

ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN IDENTIFIKASI MIKROFLORA DARI RIZOSFER TANAH PERTANIAN TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM L.*) SEBAGAI BAHAN AJAR KINGDOM FUNGI UNTUK SISWA KELAS X SMA

Yesy Maulina Nadhifah, Utami Sri Hastuti, Istamar Syamsuri
Pendidikan Biologi-Pascasarjana Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5 Malang. E-mail: yesynadhifah@gmail.com

Abstract: Agricultural area, particularly in the rhizosphere area there are various species of mold which lives mainly in the soil. The students have known molds which live in nature but they have not recognized mold which lives in the soil. It is required to develop a teaching material in the form of module which is created based on a research result. The results of this study were: (1) it has been discovered 7 species of mold, which are *Trichoderma harzianum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium corylophilum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium camemberti*, *Aspergillus ochraceus*, dan *Penicillium citrinum*, (2) the most dominant mold species was *Trichoderma harzianum* with the total number $1,8 \times 10^4$ cfu for every gram soil sample, and (3) there has been arranged of the learning module about fungi kingdom for students in high school level.

Keywords: rhizosphere, sugarcane farm soil, teaching material of fungi kingdom

Abstrak: Tanah pertanian, khususnya di daerah rizosfer, merupakan habitat dari berbagai spesies kapang yang hidup di dalamnya. Para siswa telah mengenal kapang yang tumbuh di alam tetapi mereka belum mengenal kapang yang hidup di dalam tanah pertanian. Perlu dikembangkan sebuah bahan ajar berupa modul yang dibuat berdasarkan hasil penelitian. Hasil penelitian ini, meliputi (1) ditemukan 7 spesies kapang, yaitu *Trichoderma harzianum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium corylophilum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium camemberti*, *Aspergillus ochraceus*, dan *Penicillium citrinum*, (2) spesies kapang yang paling dominan adalah *Trichoderma harzianum* dengan total jumlah $1,8 \times 10^4$ cfu/g sampel tanah, dan (3) telah tersusun bahan ajar Biologi berupa modul Kingdom Fungi para siswa SMA.

Kata kunci: rizosfer, tanah pertanian tebu, bahan ajar kingdom fungi

Tanah pertanian, khususnya di daerah rizosfer, yaitu di sekitar pekarangan tanaman merupakan habitat dari berbagai spesies kapang yang hidup didalamnya. Di antara spesies-spesies kapang, ada yang bersifat saprofit dan ada pula yang bersifat parasit pada akar tanaman. Di lahan pertanian tebu Cemorokandang, Kota Malang, sebagian besar tanaman tebu terserang penyakit dengan gejala terdapat bercak-bercak berwarna putih pada batang tebu. Bercak-bercak putih tersebut disebabkan oleh kapang parasit. Pada saat panen tebu, bagian batang yang mempunyai bercak-bercak tersebut harus dipotong lagi oleh para petugas pabrik gula sehingga batang tebu yang dijual ke pabrik gula menjadi pendek dan mengakibatkan petani tebu mengalami kerugian.

Para siswa telah mengenal kapang yang tumbuh di alam, seperti pada makanan, buah-buahan, kayu, kulit tanaman, kulit manusia, tetapi mereka belum mengenal kapang yang hidup di dalam tanah pertanian. Belum ada media belajar berbentuk modul yang dilengkapi dengan kegiatan pengamatan menggunakan preparat kapang. Berdasarkan hasil observasi tersebut, maka perlu dikembangkan sebuah bahan ajar berupa modul dan preparat kapang permanen untuk kegiatan praktikum yang dibuat berdasarkan hasil penelitian. Hal ini bertujuan agar siswa dapat lebih memahami konsep Biologi khususnya materi Kingdom Fungi dengan lebih jelas dan memberi informasi kepada siswa dan guru tentang beberapa spesies kapang tanah.

Berdasarkan hasil observasi tersebut, maka perlu dikembangkan sebuah bahan ajar berupa modul dan preparat permanen berdasarkan hasil penelitian. Hal ini bertujuan agar siswa dapat lebih memahami konsep Biologi khususnya materi Kingdom Fungi secara riil dan memberi informasi kepada siswa dan guru tentang beberapa spesies-spesies kapang tanah. Bahan ajar berupa modul yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan ajar berbasis hasil penelitian yang dikembangkan dengan menggunakan model pengembangan Four-D (4-D) dari Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974) yang dimodifikasi.

