misalnya tanah hutan, dan pada beragam rizosfer tanaman. Jamur *Gliocladium* sp. terkenal sebagai jamur antagonis. Pertumbuhan optimum jamur antagonis terjadi pada suhu $25-32^{\circ}\text{C}$. Jamur parasit nekrotrof ini mampu tumbuh baik sebagai pesaing saprotrof dari jamur lainnya (Soesanto, 2008).



Gambar 11. Kenampakan jamur *Gliocladium* sp. (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Gliocladium* sp. (Barnet dan Hunter (1998))

Jamur B1-1 (Jamur Entomopatogen 1)

Pengamatan makroskopis jamur B1-1 menunjukkan warna permukaan koloni berwarna merah muda keputihan dan warna dasar koloni putih. Pertumbuhan koloni menyebar ketepi dan tidak konsentris. Permukaan koloni tipis seperti kapas sampai ke tepi. Koloni memenuhi petri dalam waktu dalam waktu 9 × 24 Jam. Secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa tidak bersekat dan panjang. Hifa tumbuh memanjang dan bercabang tanpa ditandai adanya pembentukan konidiofor (Gambar 12).



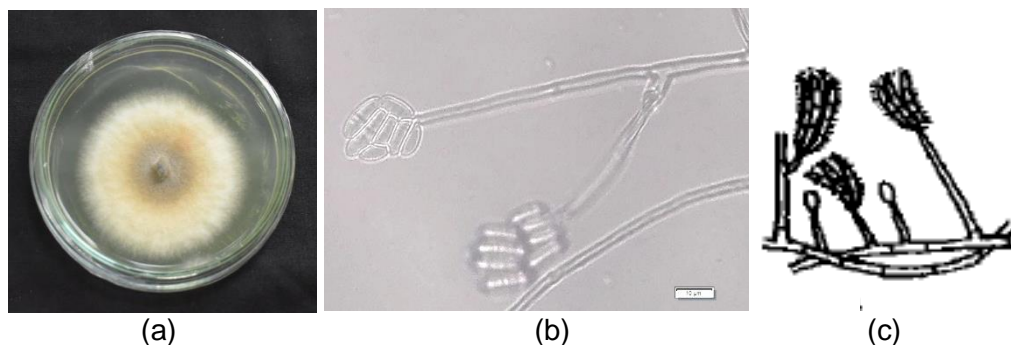
Gambar 12. Kenampakan jamur entomopatogen 1 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x).

Jamur B1-3 (*Fusarium* sp. 2)

Pengamatan makroskopis dari jamur B1-3 menunjukkan warna koloni saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna coklat, bagian tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar oranye. Tipe persebaran berbentuk bulat, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsentris yang jelas. Tekstur permukaan koloni

agak kasar seperti serabut, kepadatan rapat, ketebalan agak tipis (Gambar 13a). Menurut Gandjar *et al.*, (1999) bahwa miselia aerial seperti kapas berwarna agak putih atau kekuningan atau agak merah muda, kemudian menjadi kecoklatan hingga merah kecoklatan.

Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 7,5 cm dan waktu memenuhi petri 9x24 jam. Kenampakan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat cukup rapat, berwarna hialin. Konidiofor tegak, bersekat, jarak antar sekat rapat, ramping, dan tidak bercabang. Konidia berbentuk lonjong pipih dan agak sedikit melengkung seperti bulan sabit, tidak bercabang, dan bergerombol di dekat konidiofor (Gambar 13b). Barnett dan Hunter (1960) menyatakan konidiofor bervariasi berbentuk ramping dan simpel, menggembung dan pendek, makrokonidia terdiri dari beberapa sel sedikit melengkung, berbentuk seperti perahu kano. Dari hasil percobaan Rosmini (2010), *Fusarium* sp. mampu menginfeksi wereng hijau 55,5%.

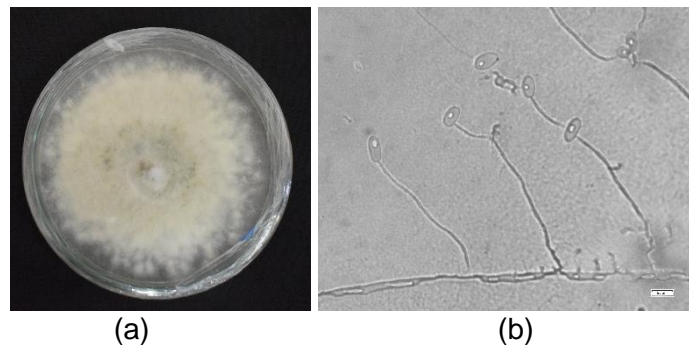


Gambar 13. Kenampakan jamur *Fusarium* sp. 2 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik jamur *Fusarium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Jamur B2-1 Jamur Entomopatogen 2

Pengamatan makroskopis Jamur B1-2 menunjukkan warna tepi permukaan koloni berwarna krem dan bagian tengah berwarna putih. Pertumbuhan koloni menyebar ketepi dan konsentris. Permukaan koloni seperti kapas yang membentuk spotspot kecil sampai ke tepi (Gambar 14a). Diameter koloni 8,4 cm dalam waktu 7 hari. Secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat dan panjang. Konidiofor hialin, tidak bersekat dan bercabang. Bagian ujung cabang terdapat konidia. Konidia di ujung konidiofor tidak berkelompok, hialin dan berbentuk lonjong (Gambar 14b). Berdasarkan hasil perbandingan literatur tidak

