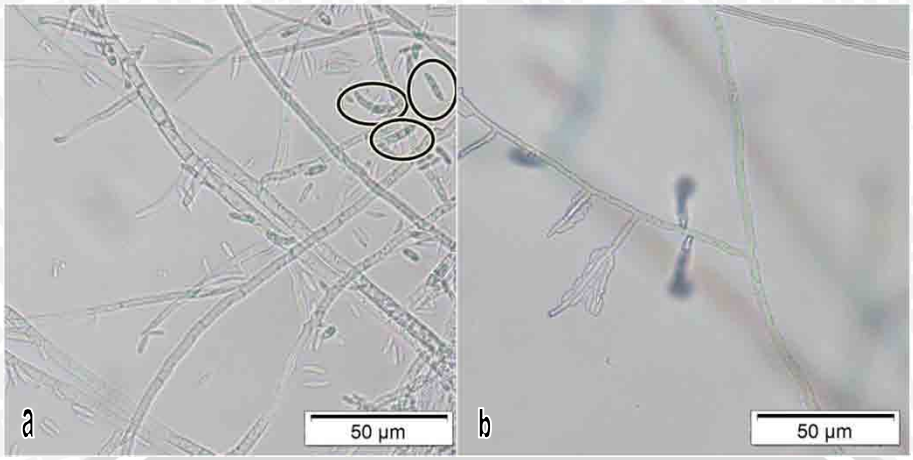
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jamur Patogen

Hasil isolasi dari daun tanaman tebu yang ditanam di dalam cawan petri berisi media PDA menunjukkan adanya pertumbuhan koloni jamur *F. moniliformae*. Pertumbuhan ditunjukkan dengan adanya koloni berwarna keunguan dengan serabut berwarna putih (Gambar 7). Hal ini sesuai menurut pernyataan Pitt dan Hocking (1999) yaitu pertumbuhan koloni *F. moniliformae* pada media PDA berwarna putih yang disertai dengan warna ungu.

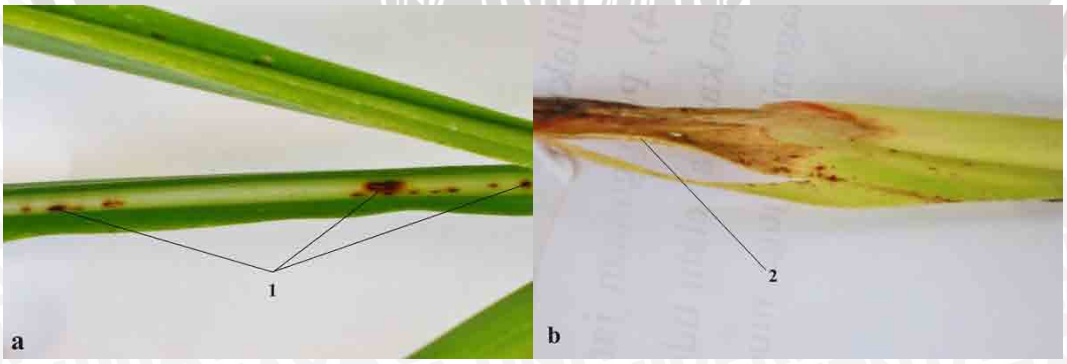
Gambar 1. Perumbuhan koloni *F. moniliformae* pada media PDA; a: Isolat *F. moniliformae* berumur 7 hari, 1: koloni yang berumur lebih tua berubah menjadi warna ungu, 2: koloni pada awal pertumbuhan berwarna putih; b: *F. moniliformae*. Sumber: (http://escalera.bio.ucm.es/recursos/bioimagen/index.php)

Selain melihat kenampakan warna dan bentuk pertumbuhan koloni jamur di atas media PDA, jamur *F. moniliformae* juga diamati berdasarkan kenampakan secara mikroskopis (Gambar 8). Berdasarkan gambar tersebut didapatkan bahwa makrokonidia dari isolat memiliki bentuk bengkok seperti sabit dan mempunyai sekat. Sedangkan mikrokonidium dari jamur ini berbentuk oval dan bersel satu. Hal ini sesuai dengan Semangun, 1988 yang menyatakan bahwa jamur *F. moniliformae* membentuk makrokonidium bengkok seperti sabit yang mempunyai 3-7 sekat yang berukuran 25-60 x 2,5-4µm yang bergantung kepada banyaknya sekat. Untuk bentuk dari mikrokonidia adalah berbentuk kumparan atau jorong dan bersel satu dengan ukuran 14-18 x 4,5-6µm.