METODE

Penelitian ini terdiri atas 2 tahap, yaitu tahap penelitian deskriptif eksploratif mengenai karakterisasi dan identifikasi spesies-spesies kapang di rizosfer tanah pertanian tebu dan tahap penelitian pengembangan, yaitu menyusun modul tentang Kingdom Fungi berdasarkan hasil penelitian tahap I dengan memodifikasi model pengembangan Four-D (4-D) dari Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974). Penelitian tahap I adalah penelitian deskriptif eksploratif, yaitu mengisolasi, mendeskripsikan ciri-ciri morfologi koloni, dan mengidentifikasi spesies-spesies kapang yang terdapat dalam rizosfer tanah pertanian tebu di wilayah Desa Cemorokandang, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Dalam penelitian ini, prosedur kerja yang dilakukan, meliputi sebelas tahap, yaitu (a) observasi dan penentuan sampel, (b) pengambilan sampel tanah, (c) uji pendahuluan, (d) sterilisasi alat, (e) pembuatan medium Czapek Agar (CA), (f) pengenceran sampel tanah dan inokulasi pada medium, (g) penghitungan jumlah koloni kapang, (h) pembuatan biakan murni kapang, (i) pengamatan morfologi koloni kapang, (j) pembuatan preparat slide culture, dan (k) identifikasi tiap-tiap spesies kapang. Pada penelitian tahap II, yakni model pengembangan didasarkan pada model pengembangan dari Thiagarajan (1974), yaitu 4D-Model (*Define, Design, Development, dan Disseminate*). Model 4-D dipilih karena model pengembangan ini sistematis dan cocok untuk mengembangkan bahan ajar berupa modul tentang Kingdom Fungi.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi spesies-spesies kapang yang terdapat dalam tanah pertanian tebu, (2) menentukan spesies kapang yang paling dominan dalam tanah pertanian tebu, (3) mengkaji secara deskriptif tentang peranan spesies-spesies kapang yang ditemukan dalam rizosfer tanah pertanian tebu, dan (4) menyusun bahan ajar Biologi berupa modul Kingdom Fungi dan preparat permanen untuk praktikum siswa yang dihasilkan melalui penelitian ini. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif eksploratif. Pendekatan yang dalam penelitian ini adalah observasi laboratoris yang bertujuan untuk mengidentifikasi spesies-spesies kapang yang terdapat dalam rizosfer tanah pertanian tebu di wilayah Desa Cemorokandang, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Instrumen penelitian ini berupa lembar pengamatan ciri mikroskopis kapang, angket wawancara, lembar validasi untuk ahli materi Mikologi dan ahli bahan ajar, serta angket respon siswa. Analisis data secara observasional dan deskriptif kualitatif.

HASIL

Hasil Pengukuran Faktor-faktor Abiotik

Hasil pengukuran faktor-faktor abiotik di lahan pertanian tebu di Cemorokandang, Kota Malang dapat dilihat pada Tabel 1. Pengukuran dilakukan tiga kali kemudian dihitung reratanya.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Faktor Abiotik di Lahan Pertanian Tebu yang berada di Cemorokandang, Kota Malang

No.	Faktor Abiotik	Rerata pada Titik ke-					Σ	Rerata
		1	2	3	4	5		
1.	suhu tanah (°C)	31°C	30°C	31°C	32°C	31°C	155	31
2.	suhu udara (°C)	34°C	33°C	35°C	34°C	32°C	168	33,6
3.	kelembapan udara (%)	50	55	60	50	50	265	53
4.	intensitas cahaya (%)	52	55	54	55	55	271	54,2
5.	kelembapan tanah (%)	45	55	60	60	60	280	56
6.	pH tanah	5,8	5,6	4,4	5,5	5,5	26,8	5,4

Hasil Isolasi dan Identifikasi Tiap Spesies Kapang yang Ditemukan dalam Sampel Tanah Rizosfer Tanah Pertanian Tebu

Berdasarkan hasil isolasi dan hasil deskripsi koloni kapang melalui pengamatan ciri-ciri makroskopis terhadap spesies kapang dalam rizosfer tanah pertanian tebu yang berada di daerah Kecamatan Cemorokandang ditemukan 13 isolat kapang. Masing-masing isolat kapang diberi kode A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, dan M. Berdasarkan hasil pengamatan ciri-ciri mikroskopis dan identifikasi kapang ditemukan 7 spesies kapang.

Hasil deskripsi dari masing-masing isolat spesies kapang yang ditemukan dirujuk dari buku Fungi and Food Spoilage oleh Pitt dan Hocks (1997), buku Introduction to Food-Borne Fungi oleh Samsn, Robert et, al (1984) dan buku Illustrated Genera of Imperfect Fungi oleh Barnett dan Barry (1972) sehingga dapat ditentukan nama spesies dari masing-masing spesies kapang. Hasil identifikasi berdasarkan ciri-ciri makroskopis koloni dan mikroskopis tiap-tiap spesies kapang dapat dijelaskan sebagai berikut.