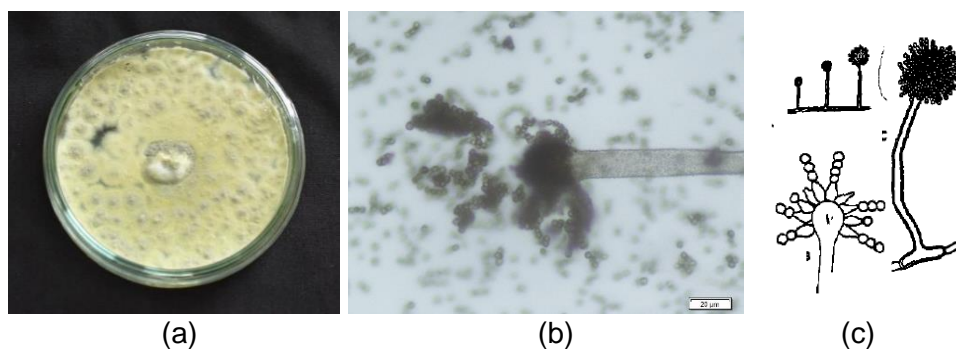
dapat diidentifikasi secara pasti jenis jamur entomopatogen yang didapat karena kenampakan mikroskopis isolat kurang jelas pertumbuhannya (Gambar 14).



Gambar 14. Kenampakan jamur entomopatogen 2 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x).

Jamur B3-1 (*Aspergillus* sp. 1)

Pengamatan makroskopis jamur B3-1 menunjukkan warna koloni saat muda kuning, ketika tua pada bagian tengah berwarna hijau tua, bagian tepi berwarna kuning dan memiliki warna dasar kuning. Tipe persebaran berbentuk bulat menyebar, dan tidak konsentris. Tekstur permukaan koloni agak kasar, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis (gambar 15a). Waktu memenuhi petri 11x24 jam. Kenampakan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat jauh, dan berwarna hialin. Konidiofor tidak bersekat, ramping, berbentuk memanjang dan menggembung dibagian ujungnya, dan tidak bercabang. Konidia berbentuk bulat dengan diameter 4,93 μm , tidak bercabang, dan bergerombol di dekat konidiofor (gambar 15b).

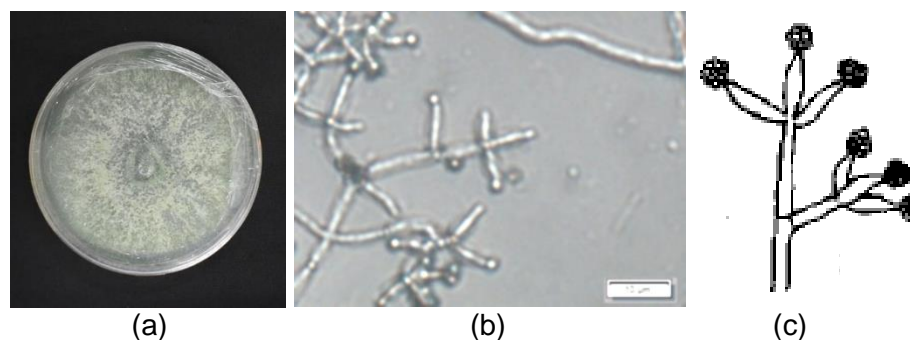


Gambar 15. Kenampakan jamur *Aspergillus* sp. 1 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Aspergillus* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Konidia dari *Aspergillus* sp. berdinding halus, berbentuk panjang hingga elips dan striate. Secara mikroskopis, konidiofor biasanya panjang, kolumnar, tidak berwarna (hialin) dan halus sehingga menimbulkan vesikel bulat biseriate (Balajee, 2009). Konidia ini mudah berkecambah dalam berbagai kondisi karena termotoleran dan dapat berkecambah pada suhu berkisar 12–50 °C (Bhabhra & Askew, 2005). Cendawan *Aspergillus* sp. mampu menginfeksi serangga bila telah ada pelukaan lebih dahulu pada permukaan integumen (Strack, 2003). Karakteristik utama *Aspergillus* adalah laju pertumbuhan yang tinggi, warna koloni dan toleransi terhadap temperatur tinggi. Lebih lanjut dinyatakan bahwa jamur *Aspergillus* bersifat kosmopolitan dan ditemukan dimana-mana secara alami (Trizelia *et al.*, 2013).

Jamur B3-2 (*Trichoderma* sp.)

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna permukaan koloni berwarna hijau putih kekuningan dan warna dasar koloni putih. Pertumbuhan koloni menyebar ketepi dan konsentris. Permukaan koloni tipis seperti serabut sampai ke tepi. Diameter koloni 8 cm dalam waktu 7 hari. Secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat dan panjang. Konidiofor hialin, tidak bersekat dan bercabang. Bagian ujung cabang konidiofor mengerucut. Konidia di ujung konidiofor yang berkelompok, hialin dan berbentuk bulat (Gambar 16).



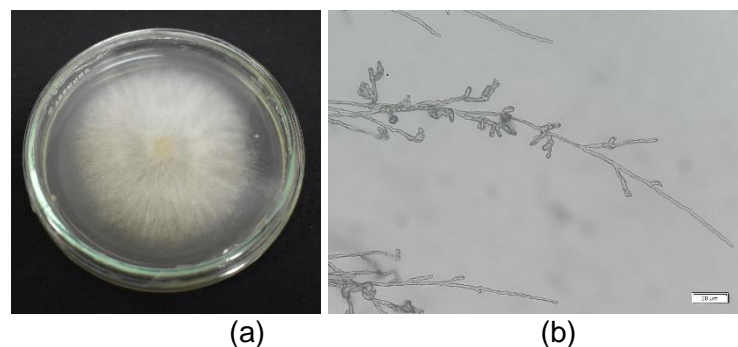
Gambar 16. Kenampakan jamur *Trichoderma* sp. (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Trichoderma* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Hal ini dijelaskan berdasarkan buku identifikasi dari Watanabe (2002) dan Domsch *et al.*, (1980) yang menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. mempunyai konidiofor bercabang menyerupai piramida yaitu pada bagian bawah cabang lateral yang berulang-ulang, sedangkan semakin ke ujung percabangan menjadi

bertambah pendek. Fialid tampak langsing dan panjang terutama pada aspek dari cabang, konidia berbentuk semi bulat hingga oval. Konidia yang ber dinding halus, koloni mulamula berwarna putih lalu menjadi kehijauan dan selanjutnya setelah dewasa miselium memiliki warna hijau kekuningan atau hijau tua terutama pada bagian yang menunjukkan banyak terdapat konidia.