Gambar 2. Foto mikroskopis jamur *F. moniliformae* dengan perbesaran 400x; a: makrokonida; b: mikrokonidia

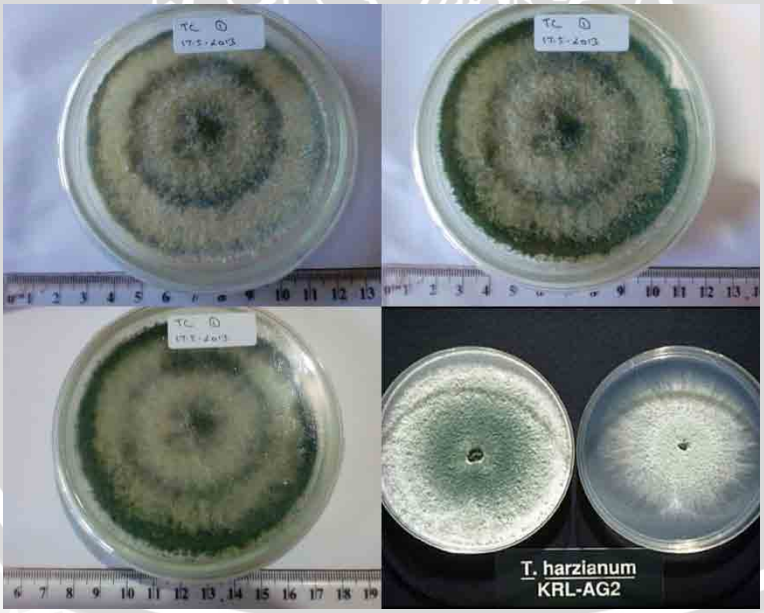
Hasil uji Postulat Koch juga menunjukkan bahwa jamur *F. moniliformae* yang ditumbuhkan pada media PDA tersebut adalah jamur patogen yang menyebabkan penyebab penyakit pokahbung pada tanaman tebu (Gambar 9). Uji Postulat Koch menunjukkan tanaman tebu yang disuntikkan jamur *F. moniliformae* menunjukkan gejala yang sama seperti yang tampak pada sampel daun tanaman tebu yang terserang pokahbung. Semangun, 1988 menyatakan gejala pokahbung yang tampak pada daun berupa terjadinya malformasi pada helaian daun tanaman tebu. Pada daun akan muncul titik-titik atau garis-garis berwarna merah. Apabila gejala serangan meluas hingga bagian tunas, maka daun-daun yang belum membuka akan terserang juga, sehingga daun-daun ini akan rusak dan tidak dapat membuka dengan sempurna.



Gambar 3. Foto gejala pokahbung hasil Uji Postulat Koch jamur *F. moniliformae* pada daun tanaman tebu; a: gejala pokahbung pada daun tebu 1 MSA; b: daun baru yang muncul setelah 4 MSA; 1: garis atau titik merah gejala pokahbung; 2: daun baru gagal membuka dan rusak

4.2 Isolasi Jamur Antagonis *Trichoderma sp.*

Hasil identifikasi jamur antagonis yang didapatkan dari isolasi tanah di sekitar perakaran tanaman tebu dengan melikhat kenampakan makroskopis dan mikroskopisnya adalah adalah jamur *Trichoderma harzianum*. Jamur antagonis *Trichoderma harzianum* yang tumbuh di atas media PDA menunjukkan pertumbuhan miselium pada hari ke-2 berwarna putih berbentuk bulat dengan permukaan halus yang pada hari berikutnya akan berubah menjadi warna hijau dengan membentuk cincin-cincin yang jelas antara koloni hifa berwarna putih dan hijau. Semakin tua usia dari jamur *Trichoderma harzianum*. maka semakin tua warna hijau tersebut dan cincin-cincin warna akan memudar berubah menjadi warna hijau pada semua permukaannya (Gambar 10). Hal ini sesuai dengan (Sunarwati, 2010) yang menyebutkan bahwa morfologi dari *Trichoderma harzianum* secara makroskopis berbentuk bulat dengan permukaan yang halus, mempunyai cincin-cincin yang jelas dengan hifa yang rapat dan menyebar ke segala arah serta berwarna hijau keputihan