Isolat kapang A

Koloni kapang berwarna putih dengan tepian berwarna kuning, kemudian berubah berwarna hijau tua pada hari ke-7. Koloni serupa serbuk, diameter 10 cm pada medium Czapek agar bagian dasar lebih pudar seperti warna atas koloni. Hifa berwarna bening transparan dengan diameter 2,5 μm . Konidiofor bercabang, berwarna kehijauan, diameter 5 μm , dan panjangnya 10 μm . Dinding konidiofor halus. Fialida berwarna kehijauan dengan ukuran 10 x 3,75 μm . Konidia berwarna kehijauan, berbentuk subglobose, dengan ukuran 5 x 2,5 μm dan berdinding halus. Berdasarkan hasil identifikasi, kapang tersebut adalah *Trichoderma harzianum* Rifai.

Isolat kapang B

Koloni pada medium Czapek Agar berwarna putih, serupa kapas, bagian dasar koloni berwarna kuning, dan berdiameter 3 cm. Hifa berwarna bening, bersekat, dan berdiameter 2,5 μm . Konidiofor berwarna bening, berdiameter 2,5 μm dan panjang konidiofor 52,5 μm dan bercabang dengan percabangan tingkat II. Pada ujung konidiofor terdapat metula berukuran 13,75 x 2,5 μm dan berwarna bening. Pada ujung apikal metula terdapat fialida berukuran 10 x 2,5 μm , berwarna bening, berbentuk ampuliform (menyerupai botol). Konidia berbentuk globuse, berdinding halus, berdiameter 3 μm , dan berwarna bening. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Penicillium nalgiovense* Laxa.

Isolat kapang C

Koloni pada medium Czapek Agar berwarna hijau keabuan, serupa kapas, bagian dasar koloni berwarna oranye kecoklatan, dan berdiameter 3 cm. Hifa berwarna bening, bersekat, berdiameter 2,5 μm . Konidiofor berwarna bening, berdiameter 2,5 μm dan berdinding halus. Konidiofor tumbuh pada daerah kumpulan hifa dan bercabang dengan percabangan tingkat I. Pada ujung konidiofor terdapat metula berukuran 10 x 2,5 μm dan berwarna bening. Fialida berjumlah 3 pada ujung terminal metula dan berukuran 10 x 2,5 μm , berwarna bening, dan berbentuk lanceolate. Konidia berbentuk subglobuse, berdinding halus, berdiameter 2,5 x 2 μm , dan berwarna kehijauan. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Penicillium funiculosum* Thom.

Isolat kapang D

Koloni pada medium Czapek Agar berwarna putih, serupa kapas, bagian dasar koloni berwarna putih, dan berdiameter 3,2 cm. Hifa berwarna bening, bersekat, berdiameter 2,5 μm . Konidiofor berwarna hyalin, berdiameter 2,5 μm , panjang konidiofor 36 μm dan bercabang dengan percabangan tingkat I. Pada ujung konidiofor terdapat 2-3 metula berukuran 15 x 2,5 μm dan berwarna bening. Pada ujung apikal metula terdapat fialida berukuran 8,75 x 2,5 μm , berwarna bening, dan berbentuk ampuliform. Konidia berbentuk subglobuse, berdinding halus, berdiameter 3,75 x 2,5 μm , dan berwarna bening kehijauan. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Penicillium corylophyllum*.

Isolat kapang E

Koloni pada medium Czapek Agar berwarna coklat muda, serupa beludru, bagian dasar koloni berwarna coklat tua, diameter koloni pada hari ketujuh 3 cm. Hifa vegetatif berwarna bening kecoklatan, bersekat dan berdiameter 12,5 μm . Konidiofor tidak bercabang, berwarna coklat muda, berdiameter 10 μm , panjang mencapai 0,45 mm dan berdinding halus. Vesikula berbentuk globuse, hyalin dan berdiameter 25 μm . Metula berukuran 15 x 3,75 μm dan berwarna kecoklatan. Pada ujung apikal metula terdapat fialida berukuran 7,5 x 2,5 μm , berwarna kecoklatan dan berbentuk ampuliform. Konidia berbentuk globuse, berdinding agak kasar, berdiameter 2,5 μm , dan berwarna coklat. Kapang ini memiliki tipe pertumbuhan konidia radiata (melingkar). Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Aspergillus ochraceus* Wilhelm.