Jamur C1-1 (Jamur Entomopatogen 3)

Hasil pengamatan secara makroskopis jamur C1-1 menunjukkan bahwa pada biakan murni pada media PDA koloni berwarna putih sengan tekstur seperti kapas. Diameter koloni pada saat umur 7 hari mencapai 8 cm waktu memenuhi petri adalah 9x24 jam. Tipe pertumbuhan jamur konsentris ke seluruh permukaan petri. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa tumbuh memanjang, berwarna hialin dan bercabang. Hifa terus tumbuh memanjang dan bercabang namun tidak ada tanda-tanda pembentukan konidiofor (Gambar 17).

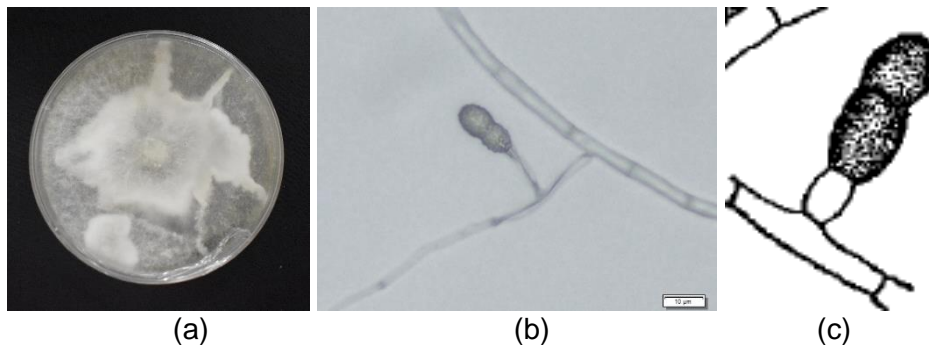


Gambar 17. Kenampakan jamur entomopatogen spesies 3. (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x)

Jamur D1-1 (*Trichocladium* sp.)

Pengamatan secara makroskopis dari jamur D1-1 menunjukkan koloni berwarna putih, bertekstur seperti kapas, dan tumbuh secara tidak merata. Warna dasar koloni berwarna putih. Pertumbuhan koloni menyebar keseluruh petri namun tidak konsentris. Diameter koloni pada hari ke 7 adalah 9 cm waktu memenuhi petri 7x24 jam. *Trichocladium* sp konidiofornya pendek. Konidia berwarna gelap, bengkok satu sampai empat sekat. Bentuknya bulat telur sampai ellipsis atau memanjang,' (Barnet dan Hunter, 1972). Hasil pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa yang tumbuh bersekat, berwarna hialin dan bercabang.

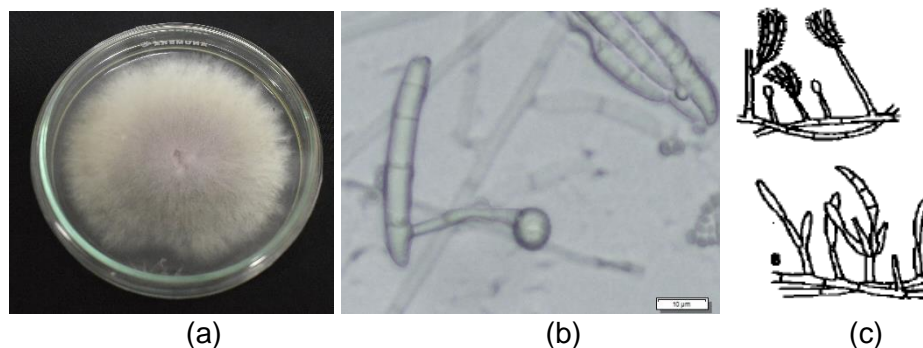
Konidiofor tegak tidak bercabang dan bagian ujung konidiofor terdapat 2 konidia berbentuk bulat. Ukuran konidia ($6,57 \mu\text{m} \times 9,14 \mu\text{m}$) (Gambar 18).



Gambar 18. Kenampakan jamur entomopatogen 4 (a: secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Trichocladium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Jamur D1-2 (*Fusarium* sp. 3)

Hasil pengamatan makroskopis dan mikroskopis jamur D1-2A menunjukkan ciri dari jamur *Fusarium* sp. 3. Secara makroskopis koloni berwarna putih seperti kapas. Pertumbuhan koloni menggunung dan tumbuh teratur sampai ke tepi. Permukaan koloni rapat dan tebal seperti kapas (Gambar 18a). Warna dasar koloni bagian tengah berwarna merah muda dan tepi berwarna putih. Pertumbuhan koloni 9 cm dalam tujuh hari. Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa berwarna hialin, bercabang dan bersekat. Konidiofor ramping, tegak, bersekat dan hialin. Makrokonidia hialin, bersekat 3 atau lebih, melengkung pada kedua ujung lancip seperti bulan sabit. Makrokonidia memiliki panjang $24,77 \mu\text{m}$ dan lebar $3,49 \mu\text{m}$ (Gambar 18b).