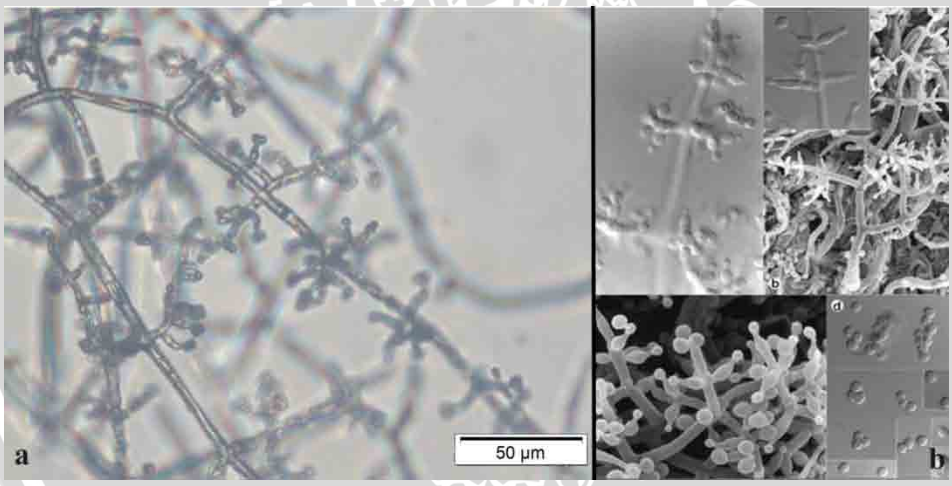


Gambar 4. Foto pertumbuhan jamur *Trichoderma sp.* pada media PDA; a: hari ke-3; b: hari ke-5; c: hari ke-7; d: Jamur *T. harzianum* . Sumber: (http://www.biocontrol.entomology.cornell.edu/pathogens/trichoderma.html)

Menurut Raka (2006), miselium *T. harzianum* tumbuh dengan cepat mencapai diameter pertumbuhan lebih dari 9 cm dalam waktu 5 hari pada media PDA. Miselium mula-mula berwarna putih dengan permukaan halus seperti kapas, kemudian kehijauan dan akhirnya berwarna hijau gelap.

4.2.1 Identifikasi Jamur Antagonis *Trichoderma sp.*

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma sp.* yang ditemukan menunjukkan ciri khas dari spesies Trichoderma yaitu konidia yang berbentuk fialid pada ujung konidiofor. Sedangkan bentuk konidiofor dari isolat *Trichoderma sp.* yang ditemukan berbentuk tegak lurus atau membentuk sudut siku-siku. Hal ini menyerupai struktur spora dari jamur *Trichoderma harzianum* (Gambar 11 (b)) yang mempunyai cabang konidiofor yang tegak lurus dan menghasilkan konidia pada ujungnya yang berbentuk seperti labu (Samuel et al, 2002).



Gambar 5. Foto mikroskopis jamur *Trichoderma sp.*; a: foto isolat jamur *Trichoderma sp.*dengan perbesaran 400x; b: gambar mikroskopis jamur *Trichoderma harzianum* . Sumber: www.mycobank.org

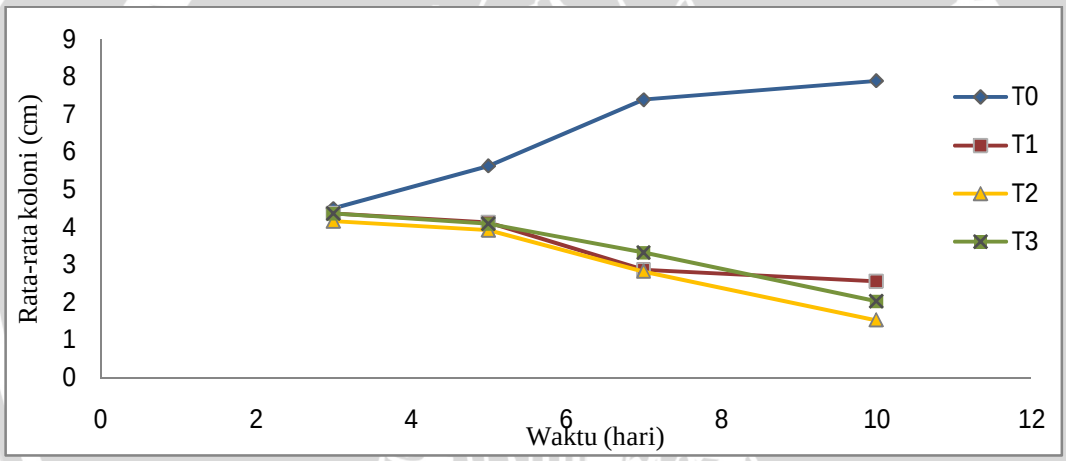
Trichoderma harzianum merupakan jenis jamur yang dapat ditemukan hampir di semua macam tanah dan di berbagai habitat. Jamur ini diketahui mempunyai kemampuan antagonis yang tinggi dalam menghambat perkembangan cendawan patogen tular tanah. Jamur *Trichoderma sp.* mempunyai tingkat pertumbuhan yang cukup cepat, menghasilkan konidia yang berlimpah dan mampu bertahan dalam kondisi yang kurang menguntungkan.

Pengamatan yang lebih teliti dari ciri-ciri morfologi sangat penting dalam menentukan jenis *Trichoderma sp.* secara tepat, karena secara umum jenis jamur ini sulit untuk dibedakan.