Isolat kapang F

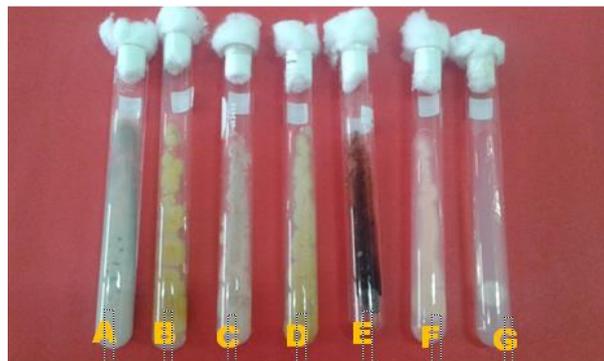
Koloni pada medium Czapek Agar berwarna hijau kebiruan, serupa kapas, bagian dasar koloni berwarna kuning, diameter koloni pada hari ketujuh 1,5 cm. Hifa vegetatif berwarna hyalin, bersekat, berdiameter 2,5 μm . Konidiofor berwarna bening, berdiameter 2,5 μm , panjang mencapai 60 μm dan bercabang dengan percabangan tingkat I. Pada ujung konidiofor terdapat metula berukuran 12 x 2,5 μm dan berwarna kehijauan. Pada ujung apikal metula terdapat 6 fialida berukuran 7,5 x 2,5 μm , berwarna bening, dan berbentuk ampuliform (menyerupai botol). Konidia berbentuk globuse, berdinding halus, berdiameter 2,5 μm , dan berwarna kehijauan. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Penicillium citrinum* Thom.

Isolat kapang G

Koloni tumbuh pada medium CA berwarna putih, berdiameter 3 cm pada hari ketujuh, serupa kapas, bagian bawah koloni juga berwarna putih. Hifa berwarna hyalin/bening dan memiliki sekat dengan diameter 2,5 μm . Kapang ini memiliki konidiofor yang berwarna hyalin/bening dengan ukuran diameter 3 μm dan panjang mencapai lebih dari 250 μm . Konidiofor kapang bercabang 2—3 percabangan pada tingkat I dan berdinding kasar. Metula kapang berukuran 10 x 2,5 μm dan berwarna hyalin/bening. Fialida tumbuh pada ujung terminal metula yang berjumlah 3—5 berbentuk ampuliform dengan ukuran 10 x 2,5 μm dan berwarna bening kehijauan. Konidia kapang memiliki bentuk subglobuse dan berdinding halus. Warna konidia bening dengan diameter 3,75 x 2,5 μm . Berdasarkan hasil identifikasi, isolat tersebut merupakan kapang spesies *Penicillium camemberti* Thom. Hasil pengamatan ciri-ciri makroskopis dan karakterisasi pada masing-masing isolat kapang yang ditemukan dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Tampak atas dari isolat-isolat kapang yang ditemukan (sumber: dokumen pribadi)



Gambar 2. Tampak bawah dari isolat-isolat kapang yang ditemukan (sumber: dokumen pribadi)

Keterangan gambar:

- A. *Trichoderma harzianum*
- B. *Penicillium funiculosum*
- C. *Penicillium nalgiovense*
- D. *Penicillium corylophilum*
- E. *Aspergillus ochraceus*
- F. *Penicillium camemberti*
- G. *Penicillium citrinum*

Hasil Jumlah Koloni Tiap Spesies Kapang dan Kapang yang Paling Dominan

Hasil perhitungan jumlah koloni tiap spesies kapang dalam seluruh sampel rizosfer tanah pertanian tebu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan jumlah koloni spesies kapang yang ditemukan di lahan pertanian tebu

No.	Spesies	Rerata jumlah koloni kapang (cfu/g)
1.	<i>Aspergillus ochraceus</i>	$1,8 \times 10^4$
2.	<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	$1,4 \times 10^3$
3.	<i>Penicillium nalgiovense</i>	$0,3 \times 10^3$
4.	<i>Penicillium corylophilum</i>	$1,0 \times 10^4$
5.	<i>Penicillium funiculosum</i>	$0,3 \times 10^3$
6.	<i>Penicillium camemberti</i>	$0,3 \times 10^4$
7.	<i>Penicillium citrinum</i>	$0,3 \times 10^2$

Hasil perhitungan rerata jumlah koloni kapang pada sampel tanah pertanian tebu di Kecamatan Cemorokandang menunjukkan bahwa kapang genus *Trichoderma* memiliki jumlah lebih banyak dari kapang lainnya. Spesies kapang *Trichoderma harzianum* dan *Penicillium funiculosum* jumlahnya lebih banyak dalam sampel tanah pertanian tebu dibandingkan dengan jumlah spesies kapang lainnya. Berdasarkan hasil perhitungan rerata jumlah koloni dapat diketahui spesies kapang *Trichoderma harzianum* merupakan spesies kapang dominan dalam tiap gram sampel tanah dengan jumlah $1,8 \times 10^4$ cfu/g.