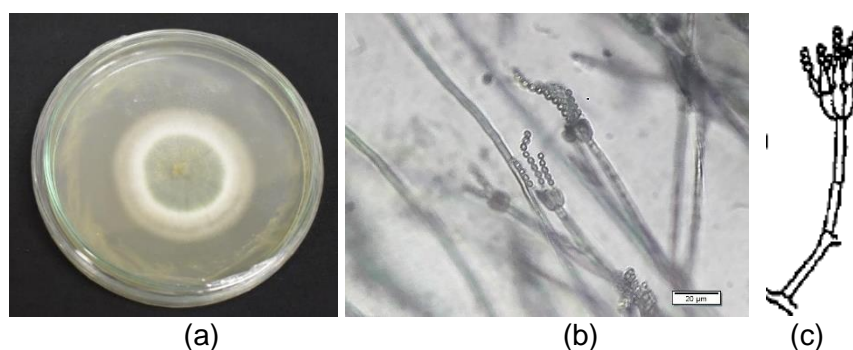


Gambar 19. Kenampakan jamur *Fusarium* sp. 3 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Fusarium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Barnett dan Hunter (1960) menyatakan ciri mikroskopis dari *Fusarium* sp. yaitu konidiofor bervariasi berbentuk ramping, sederhana atau menggembung, pendek, tunggal atau bercabang. Makrokonidia terdiri dari beberapa sel sedikit melengkung, membengkok pada bagian ujung dengan kata lain berbentuk seperti perahu kano, berwarna hialin. Berdasarkan hasil identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis isolat jamur D1-2 tergolong dalam jamur *Fusarium* sp.3. Widayat dan Rayati (1993) mengemukakan bahwa *Fusarium* sp. sebagai cendawan patogen pada hama ulat api (*S. nitens*).

Jamur D1-3 (*Penicillium* sp.)

Pengamatan makroskopis jamur D1-3 menunjukkan warna koloni saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna hijau tua, bagian tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar putih. Tipe persebaran berbentuk bulat konsentris, dan memiliki konsentris yang jelas. Tekstur permukaan koloni agak kasar, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 5 cm dan waktu memenuhi petri 12x24 jam. Kenampakan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat cukup jauh, dan berwarna hialin. Konidiofor tidak bersekat, bercabang, dan berbentuk seperti sapu. Konidia berbentuk bulat, tidak bercabang, dan berbaris memanjang di setiap ujung konidiofor (Gambar 19a). Barnett dan Hunter (1960) menyatakan konidiofor tunggal atau bercabang diujung terdapat beberapa fialid, konidia hialin atau cerah, 1 sel, berantai.



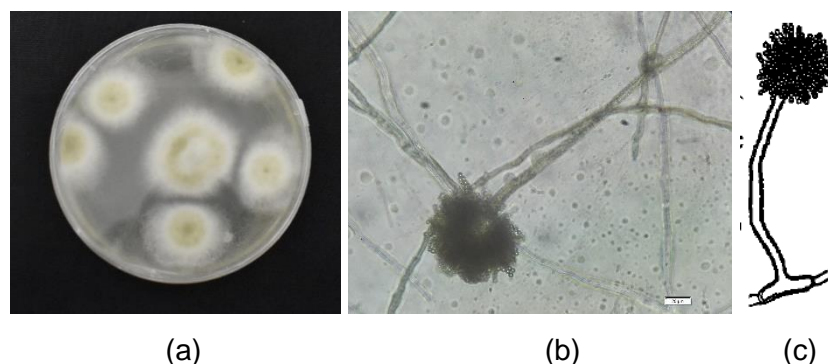
Gambar 20. Kenampakan jamur *Penicillium* sp. (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Penicillium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Secara makroskopis, ciri-ciri yang dapat dilihat adalah koloni tumbuh sekitar 4 hari pada suhu 25°C pada medium *saboroud dextrose* agar dan koloni mula-

mula berwarna putih kemudian akan berwarna kehijauan, sedang secara mikroskopis dengan ciri-ciri yang sapat dilihat adalah hifa bersepta dan konidiofor mempunyai cabang yang disebut dengan metula, di atas metula terdapat fialid (Pohan, 2009). Morfologi dan biologi menurut Burges (1981 dalam Nuryatiningsih, 2015) konidiofor berbentuk seperti sapu (*penicillate*) dengan adanya fialid. Konidia terdiri dari 1 sel berbentuk bulat atau oval dan berwarna terang. Diameter konidia yang ditumbuhkan pada media cabang yang lebih rendah biasanya berukuran 3 μm –4,5 μm . Cendawan *Penicillium* sp. ada 136 spesies, diantara spesies-spesies tersebut terdapat 36 spesies yang bersifat entomopatogen.

Jamur D2-1 (*Aspergillus* sp. 2)

Pengamatan secara makroskopis menunjukkan bahwa isolat D2-1 memiliki koloni berwarna putih dibagian tepi dan berwarna hijau dibagian tengah. Tipe persebaran koloni menyepar secara tidak merata. Tekstur permukaan koloni berserabut dengan kerapatan yang rapat. Waktu koloni memenuhi petri membutuhkan waktu sekitar 10x24 jam (Gambar 20a). Kenampakan mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat dan berwarna hialin. Konidiofor memanjang dan membulat pada ujungnya. Disekitar konidiofor terdapat konidia yang berwarna hitam yang bergerombol (Gambar 20b). Berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis yang ada dan perbandingan literatur (Barnett,1998) menunjukkan bahwa jamur B3-1 termasuk kedalam genus *Aspergillus*.