4.3 Hasil Uji Antagonis Secara In Vitro

4.3.1 Uji Penghambatan Koloni dengan Metode Goresan

Uji antagonis dengan metode goresan ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan jamur antagonis *Trichoderma sp.* dalam memarasit koloni hifa jamur patogen *F. moniliformae*. Hasil pengamatan terhadap isolat jamur *Trichoderma sp.* dengan tiga kerapatan spora yang berbeda yaitu 10^3, 10^4 dan 10^5 yang diuji daya parasitnya terhadap jamur *F. moniliformae* menunjukkan bahwa *Trichoderma sp.* menghambat pertumbuhan jamur *F. moniliformae*.

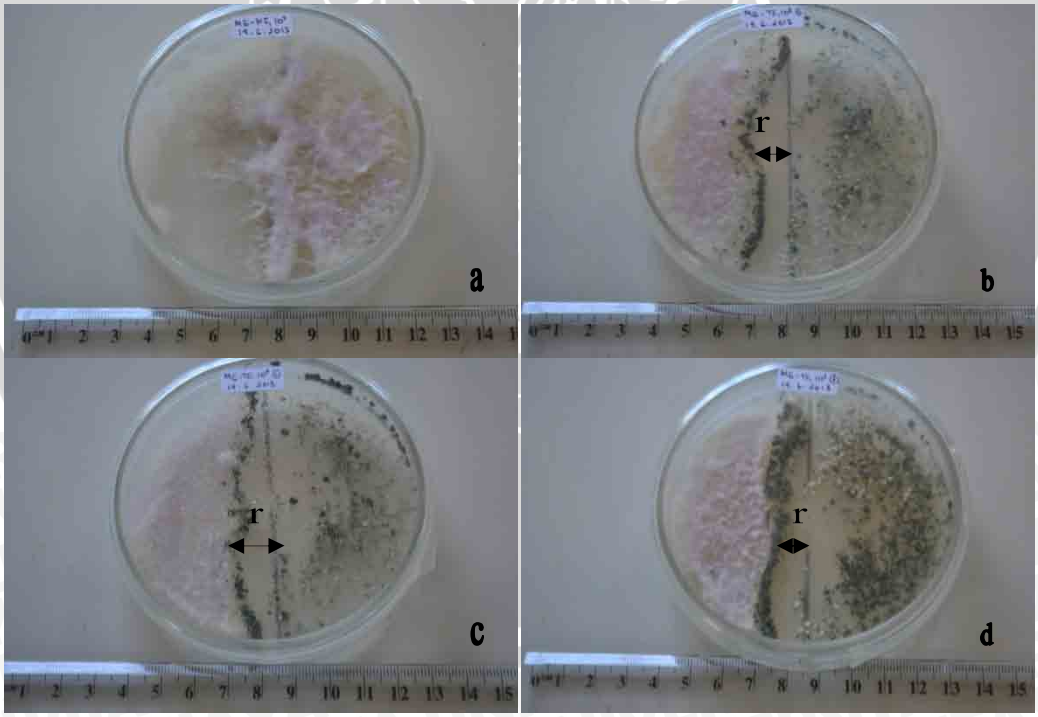


Gambar 6. Grafik pengamatan jarak penyebaran yang tampak pada permukaan dasar koloni hifa *F. moniliformae* yang diparasit oleh hifa *Trichoderma sp.* dengan metode goresan; T0: kontrol tanpa *Trichoderma sp.*; T1: *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^3; T2: *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^4; T3: *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^5

Pertumbuhan koloni jamur dapat dilihat pada hari ketiga setelah inkubasi. Perkembangan pertumbuhan koloni diamati pada hari ke-5, ke-7 dan ke-10 (Gambar 12). Efek kompetisi dari jamur antagonis *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora yang berbeda ini menghasilkan daya hambat pertumbuhan jamur *F. moniliformae* yang relatif sama. Hal tersebut ditunjukkan dengan garis grafik yang hampir menumpuk dan menurun.

Penurunan pertumbuhan terjadi karena jamur *F. moniliformae* mengalami penghambatan oleh jamur antagonis *Trichoderma sp.* sehingga jarak penyebaran dari jamur *F. moniliformae* tersebut juga berkurang. Berdasarkan pengamatan selama 10 hari luas jamur *F. moniliformae* berkurang rata-rata 1 mm setiap harinya.

Gambar 13 menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni *F. moniliformae* tanpa *Trichoderma sp.* (kontrol) pada hari ke-10 hampir menutupi luas permukaan cawan petri yaitu dengan rata-rata jarak penyebaran 7,9 cm. Sementara itu perlakuan koloni jamur *F. moniliformae* yang ditumbuhkan bersebelahan dengan *Trichoderma sp.* pada 3 kerapatan spora berbeda menunjukkan terjadinya penghambatan koloni jamur *F. moniliformae* yang berbeda pula. Pada kerapatan spora 10^3 spora/ml rata-rata pertumbuhan koloni mengalami penurunan jarak penyebaran koloni menjadi 2,57 cm. Pada kerapatan spora 10^4 ml/spora mempunyai rata-rata pertumbuhan 1,53 cm dan pada kerapatan spora 10^5 ml/spora menunjukkan rata-rata jarak penyebaran 2,03 cm.