Hasil Pengembangan Modul Fungi

Hasil penelitian isolasi, karakterisasi, dan identifikasi mikoflora tanah pertanian tebu disajikan dalam bahan ajar berupa modul. Modul terdiri atas dua bagian, yaitu pendahuluan dan isi modul. Bagian pendahuluan tersusun atas tiga komponen, yaitu penjelasan standar kompetensi dan kompetensi dasar, deskripsi tujuan pembelajaran, dan petunjuk penggunaan modul. Pada bagian isi modul tersusun atas 3 kegiatan belajar, yaitu kegiatan belajar I (Klasifikasi Fungi), kegiatan belajar II (Biologi Kapang Tanah), dan kegiatan belajar III (Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikoflora dari Rizosfer Tanah Pertanian Tebu (*Saccharum Officinarum* L), kunci jawaban, self assessment, daftar rujukan dan glosarium. Pada masing-masing kegiatan belajar berisi tujuan pembelajaran, peta konsep, eksplorasi, uraian materi, diskusi, rangkuman, evaluasi, umpan balik dan tindak lanjut, dan rubrik penilaian evaluasi.

Pada modul selain berisi materi juga terdapat kegiatan praktikum. Para siswa juga mendapat kesempatan mengamati preparat dari 7 spesies kapang tanah dengan ciri-ciri morfologi koloni dan mikroskopis yang bervariasi. Para siswa dapat memahami keanekaragaman spesies kapang tanah khususnya pada lahan pertanian tebu melalui kegiatan praktikum tersebut. Oleh sebab itu, melalui modul ini materi Fungi akan lebih mudah dipahami oleh para siswa. Hal itu disebabkan karena siswa mengamati secara langsung ciri-ciri morfologi koloni dan mikroskopis kapang, khususnya kapang yang termasuk dalam kelas Ascomycetes.

Modul yang telah disusun kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli pengembangan bahan ajar yang merupakan dosen dengan kualifikasi pendidikan minimal magister (S2) dengan pengalaman mengajar lebih dari 5 tahun, serta 15 orang siswa SMA kelas X yang telah menempuh mata pelajaran Biologi dengan materi Kingdom Fungi. Nilai untuk angket validasi oleh ahli materi diperoleh dengan cara menjumlahkan skor yang diperoleh pada setiap komponen yang dinilai, kemudian dibagi dengan jumlah skor maksimal. Berdasarkan hasil validasi oleh ahli materi Mikologi, yaitu Prof. Dr. Dra. Utami Sri Hastuti, M. Pd, hasil kuantitatif perhitungan angket sebesar 97%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul tentang Kingdom Fungi sangat baik (Depdiknas dalam Muliawan, 2013). Namun, ada beberapa saran perbaikan modul, yaitu terdapat beberapa gambar kapang yang harus diganti karena kurang jelas dan terlalu pucat, serta terdapat sedikit perbaikan penulisan pada modul, seperti penulisan tanda baca, kesalahan tulis, dan lain sebagainya.

Ahli pengembangan bahan ajar yang menjadi validator ialah dosen jurusan Teknologi Ilmu Pendidikan, yaitu Bapak Dr. Anselmus J. E. Toenlio, M.Pd. Skor diperoleh dari angket yang diberikan kepada ahli pengembangan bahan ajar dengan perhitungan yang sama, seperti angket untuk ahli materi mikologi. Hasil kuantitatif perhitungan angket, yaitu sebesar 91%. Berdasarkan hasil validasi oleh ahli pengembangan bahan ajar, yaitu Bapak Dr. Anselmus J. E. Toenlio, M.Pd. dapat disimpulkan bahwa modul tentang Kingdom Fungi sangat baik (Depdiknas dalam Muliawan, 2013). Namun, ada beberapa saran perbaikan modul untuk lebih menyempurnakan modul, yaitu terdapat beberapa istilah asing yang perlu diberi keterangan. Di samping itu, letak beberapa gambar yang harus diatur urutannya, yaitu dimulai dari yang bersifat konkret menuju ke abstrak, agar jelas bagi siswa. Data kualitatif dari pengembangan modul ini ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Saran dan Komentar Validasi Ahli Bahan Ajar

Nama Validator	Kritik dan Saran
Dr. Anselmus J.E. Toenlio, M.Pd	<ul style="list-style-type: none"> • Masih terdapat beberapa gambar yang dapat dipertajam. • Masih terdapat beberapa gambar dengan tulisan terlampau kecil, sebaiknya ukuran font diperbesar lagi. • Pada beberapa gambar harus dapat ditingkatkan lagi urutan logisnya yaitu dimulai dari yang bersifat konkret sampai ke abstrak bagi siswa. • Perhatikan beberapa istilah asing bagi siswa, sebaiknya membuat kalimat dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami oleh siswa.
Prof. Dr. Dra. Utami Sri Hastuti, M.Pd	<ul style="list-style-type: none"> • Ada beberapa gambar kapang yang kurang jelas karena berwarna terlalu pucat sebaiknya diganti. • Pada gambar mikroskopis kapang, sebaiknya dilengkapi pula dengan bagian-bagian tubuh kapang sehingga siswa lebih jelas dalam memahami struktur tubuh kapang. • Sebaiknya gambar kapang <i>Fusarium</i> spp diganti dengan gambar yang lebih lengkap bagian-bagiannya. • Ada sedikit perbaikan penulisan dan kesalahan tulis pada modul, sebaiknya lebih teliti dalam menulis.