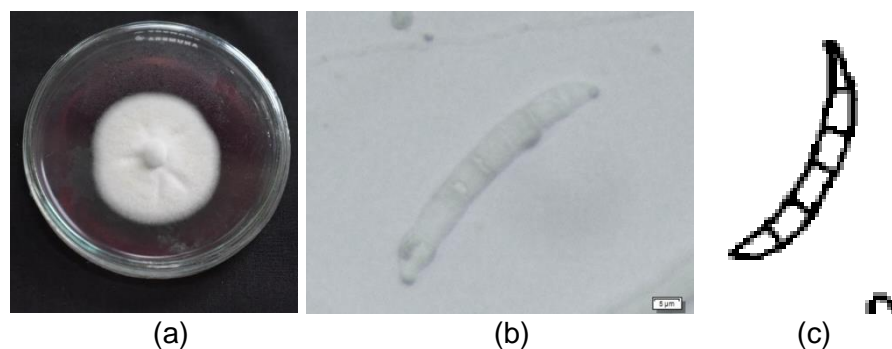
Gambar 21. Kenampakan jamur *Aspergillus* sp. 2 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Aspergillus* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Aspergillus merupakan salah satu kapang yang berasal dari filum Ascomycota, dapat dikenali dengan adanya struktur konidia yang berbentuk oval,

semibulat, atau bulat. Konidia melekat pada fialid dan fialid melekat pada bagian ujung konidiofor yang mengalami pembengkakan atau disebut vesikel. Fialid dapat melekat langsung pada vesikel (tipe sterigmata uniseriat) atau dapat melekat pada struktur metula (tipe sterigmata biserial) (Samson *et al.*, 2004). Diameter vesikula berkisar 10-15 μm x 4-8 μm , metula berukuran 7-10 μm x 4-6 μm , dan konidia berdiameter 5-6 μm . (Gandjar, 1999). Misellium semula berwarna putih kemudian akan bersporangium menjadi berwarna coklat kekuning-kuningan, hijau, atau kehitam-hitaman (Dwidjoseputro, 2010).

Jamur D2-2 (*Fusarium* sp. 4)

Pengamatan makroskopis jamur D2-2 menunjukkan warna koloni berwarna putih dan memiliki warna dasar putih. Jamur ini mengeluarkan pigmen warna sehingga menyebabkan media mengalami perubahan warna menjadi ungu. Tipe persebaran menyebar konsentris, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsentris yang jelas (Gambar 22a). Tekstur permukaan koloni agak kasar seperti tepung, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 4 cm dan waktu memenuhi petri 15x24 jam. Kenampakan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa bersekat, jarak antar sekat cukup rapat, dan berwarna hialin. Konidiofor bersekat, jarak antar sekat rapat, ramping, bercabang. Konidia berbentuk bulan sabit, tidak bercabang, bersekat dan bergerombol (Gambar 22b). Makrokonidia memiliki panjang 24,77 μm dan lebar 3,49 μm .



Gambar 22. Kenampakan jamur *Fusarium* sp. 4 (a) secara makroskopis, b) secara mikroskopis (perbesaran 400 x), c) kenampakan mikroskopik Jamur *Fusarium* sp. (Barnett dan Hunter (1998))

Barnett dan Hunter (1960) menyatakan miselium *Fusarium* sp. seperti kapas pada biakan media, bagian dasar berwarna merah muda, ungu atau kuning.

Konidiofor bervariasi berbentuk ramping dan simpel, menggembung dan pendek, makrokonidia terdiri dari beberapa sel sedikit melengkung, berbentuk seperti perahu kano.

Keanekaragaman Jamur Entomopatogen

Berdasarkan hasil identifikasi didapatkan 13 isolat jamur dari 6 genus yang berbeda dan 3 isolat yang tidak teridentifikasi (Tabel 4). Menurut penelitian Risbianti (2014) patogen serangga di tanah gambut Desa Kalampangan Kalimantan Tengah ditemukan beberapa jenis isolat yang sama yaitu *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Trichocladium* sp. dan *Penicillium* sp., dan jenis jamur yang lainnya yaitu *Metharizium* sp., dan jamur yang tidak teridentifikasi. Penelitian Jami'a (2013) tentang isolasi di tanah gambut pada tanah percobaan UIN Suska Riau hanya didapat 3 jenis jamur yaitu *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Monocilium* sp. Hal tersebut menggambarkan perbedaan lokasi dapat menyebabkan perbedaan jenis dan keberagaman jamur entomopatogen. Menurut Lezama-Gutierrez *et al.*, (2001), keberadaan, keanekaragaman, dan distribusi cendawan entomopatogen bervariasi tergantung pada habitat, lokasi, geografis, kondisi lingkungan, jenis tanaman, dan praktik budi daya.

Tabel 4. Hasil Isolasi Jamur Entomopatogen berdasarkan Jarak dari Habitat Alami

Jarak dari habitat alami*)	Kode Isolat	Hasil Identifikasi
Dekat	US- A1-1	<i>Fusarium</i> sp. 1
Dekat	US- B1-1	Jamur Entomopatogen 1
Dekat	US-B1-2	<i>Gliocladium</i> sp.
Dekat	US-B1-3	<i>Fusarium</i> sp. 2
Dekat	US- C1-1	Jamur Entomopatogen 3
Dekat	US-D1-1	<i>Trichocladium</i> sp.
Dekat	US-D1-2	<i>Fusarium</i> sp. 3
Dekat	US-D1-3	<i>Penicillium</i> sp.
Sedang	US- B2-1	Jamur Entomopatogen 2
Sedang	US-D2-1	<i>Aspergillus</i> sp. 2
Sedang	US-D2-2	<i>Fusarium</i> sp. 4
Jauh	US-B3-1	<i>Aspergillus</i> sp. 1
Jauh	US-B3-2	<i>Trichoderma</i> sp.