Gambar 7. Hasil pengamatan antagonis *Trichoderma Sp.* terhadap *F. moniliformae* pada media PDA dengan metode goresan pada hari ke-10; a: T_0; b: T_1; c: T_2; d: T_3; r: zona penghambatan

Sesuai dengan data pada Tabel 2 bahwa perlakuan kontrol (T_0) mempunyai jarak penyebaran koloni jamur yang lebih luas dibandingkan perlakuan T_1, T_2, dan T_3. Hal ini terjadi karena pada perlakuan T_0 tidak ada faktor yang membantu menghambat atau menekan pertumbuhan dari koloni jamur *F. moniliformae*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemberian jamur antagonis *Trichoderma sp.* pada berbagai macam konsentrasi kerapatan spora mampu menekan pertumbuhan jamur patogen *F. moniliformae* dengan sama baiknya.

Tabel 2. Data hasil pengamatan berdasarkan rata-rata jarak penyebaran yang tampak di permukaan pada berbagai umur

Kode Perlakuan	Rata-rata jarak penyebaran koloni *F. moniliformae* (cm)		
	Hari ke-5	Hari ke-7	Hari ke-10
T_0	5,63 b	7,40 b	7,90 b
T_1	4,13 a	2,87 a	2,57 a
T_2	3,93 a	2,83 a	1,53 a
T3	4,10 a	3,33 a	2,03 a
Duncan $_{0,05}$	0,61	1,75	2,28

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Duncan$_{0,05}$.

Hasis analisa sidik ragam dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa perlakuan uji antagonis dengan metode goresan menggunakan jamur *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora berbeda berpengaruh sangat nyata dalam menurunkan jarak penyebaran koloni jamur *F. moniliformae*. Rata-rata jarak penyebaran jamur *F. moniliformae* dapat dilihat pada Tabel 2. Rata-rata jarak penyebaran koloni jamur *F. moniliformae* pada setiap perlakuan (T_1, T_2, dan T_3) tidak berbeda nyata dan hanya berbeda nyata dengan kontrol.

Secara umum jamur *Trichoderma sp* dikenal memiliki interaksi yang bersifat parasitik dengan jamur lain. Interaksi parasit ini dilakukan jamur *Trichoderma sp.* dengan cara membelit hifa dari jamur lain (Cherif dan Benhamou, 1990 dalam Gholib, 2006). Menurut (Gholib, 2006) jamur *Trichoderma sp.* lebih dominan berinteraksi secara antibiosis. Enzim khitinase yang dihasilkan oleh *T. harzianum* dilaporkan juga dapat merusak dinding jamur lain yang mengandung khitin.

4.3.2 Uji Penghambatan Koloni dengan Metode Penuangan

Pengamatan daya hambat dari jamur antagonis dilakukan pada hari ke-3, ke-5, ke-7 dan ke-10 setelah inkubasi. Skoring dilakukan untuk menentukan kemampuan jamur *Trichoderma sp.* dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. moniliformae*. Sistem skoring (Bell *et al*, 1982) dilakukan dengan menggunakan 5 skala seperti yang disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil skoring daya hambat jamur antagonis *Trichoderma sp.* terhadap jamur patogen *F. moniliformae* pada berbagai umur

Kode Perlakuan	Hari ke-			
	3	5	7	10
T_1	C2	C1	C1	C1
T_2	C1	C1	C1	C1
T_3	C2	C1	C1	C1

Keterangan: C1: Jamur antagonis 100 % menghambat pertumbuhan jamur patogen; C2: Jamur antagonis 75% menghambat pertumbuhan jamur patogen; C3: jamur antagonis 50% menghambat jamur patogen; C4: Jamur antagonis 25% menghambat pertumbuhan jamur patogen; C5: Jamur patogen tidak mengalami hambatan pertumbuhan.

Hasil pengamatan menunjukkan pada hari ketiga setelah inkubasi ditemukan adanya pertumbuhan jamur patogen *F. moniliformae* pada beberapa bagian cawan petri perlakuan baik pada kerapatan spora 10^3, 10^4 dan 10^5. Pada hari ke-5 hingga koloni hifa jamur *F. moniliformae* mulai ditutupi oleh jamur antagonis. Hal ini diduga karena pertumbuhan koloni hifa jamur antagonis *Trichoderma sp.* yang lebih cepat sehingga tidak memberikan ruang dan nutrisi untuk pertumbuhan jamur patogen atau dalam kata lain menghambat pertumbuhan hifa koloni jamur patogen *F. moniliformae*.