PEMBAHASAN

Keanekaragaman Mikoflora serta Penentuan Spesies Kapang yang Paling Dominan yang Berasal dari Rizosfer Tanah Pertanian Tebu

Keanekaragaman spesies kapang yang ditemukan di dalam sampel tanah atas rizosfer tanah pertanian tebu di Cemorokandang, Malang, yaitu sebanyak tujuh spesies kapang yang tergolong dalam tiga genus, yaitu *Trichoderma*, *Aspergillus*, dan *Penicillium*. Berbagai spesies kapang yang ditemukan dalam rizosfer tanah pertanian tebu tersebut memiliki ciri-ciri makroskopis koloni dan mikroskopis yang bervariasi. Genus *Trichoderma* memiliki ciri khas makroskopis koloni yang mudah dikenali secara visual serupa serbuk, berwarna kehijauan dengan bagian dasar sama seperti warna koloni bagian atas. Ciri-ciri mikroskopis dengan mengamati bentuk dan ukuran dari konidia, konidiofor, fialida, dan hifa kapang. Dalam penelitian ini didapatkan 1 spesies dari genus *Trichoderma*, yaitu *Trichoderma harzianum*.

Kapang genus *Aspergillus* yang ditemukan dalam penelitian terdiri atas 1 spesies, yaitu *Aspergillus ochraceus*. Ciri khas makroskopis koloni yang ditumbuhkan pada medium Czapek agar, berwarna coklat, serupa beludru, bagian dasar koloni berwarna coklat tua. Kapang *Aspergillus* umum ditemukan di tanah, beberapa juga dapat diisolasi dari rizosfer tanaman pertanian, seperti tebu, tomat, kentang, gandum, ubi kayu, kopi, tembakau, dan sebagainya (Samson, et.al, 1984). Hasil penelitian menunjukkan bahwa genus *Penicillium* merupakan genus yang paling banyak ditemukan dalam sampel rizosfer tanah pertanian tebu. Kapang *Penicillium* secara mikroskopis memiliki bentuk konidiofor yang khas. Konidiofor tumbuh tegak dari miselium, sering membentuk sinemata, dan bercabang mendekati ujungnya. Ujung konidiofor memiliki sekumpulan fialid dengan konidia berbentuk globuse atau ovoid, tersusun membentuk rantai basipetal (Barnett dan Hunter, 1998).

Keberadaan berbagai spesies kapang dalam rizosfer tanah pertanian tebu disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketersediaan nutrisi dalam rizosfer tanah. Nutrisi yang terkandung dalam rizosfer tanah memberi keuntungan spesies-spesies kapang untuk tumbuh dan berkembangbiak dalam rizosfer tanah. Kandungan nutrisi dalam tanah berupa senyawa-senyawa organik dalam bentuk sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati. Keberadaan kapang di dalam tanah secara langsung atau tidak langsung juga dipengaruhi oleh faktor fisika kimia tanah. Faktor fisika kimia tanah, meliputi tekstur, struktur, suhu, kadar air tanah, bahan organik, dan pH. Pada umumnya, kapang membutuhkan kadar air yang lebih sedikit dibandingkan bakteri. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, kelembapan tanah optimum untuk pertumbuhan kapang, yaitu 70% (Rahayuniati, 2009). Kelembapan rizosfer tanah pertanian tebu di Cemorokandang tergolong cocok untuk pertumbuhan kapang karena tidak terpaut jauh dari persyaratan tumbuh optimum kapang, yaitu 56%.

Habitat kapang tanah umumnya bersifat aerob sehingga oksigen selalu tersedia dalam rizosfer tanah. Kapang tanah memanfaatkan oksigen dari atmosfer tanah untuk kelangsungan hidupnya. Pertumbuhan kapang juga dipengaruhi oleh ion-ion H^+ , sehingga kapang dapat tumbuh pada lingkungan asam atau pH rendah, yaitu berkisar antara 5—7. Menurut Fardiaz (1992), suhu optimum untuk pertumbuhan kapang berkisar antara 25—30 °C. Berdasarkan hasil penelitian, pH tanah rizosfer tanah pertanian tebu di Cemorokandang tergolong optimal untuk pertumbuhan kapang, yaitu 5,4 dengan suhu tanah 31 °C. Spesies kapang yang paling dominan ditemukan dalam sampel rizosfer tanah dalam penelitian ini, yaitu *Trichoderma harzianum* Rifai dengan jumlah koloni tiap gram sampel tanah $1,8 \times 10^4$ cfu/g. Menurut Purwantisari dan Rini (2008) kapang *Trichoderma* mempunyai aktivitas antagonisme yang kuat terhadap kapang patogen. Keberadaan kapang *Trichoderma harzianum* yang dominan dalam tanah pertanian tebu menunjukkan bahwa dalam ekosistem tanah tersebut sudah terdapat pengendalian hayati secara alami yang dapat melindungi tanaman tebu dari serangan kapang patogen.