*) Dekat (<200 m) , Sedang (sekitar 2 km), dan Jauh (sekitar 5 km)

Dari hasil isolasi jamur entomopatogen dari berbagai kriteria jarak dari habitat alami didapat 8 jenis jamur dari kriteria jarak dekat, 3 jenis jamur pada jarak sedang dan 2 jenis jamur pada kriteria jarak jauh. Menurut Sapieha-Waszkiwicz *et al.* (2005), keberadaan jamur entomopatogen di dalam tanah tergantung pada habitat. Selanjutnya Sosa-Gomez *et al.* (2001), mengemukakan bahwa keanekaragaman cendawan entomopatogen dalam tanah dipengaruhi oleh

beberapa faktor, yaitu kandungan air tanah, kandungan bahan organik, dan temperatur. Keanekaragaman jamur entomopatogen pada lahan perkebunan kelapa sawit diperoleh dengan menggunakan rumus keanekaragaman Shannon dan Wiener (H'). Indeks keanekaragaman jamur entomopatogen yang ditemukan di lahan kelapa sawit PT. Astra Agro lestari di jarak dekat dan sedang memiliki tingkat keanekaragaman sedang sedangkan pada lahan yang jaraknya jauh dari habitat alami memiliki keberagaman yang rendah (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai indeks keanekaragaman (H') jamur entomopatogen dari berbagai kriteria jarak habitat alami

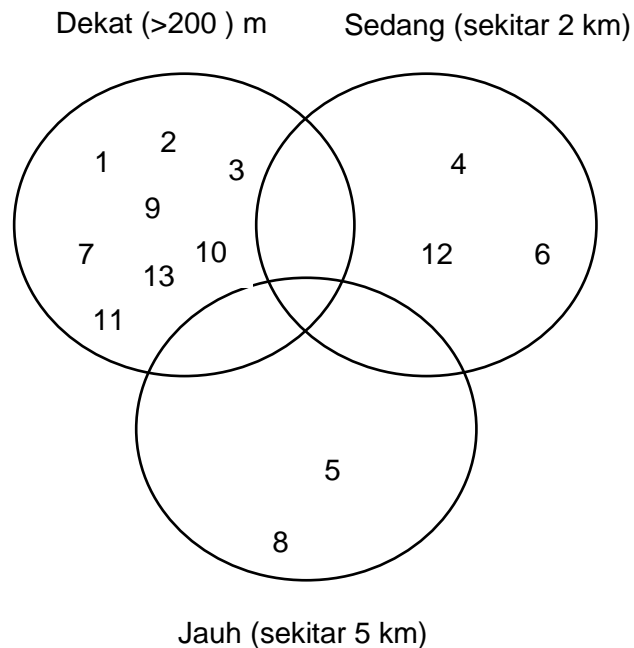
Kriteria Jarak*)	Nilai Indeks (H')	Keterangan
Dekat	1.79	Keanekaragaman sedang
Sedang	1.61	Keanekaragaman sedang
Jauh	0.69	Keanekaragaman rendah

*) Dekat (<200 m) , Sedang (sekitar 2 km), dan Jauh (sekitar 5 km)

Tingkat keanekaragaman jamur entomopatogen di lahan perkebunan kelapa sawit pada kriteria jarak dekat dari habitat alami lebih beragam dibanding jarak jauh. Berdasarkan hasil analisis ragam jamur entomopatogen menunjukkan bahwa jarak antara lahan dan habitat alami tidak mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen (nilai F 2,385 dan nilai P 0,148) (lampiran 2). Menurut Sapieha-Waszkiewicz *et al.* (2005), keberadaan cendawan entomopatogen di dalam tanah tergantung pada habitat. Selanjutnya Sosa-Gomez *et al.*, (2001) mengemukakan bahwa keanekaragaman cendawan entomopatogen dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kandungan air tanah, kandungan bahan organik, dan temperatur. Sutanto (2002) menyatakan bahwa bahan organik akan menambah energi yang diperlukan kehidupan mikroorganisme tanah. Hasil analisis C-organik dan bahan organik tanah menunjukkan bahwa rerata kandungan bahan organik tanah di lahan kelapa sawit yang berjarak dekat, jarak sedang dan jarak yang jauh dari habitat alami tidak berpengaruh nyata (lampiran 3). Sutanto (2002) menyatakan bahwa bahan organik akan menambah energi yang diperlukan kehidupan mikroorganisme tanah. Tanah yang kaya bahan organik akan mempercepat perbanyakan fungi, bakteri, mikro flora dan mikro fauna lainnya.

Keanekaragaman spesies pada jarak dekat cenderung lebih beragam dibanding spesies yang ditemukan di jarak sedang dan jauh (Gambar 23). Menurut Wikardi (1994), pH sangat penting untuk pertumbuhan jamur, karena enzim-enzim tertentu akan mengurai substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Dari

hasil analisa sampel tanah yang didapat rerata pH tanah dari lahan perkebunan kelapa sawit dengan kriteria jarak dekat berkisar 5,87, kriteria jarak sedang 5,12, dan kriteria jarak jauh 5,08. *B. bassiana* dapat tumbuh optimal pada pH 5,7–5,9 dan pH optimum untuk pertumbuhan *M. anisopliae* yaitu 7 (Windarti, 2010). pH tanah pada lahan dengan kriteria jarak dekat lebih mendekati kriteria pH optimum bagi pertumbuhan jamur dibanding pH tanah pada jarak jauh.



Gambar 23. Diagram Perbedaan keanekaragaman spesies jamur entomopatogen pada lahan perkebunan kelapa sawit PT. Astra Agro Lestari, Tbk pada berbagai variasi jarak dari habitat alami. Nomor yang ada pada diagram menunjukkan kode spesies jamur entomopatogen (lampiran 5).