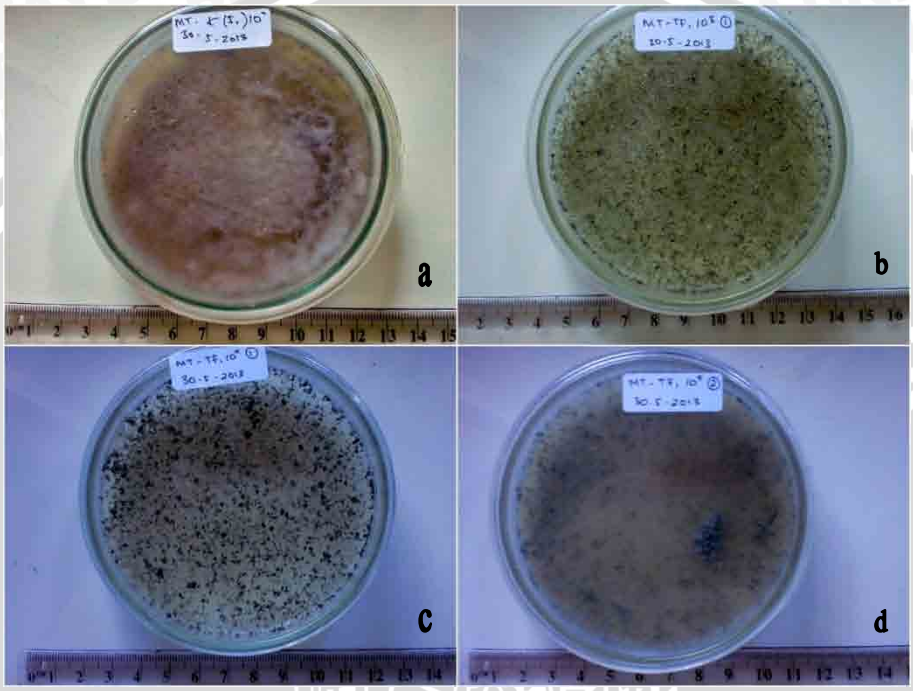
Gambar 14 menunjukkan bahwa pengamatan yang dimulai pada hari ke-3, pertumbuhan jamur *F. moniliformae* terlihat sedikit muncul di beberapa bagian sedangkan pertumbuhan jamur antagonis *Trichoderma sp.* mendominasi permukaan media PDA. Koloni jamur *Trichoderma sp.* pada hari ke-5 telihat masih berwarna putih seperti kapas pada beberapa bagian cawan petri.

Gambar 8. Hasil pengamatan uji antagonis *Trichoderma sp.* terhadap *F. moniliformae* pada media PDA dengan metode penuangan pada hari ke-3; a: T_0; b: T_1; c: T_2; d: T_3

Daya hambat yang ditunjukkan pada uji antagonis dengan metode penuangan yang menggunakan kerapatan spora 10^5 sedikit lebih rendah. Hal ini ditunjukkan (Gambar 14) pada hari ke-3 pengamatan terlihat beberapa koloni jamur *F. moniliformae* yang tumbuh di permukaan media PDA. Tetapi pada pengamatan hari ke 5 dan 7 (Lampiran 6), jamur *Trichoderma sp.* terlihat sudah menutupi bagian atas koloni hifa jamur *F. moniliformae*.

Uji antagonis dengan metode penuangan yang menggunakan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^4 menunjukkan hal yang sama dengan kerapatan spora 10^3. Pada kerapatan spora 10^4 ini pertumbuhan jamur *Trichoderma sp* semakin meluas dan rapat setiap harinya yang tentunya menunjukkan sifat agresif jamur antagonis ini dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen.

Hingga pada hari ke-10 (Gambar 15) di atas permukaan cawan petri hanya menunjukkan pertumbuhan jamur *Trichoderma Sp.* yang agresif menutupi seluruh permukaan cawan petri yang telah berubah warna menjadi hijau tua. Hal ini terjadi menurut (Gawade, 2012) karena jamur *Trichoderma sp.* mempunyai pertumbuhan yang sangat cepat sehingga tidak memberikan ruang dan nutrisi untuk jamur *F. moniliformae* untuk tumbuh dalam cawan petri yang sama.



Gambar 9. Hasil pengamatan uji antagonis *Trichoderma sp.* terhadap *F. moniliformae* pada media PDA dengan metode penuangan pada hari ke-10; a: T_0; b: T_1; c: T_2; d: T_3

Pada pengamatan untuk perlakuan kontrol dapat terlihat bahwa pertumbuhan koloni jamur *F. moniliformae* memenuhi permukaan media PDA. Dimulai pada pengamatan hari ke-3 (Gambar 14) terlihat koloni jamur berwarna ungu muda, putih pada beberapa bagian dan tipis. Pertumbuhan koloni jamur terlihat dengan semakin gelapnya warna ungu dan semakin tebalnya koloni yang tumbuh di atas permukaan media PDA. Apabila dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora tertentu, sangat jelas bahwa *F. moniliformae* tidak dapat tumbuh optimal jika ditumbuhkan bersama dengan jamur antagonis *Trichoderma sp.* yang tumbuhnya sangat cepat.