Implikasi Hasil Penelitian dalam Pembuatan Bahan Ajar Modul

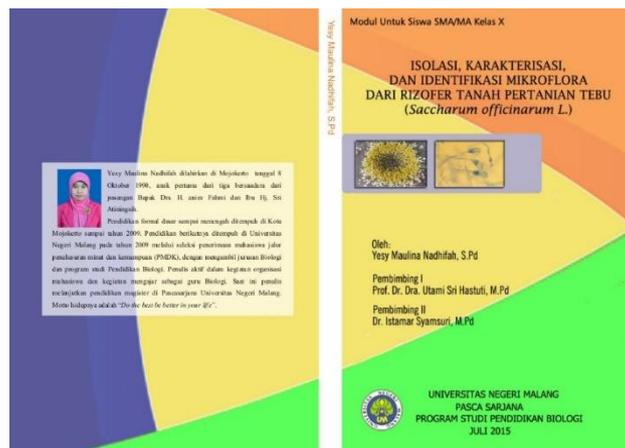
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disusun bahan ajar berupa modul untuk mata pelajaran Biologi kelas X SMA, khususnya materi Kingdom Fungi, materi kapang tanah, materi isolasi, karakterisasi, dan identifikasi mikoflora dari rizosfer tanah pertanian tebu, dan materi kegiatan praktikum siswa. Melalui proses pembelajaran dengan bahan ajar modul yang telah disusun, diharapkan dapat membantu proses belajar mengajar untuk memahami keanekaragaman mikoflora dari rizosfer tanah. Bahan ajar yang disusun ini telah melalui beberapa uji validasi oleh para validator dan kelayakan bahan ajar modul pada uji kelompok kecil. Hasil uji validasi menyatakan bahwa bahan ajar modul layak untuk digunakan. Sesuai dengan hasil validasi isi materi oleh pakar Mikologi menunjukkan 97% dan validasi modul oleh pakar bahan ajar masing-masing dengan persentase sebesar 91% serta uji validasi kelompok kecil diperoleh persentase sebesar 92%. Artinya, isi materi dan modul Kingdom Fungi layak untuk digunakan dan direvisi. Namun, terdapat beberapa saran perbaikan dari para validator untuk lebih menyempurnakan modul.

Penyusunan modul ini mengangkat tentang keanekaragaman mikoflora dari rizosfer tanah pertanian Tebu varietas lokal di Cemorokandang, Malang yang sesuai dengan salah satu prinsip pembelajaran Biologi dalam Peraturan Menteri No.22 Tahun 2006, dikembangkan melalui kemampuan berpikir kritis, induktif, dan deduktif untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan peristiwa alam sekitar dalam sains, lingkungan, dan teknologi masyarakat (Depdiknas, 2006). Mengacu pada kebutuhan bahan ajar yang dilakukan dengan menyebar angket ke siswa, maka hasil penelitian dapat diterapkan dan dijadikan bahan ajar bagi siswa kelas X SMA tentang keanekaragaman mikoflora dari rizosfer tanah pertanian tebu. Bahan ajar yang disusun dan dikembangkan hanya sampai pada tahap validasi isi materi, validasi kelayakan modul, dan uji kelompok kecil sehingga diperoleh produk berupa modul Kingdom Fungi yang layak digunakan.

Modul yang telah tersusun diharapkan dapat digunakan sebagai bahan ajar dalam kegiatan belajar mengajar. Dalam modul terdapat kegiatan praktikum sehingga para siswa mendapat kesempatan untuk melakukan pengamatan mikroskopis terhadap bagian-bagian tubuh kapang pada preparat slide culture. Diharapkan melalui kegiatan tersebut siswa lebih mudah memahami konsep struktur tubuh kapang. Di samping itu, para siswa juga mendapat tugas terstruktur, yaitu membuat rancangan penelitian kecil tentang isolasi, karakterisasi, dan identifikasi mikoflora dari rizosfer lahan pertanian selain tanah pertanian tebu. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan minat siswa untuk melakukan penelitian kecil yang mendasari penelitian-penelitian selanjutnya pada waktu siswa melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi.