Virulensi Jamur Entomopatogen terhadap *T.molitor*

Dari hasil uji virulensi jamur entomopatogen ke serangga uji *T.molitor* tidak ada satupun jamur yang berhasil menginfeksi serangga uji. Banyak faktor yang mempengaruhi kemampuan membunuh entomopatogen seperti spesies entomopatogen, suhu, kelembaban, tanah tempat patogen hidup serta jenis serangga yang diujikan. Jamur yang terisolasi dari umpan serangga yang ditempatkan pada tanah digolongkan ke dalam tiga katagori, yaitu (1) jamur patogen serangga; (2) jamur patogen oportunistis atau jamur yang tidak dikenal luas sebagai jamur patogen serangga tetapi telah dilaporkan terisolasi dari serangga; dan (3) pengoloni sekunder atau jamur yang belum diketahui patogenitasnya pada

serangga (Bin *et al.*, 2008). Beberapa jenis cendawan entomopatogen yang berpotensi dalam mengendalikan hama tanaman adalah *Beauveria bassiana* (Trizelia, 2005 dalam Ginting *et al.*, 2013) dan *Metarhizium anisopliae* (Ghanbary *et al.*, 2009 dalam Ginting *et al.*, 2013). Dari hasil identifikasi jenis jamur yang didapat diantaranya *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Gliocladium* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Trichocladium* sp., dan isolat tidak teridentifikasi. Jamur-jamur yang didapat bukanlah jamur yang biasa memiliki peranan sebagai jamur entomopatogen. Namun beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa ternyata jamur tersebut berpotensi untuk menginfeksi serangga umpam pada kondisi lingkungan yang optimum. Nuraidal & Hasyim (2009) melaporkan bahwa telah berhasil mengisolasi cendawawan *Fusarium* sp., *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Nomuraea* sp., *Paecilomyces* sp., dan *Achersonia* sp sebagai entomopatogen. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Serdani (2015) tentang isolasi jamur patogen serangga pada tanah gambut Kalimantan Tengah diperoleh hasil yang beragam yaitu *Acremonium* sp., *Aspergillus* sp., *Cephalosporium* sp., *Fusarium* sp., *Mortierella* sp., *Phytium* sp., *Trichoderma* sp., *Lecanicillium* sp., dan isolat tidak teridentifikasi.

Soewarno *et al.*, (2012) menyatakan bahwa *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., dan *Penicillium* sp. tergolong sebagai jamur oportunistik. Hasil-hasil penelitian Vega *et al.* (1999), Bing-Da *et al.* (2008), Assaf *et al.* (2011), dan Anwar *et al.* (2012), selalu menggolongkan ketiga genus cendawan ini ke dalam cendawan-cendawan oportunistik, dan mereka selalu berasosiasi dengan serangga di berbagai negara. Jamur *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Penicillium* sp. kurang efektif dalam mematikan larva *S. litura*. Menurut Bin *et al* (2008), jamur-jamur dari jenis *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, dan *Penicillium* merupakan jamur patogen oportunistik yang sangat umum, sedangkan *Trichoderma* sp. adalah jamur pengkoloni sekunder. Cendawan oportunistik berbeda dengan cendawan pengkoloni sekunder sebab untuk golongan cendawan terakhir ini telah beradaptasi untuk hidup secara saproba (organisme yang mengkonsumsi jaringan serangga yang sudah mati) (Deshpande dan Pune, 2011).

Dari hasil isolasi jamur entomopatogen dapat diduga bahwa jamur yang diisolasi merupakan jamur yang berpotensi sebagai jamur oportunistik dan jamur pengkoloni sekunder. Jamur koloni sekunder merupakan jamur yang masuk kedalam tubuh inang dengan bantuan jamur lainnya sehingga jamur tersebut memang tidak ada potensi untuk menginfeksi serangga inang karena jamur masuk

melalui bantuan jamur entomopatogen lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh karakteristik dari cendawan ini. Dari hasil uji virulensi belum bisa dipastikan peranan dari isolat jamur yang didapat karena viabilitas dari isolat jamur yang didapat tergolong rendah (Tabel 6) sehingga hal tersebut dapat berpengaruh pada kemampuan virulensi jamur.

Dalam pengaplikasiannya isolat yang digunakan adalah isolat dengan kerapatan 10^7 konidia/ml. Ferron(1985) dalam Maharani (2016) menyatakan bahwa keberhasilan menginfeksi jamur terhadap serangga hama sangat ditentukan oleh kerapatan konidia yang mengalami kontak langsung dengan tubuh inang. Semakin banyak konidia yang menempel pada inang sasaran akan semakin cepat menginfeksi inang sasaran tersebut, kerapatan konidia 10^6 – 10^8 konidia/ ml biasanya sudah cukup memadai dalam uji patogenitas jamur. Kerapatan konidia jamur entomopatogen yang didapat cukup beragam dan memiliki kerapatan yang cukup untuk dapat menginfeksi serangga inang apabila didukung oleh kondisi optimum lainnya. Selain kerapatan konidia kemampuan viabilitas jamur juga mempengaruhi virulensi serangga uji. Viabilitas konidia dari isolat jamur yang didapat menunjukkan hasil yang berbeda-beda (Tabel 6).

Tabel 6. Kerapatan konidia dan viabilitas konidia jamur entomopatogen yang didapat dari hasil umpan serangga

Isolat	Spesies	Kerapatan (Konidia/ml)	Viabilitas konidia (%)
US- A1-1	<i>Fusarium</i> sp. 1	$21,8 \times 10^6$	31,91
US- B1-1	Jamur Entomopatogen 1	$8,5 \times 10^6$	12,54
US-B1-2	<i>Gliocladium</i> sp.	$16,4 \times 10^6$	28,92
US-B1-3	<i>Fusarium</i> sp. 2	$5,8 \times 10^6$	26,38
US- B2-1	Jamur Entomopatogen 2	$10,2 \times 10^6$	16,92
US-B3-1	<i>Aspergillus</i> sp. 1	$11,4 \times 10^6$	16,09
US-B3-2	<i>Trihoderma</i> sp.	$22,5 \times 10^6$	30,38
US- C1-1	Jamur Entomopatogen 3	$9,4 \times 10^6$	7,31
US-D1-1	Jamur Entomopatogen 4	$12,7 \times 10^6$	25,66
US-D1-2	<i>Fusarium</i> sp. 3	$18,5 \times 10^6$	30,12
US-D1-3	<i>Penicilium</i> sp.	$31,4 \times 10^6$	28,81
US-D2-1	<i>Aspergillus</i> sp. 2	$36,5 \times 10^6$	37,66
US-D2-2	<i>Fusarium</i> sp. 4	$17,8 \times 10^6$	15,19