Rendahnya pertumbuhan jamur *F. moniliformae* pada metode ini disebabkan terjadinya persaingan perebutan nutrisi dan ruang dengan jamur *Trichoderma sp.*. Persaingan terjadi ketika terdapat dua mikroorganisme atau lebih yang secara langsung memerlukan sumber nutrisi yang sama (Soesanto, 2008). Persaingan yang terlihat di ruang uji antagonis antara *T. harzianum* dan *Fusarium spp.* hifa disebabkan adanya kebutuhan cendawan-cendawan tersebut akan nutrisi yang terkandung di dalam media uji antagonis untuk keberlangsungan hidupnya yaitu berupa karbohidrat, protein, asam amino esensial, mineral dan elemen-elemen mikro seperti fosfor (P), magnesium (Mg) dan Kalium (K), vitamin C (asam askorbat), vitamin B (tiamin, niasin, vitamin B6). Karbohidrat dan gula memiliki peran sebagai sumber karbon untuk menghasilkan energi untuk biosintesis senyawa-senyawa karbon. Karbohidrat dirombak menjadi asam oganik tertentu dan karbon dioksida. Perombakan ini melibatkan enzim ekstraseluler yang terikat di dinding sel dan hanya beberapa organisme tanah saja yang dapat melakukan perombakan tersebut, salah satunya adalah *T. harzianum* (Chalvignac 1953 dalam Mukarlina, 2010).

4.4 Hasil Uji Antagonis Secara In Vivo

Persentase serangan penyakit pokahbung pada tanaman tebu yang telah disuntik *Trichoderma sp.* 2 minggu setelah aplikasi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data rata-rata hasil pengamatan berdasarkan persentase serangan penyakit pokahbung pada tanaman tebu

No.	Perlakuan	Persentase Serangan (%)	
		Pengamatan 1 (2 MSA)	Pengamatan 2 (4 MSA)
1	T1	19,44a	32,06ab
2	T2	16,67a	14,81a
3	T3	5,55a	4,76a
4	T0	23,93a	33,33bc

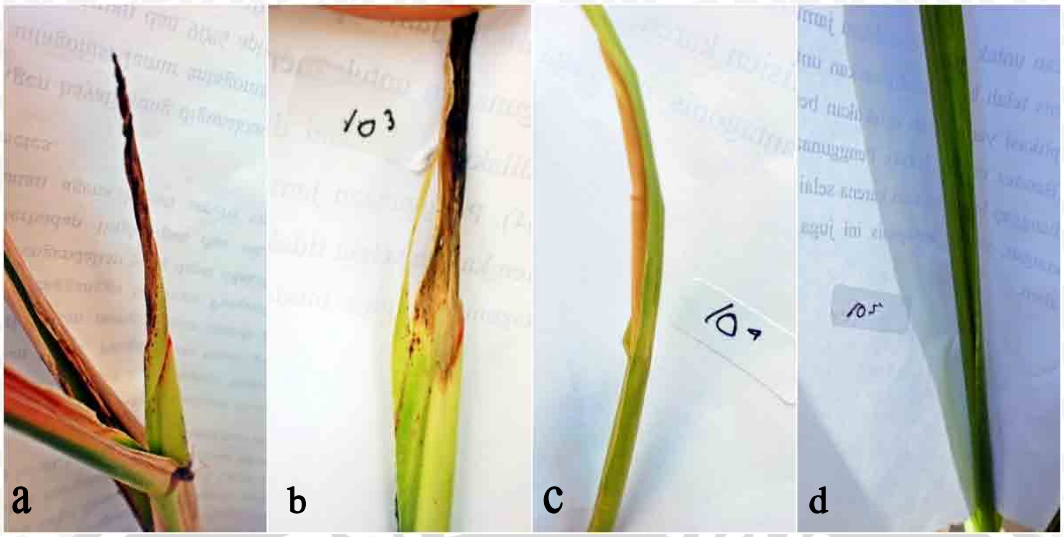
Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Duncan$_{0,05}$.

Berdasarkan pengamatan 2 minggu pertama, persentase serangan terendah terdapat pada tanaman yang diaplikasikan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^5. Selanjutnya persentase serangan penyakit pokahbung berturut-turut meningkat pada perlakuan aplikasi *Trichoderma* sp. dengan kerapatan spora 10^4 dan 10^3. Pada perlakuan kontrol yaitu tanaman tebu tanpa *Trichoderma sp.*, persentase serangan pokahbungnya menempati urutan paling tinggi. Walaupun demikian, berdasarkan analisis sidik ragam, persentase serangan penyakit pokahbung pada minggu ke dua setelah aplikasi ini dari 4 perlakuan yang ada tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata.