Penelitian ini telah berhasil mengungkapkan tentang keanekaragaman spesies kapang yang hidup dalam rizosfer tanah pertanian tebu di daerah Cemorokandang. Diantara spesies-spesies kapang yang ditemukan, ada spesies kapang yang dimanfaatkan dalam bidang teknologi, yaitu *Penicillium camemberti* dan *Penicillium nalgiovense* dalam hal pembuatan keju. Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian lebih lanjut, khususnya dalam pemanfaatan spesies-spesies kapang tersebut dalam pembuatan berbagai macam keju, selanjutnya dapat pula dilakukan peningkatan kualitas keju yang dihasilkan. Di samping itu, penelitian ini juga telah berhasil mengungkapkan adanya spesies kapang yang bersifat antagonis terhadap kapang patogen tular tanah, *Fusarium* spp, spesies kapang antagonis tersebut ialah *Trichoderma harzianum*. Berdasarkan hal tersebut dapat dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan daya antagonisme kedua spesies kapang tersebut terhadap spesies-spesies kapang patogen tular tanah penyebab penyakit tanaman budidaya, baik tebu maupun tanaman budidaya yang lain.

Penelitian ini juga telah menghasilkan modul Kingdom Fungi untuk kegiatan belajar mengajar Biologi di SMA. Para guru dapat mengujicobakan modul tersebut melalui penelitian yang bertujuan untuk menguji keefektifan modul tersebut untuk meningkatkan hasil belajar siswa, khususnya pada bab Fungi. Setelah siswa mempelajari keanekaragaman spesies kapang yang ditemukan di rizosfer tanah pertanian tebu melalui modul, maka diharapkan akan terbentuk sikap cinta lingkungan pada diri para siswa. Mereka diharapkan dapat memahami bahwa banyak spesies kapang yang bermanfaat dalam berbagai bidang, seperti pertanian dan industri makanan olahan sehingga keberadaannya dalam ekosistem perlu mendapat perhatian. Ekosistem perlu dijaga dari berbagai macam kegiatan yang dapat merusak, agar keberadaan mikroorganisme yang hidup didalamnya dapat tetap dilestarikan. Produk modul dapat dilihat berupa ilustrasi sampul depan dan belakang buku pada Gambar 3.



Gambar 3. (a) Sampul belakang dan (b) Sampul depan modul kingdom fungi

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil identifikasi spesies-spesies kapang yang terdapat dalam tanah pertanian tebu ditemukan 7 spesies kapang, yaitu *Trichoderma harzianum*, *Penicillium nalgiovense*, *Penicillium corylophilum*, *Penicillium funiculosum*, *Penicillium camemberti*, *Aspergillus ochraceus*, dan *Penicillium citrinum*. Spesies kapang yang paling dominan dalam tanah pertanian tebu adalah *Trichoderma harzianum* dengan total jumlah $1,8 \times 10^4$ cfu/g sampel tanah. Selain itu, telah tersusun bahan ajar Biologi berupa modul Kingdom Fungi dan preparat kapang permanen untuk kegiatan belajar mengajar Biologi bagi para siswa SMA.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang potensi spesies kapang yang telah ditemukan dalam penelitian ini dalam bidang bioteknologi, misalnya *Penicillium camemberti* dalam proses pembuatan berbagai macam keju ditinjau dari kualitas keju. Perlu dilakukan penelitian sejenis tentang keanekaragaman kapang yang hidup dalam rizosfer tanah pertanian tebu di berbagai daerah. Kepada para guru Biologi di SMA disarankan untuk menggunakan modul Kingdom Fungi yang dihasilkan melalui penelitian ini dalam kegiatan belajar mengajar serta menguji keefektifan modul tersebut dalam hal peningkatan hasil belajar siswa.

DAFTAR RUJUKAN

- Barnett, H. L. & Barry B.H. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, Third Edition. Minessota: Burgess Publishing Company.
- Barnett, H.L. & B.B. Hunter. 1998. *Illustrated Marga of Imperfect Fungi*. 4th ed. USA: Prentice-Hall, Inc.
- Depdiknas. 2006. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar*. Dokumen Pendidikan Nasional.
- Fardiaz, S. 1992. *Mikrobiologi Pangan 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Pitt, J.I. & Hocking, A.D. 1997. *Fungi and Food Spoilage*. 2nd ed. London: Blackie Academic and Professional.
- Purwantisari, S. & Rini, B.H. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen Phytophthora infestans Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang dengan Menggunakan Trichoderma spp. Isolat Lokal, *BIOMA* 11(1):24—32
- Samson, R. A., Ellen S. Hoekstra. & Connie A.N. Van Orrschot. 1984. *Introduction to Food-Borne Fungi*. Delft: Central Bureau Vool Schimmel Cultures.
- Thiagarajan, S., D.S. Semmel. & M.I. Semmel. 1974. *Instructional Development for Training Teacher of Exeptional Children*. Minesota: Indiana University.