Dari hasil perhitungan viabilitas konidia dari jamur patogen serangga yang ditemukan relatif rendah dengan rata-rata viabilitas 23,7%. Daya kecambah (viabilitas) cendawan entomopatogen merupakan awal dari stadia pertumbuhan cendawan sebelum melakukan penetrasi ke integumen serangga. Oleh karena itu, daya kecambah sangat menentukan keberhasilan cendawan dalam pertumbuhan

selanjutnya (Prayogo *et al.*, 2005). Semakin tinggi kerapatan dan daya kecambah konidia maka peluang jamur entomopatogen dalam mematikan serangga uji juga semakin cepat (Hasyim *et al.*, 2005).

Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban juga dapat mempengaruhi kemampuan virulensi dari jamur entomopatogen. Rata-rata dari suhu lapang dari lokasi penelitian adalah sebesar 25,8 °C sedangkan rata-rata suhu ruang inkubasi di laboratorium adalah 27,6°C. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur entomopatogen adalah 20-30 °C (Hsia *et al.*, 2014). Cendawan entomopatogen memerlukan kelembapan yang tinggi untuk tumbuh dan berkembang. Rata-rata kelembapan lapang dari lokasi penelitian sebesar 81,1%. sedangkan kelembapan ruang 51,1%. Perbedaan kelembapan yang ada dilapang dan di laboratorium menyebabkan menurunnya daya kecambah dari konidia jamur entomopatogen. Konidia akan membentuk kecambah pada kelembapan di atas 90% namun akan berkecambah dengan baik dan patogenisitasnya meningkat bila kelembapan udara sangat tinggi hingga 100%. Akan tetapi patogenisitasnya akan menurun apabila kelembapan udara di bawah 86% (Prayogo *et al.*, 2005). Kelembapan udara yang tinggi diperlukan selama proses pembentukan tabung kecambah (*germ tube*), sebelum terjadi penetrasi ke integumen serangga (Steinkraus dan Slaymaker 1994 *dalam* Arthurs dan Thomas 2001).

Rendahnya kelembapan yang ada dapat menjadi salah satu faktor penyebab ketidak berhasilan dari penginfeksi jamur entomopatogen yang diujikan. Kelembapan di atas 90% selama 6–12 jam setelah inokulasi dibutuhkan cendawan untuk melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga (Hoddle, 1999 *dalam* Cloyd, 2003). Di samping itu, kelembapan sangat penting dalam perkembangan konidia jamur serta transmisi jamur pada tubuh larva, dengan berkembangnya konidia jamur pada tubuh larva menyebabkan tubuh larva menjadi lemah dan kemudian mati (Simamora *et al.*, 2013). Suhu dan kelembapan yang sesuai bagi cendawan akan mengurangi dehidrasi cendawan saat disimpan. Dehidrasi yang berlebihan akan mengakibatkan kerusakan pada struktur khususnya konidia, sehingga banyak konidia yang infeksi sebelum melakukan proses infeksi pada serangga inang (Prayogo *et al.*, 2005).

Salah satu hal yang mempengaruhi keberhasilan dalam metode umpan serangga adalah proses penanganan yang tepat selama isolasi di laboratorium salah satunya proses sterilisasi. Pada penelitian ini sterilisasi dilakukan dengan cara sterilisasi basah yaitu larva dibilas dengan aquadest selama 1 menit,

kemudian dibilas dengan Alkohol 70% selama 1 menit, dan setelah itu dibilas lagi dengan aquadest selama 1 menit. Menurut Risbianti (2015), permukaan larva yang terinfeksi jamur entomopatogen terlebih dahulu di sterilisasi dengan 1% natrium hipoklorit (NaClO) selama 3 menit, kemudian dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali dan dikeringkan diatas kertas filter. NaClO seringkali digunakan sebagai bahan pemutih atau desinfektan. Senyawa ini sangat efektif membunuh bakteri dan virus (Sawant dan Tawar, 2011). Senyawa NaClO mampu membersihkan mikroorganisme yang terikut dalam bahan tanaman, menghilangkan partikel-partikel tanah, debu dan lain-lain (Santoso dan Nursandi, 2003). Untuk memastikan tidak adanya kontaminasi dari permukaan tubuh serangga perlu dilakukan penanaman dari air bilasan hasil sterilisasi yang terakhir. Sehingga jamur yang didapat bisa dipastikan merupakan jamur yang benar-benar menginfeksi serangga.

Selain jenis spesies jamur yang mempengaruhi kemampuan menginfeksi jenis hama atau serangga uji juga mempengaruhi. Hal ini sesuai dengan literatur Prayogo (2006) yang menyatakan bahwa jenis hama yang menyerang tanaman akan menentukan keefektifan cendawan entomopatogen karena setiap jenis cendawan entomopatogen mempunyai inang yang spesifik, walaupun ada pula yang mempunyai kisaran inang cukup luas. Amiri-Besheli *et al.*, (2006) menyatakan cendawan entomopatogen harus cocok dengan inangnya dan menghasilkan kombinasi enzim yang baik untuk dapat melakukan penetrasi tergantung kepada beberapa faktor patogenisitas, diantaranya faktor kesesuaian inang dan sifat fisiologis cendawan.