Berbeda dengan hasil pengamatan persentase serangan pokahbung 2 MSA, persentase serangan pokahbung pada 4 MSA mempunyai hasil yang bervariasi. Persentase serangan terendah terdapat pada tanaman tebu yang diaplikasikan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^5 (T3) yaitu sebesar 4,76% dan dilanjutkan dengan tanaman tebu yang diaplikasikan jamur antagonis *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^4 (T2) dan 10^3 (T1) dengan persentase serangan masing-masing sebesar 14,81% dan 32,06%.

Nilai persentase T1 ini hampir sama dengan nilai persentase serangan pada kontrol yang tidak diaplikasikan jamur antagonis yaitu sebesar 33,33%. Hal ini dibuktikan dari hasil analisa sidik ragam dimana untuk kerapatan spora 10^3 (T1) dan perlakuan kontrol (T0) menunjukan notasi yang sama. Ini berarti antara perlakuan kerapatan spora 10^3 dan perlakuan kontrol tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata atau dengan kata lain pengendalian penyakit pokahbung dengan aplikasi *Trichoderma* sp. menggunakan kerapatan spora yang rendah yaitu 10^3 menunjukkan hasil yang sama dengan tanaman tebu yang tidak dikendalikan dengan aplikasi *Trichoderma sp.*

Berdasarkan gejala visualnya, perlakuan aplikasi *Trichoderma sp.* pada kerapatan 10^3, 10^4, 10^5 dan kontrol menunjukkan perbedaan seperti yang terlihat pada Gambar 16. Pengamatan pada minggu ke empat setelah aplikasi *Trichoderma sp.* tampak bahwa daun baru pada perlakuan kontrol menunjukkan gejala serangan pokahbung yang berat yaitu daun tidak dapat membuka, rusak dan busuk pada bagian ujungnya.



Gambar 10. Foto daun yang baru muncul pada tanaman tebu 4 MSA; a: T0; b: T1; c: T2; d: T3

Gejala serupa juga ditunjukkan pada tanaman tebu yang diaplikasikan jamur antagonis *Trichoderma sp.* dengan kerapatan 10^3. Daun baru yang muncul pada perlakuan ini tidak dapat membuka dengan sempurna sertadijumpai titik-titik atau garis-garis merah pada daun yang semakin parah pada ujungnya. Untuk tanaman tebu yang diaplikasikan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^4, gejala serangan pokahbung yang muncul hanya berupa titik-titik merah pada beberapa bagian daun tapi helaian daun masih dapat membuka dengan sempurnaa. Hal yang berbeda ditunjukkan pada tanaman tebu yang diaplikasikan *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora 10^5. Pada perlakuan ini, daun baru yang muncul tidak menunjukkan gejala pokahbung yang biasanya ditunjukkan dengan adanya titik atau garis merah pada helaian daun. Daun baru yang muncul berwarna hijau dan membuka dengan sempurna hingga pangkalnya.

Berdasarkan pengamatan tersebut didapatkan hasil bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. dengan kerapatan spora 10^5 dapat menghambat secara lebih efektif perkembangan penyakit pokahbung pada tanaman tebu. . Hal ini diduga disebabkan karena tanaman tebu dengan aplikasi supensi jamur antagonis *Trichoderma sp.* dengan kerapatan spora yang paling pekat menyebabkan pertumbuhan *F. moniliformae* pada tanaman tebu tidak optimal akibat persaingan ruang dan nutrisi dari jamur *Trichoderma sp.*

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa ada perlakuan kerapatan spora yang daya penghambatannya terhadap *F. moniliformae* sama dengan perlakuan kontrol. Kurang efektifnya aplikasi *Trichoderma sp.* terhadap jamur patogen *F. moniliformae* khusunya pada perlakuan kerapatan spora 10^3 kemungkinan disebabkan oleh terlalu rendahnya konsentrasi spora jamur *Trichoderma sp*. Kondisi ini yang pada akhirnya menyebabkan jamur antagonis tidak mampu bersaing dengan jamur patogennya. Meskipun demikian ada beberapa faktor internal yang mempengaruhi perkembangan mikroorganisme antagonis dalam menekan penyakit pokahbung ini yaitu pH tanah, suhu, kelembaban, sifat fisik dan kimia tanah. Selain itu faktor eksternal seperti kurangnya sinar matahari dan kurangnya nutrisi dalam tanah juga dapat menyebabkan ketidakberhasilan proses antagonisme jamur antagonis dan jamur patogen (Kasutjianingati 2004).

Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati di lingkungan pertanian dapat meningkatkan produktivitas sistem pertanian. Sistem PHT dianggap mempunyai lebih banyak keanekaragaman hayati jamur tanah dan menganggap itu sebagai suatu sistem terintegrasi yang menjadi dasar keberhasilan suatu produksi pertanian (Muhibuddin, dkk, 2011).