

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Jamur

2.1.1 Karakteristik Umum Jamur

Jamur (fungi) adalah organisme kemoheterotrof yang memerlukan senyawa organik untuk nutrisinya (sumber karbon dan energi). Bila sumber nutrisi tersebut diperoleh dari bahan organik mati, maka jamur tersebut bersifat saprofit. Beberapa fungi bersifat menguntungkan karena merupakan bahan makanan, misalnya cendawan (mushroom). Beberapa fungi juga dapat bersifat parasit dengan memperoleh senyawa organik dari organisme hidup. Dalam hal ini, fungi bersifat merugikan karena menimbulkan penyakit pada manusia, hewan, maupun tanaman (Pratiwi, 2008). Jamur dan bakteri memiliki perbedaan yaitu jamur merupakan sel nukleus yang dikelilingi membran dan termasuk sel eukariotik (memiliki membran inti) sedangkan bakteri merupakan organel yang dikelilingi membran, tidak memiliki nukleus yang terbentuk dengan jelas dan termasuk sel prokariotik (tidak memiliki membran inti) (James *et al*, 2008).

2.1.2 Morfologi Jamur

Khamir (yeast) adalah fungi bersel satu (uniseluler), tidak berfilamen, berbentuk oval atau bulat, tidak berflagela, dengan lebar berkisar 1-5 mm dan panjang berkisar 5-30 mm (Pratiwi, 2008). Pada permukaan, pertumbuhan seperti bulu-bulu halus disebut kapang atau mold atau miselium aerial (Hawley, 2003). Sedangkan ragi

ialah sel-sel jamur tunggal yang lonjong sampai bulat yang bertunas untuk perkembangbiakan (Jawets *et al*, 1996).

Elemen yang terkecil dari jamur disebut hifa, yaitu berupa benang-benang filamen yang terdiri dari sel-sel yang mempunyai dinding, protoplasma, inti, dan biasanya mempunyai sekat (Siregar, 2004). Hifa bersekat atau bersepta biasanya memiliki dinding melintang berkala dan lebarnya lebih merata (diameter 2 sampai 5 μm). Sebagian besar hifa bersekat dan tidak berwarna (hialin); beberapa genus memiliki hifa gelap (*dermaticeous*), biasanya coklat sampai abu-abu (Hawley, 2003). Hifa yang tidak mempunyai sekat disebut hifa sunositik. Benang-benang hifa ini bercabang-cabang dan bila membentuk anyaman disebut miselium. Hifa umumnya mempunyai sekat, tetapi ada kalanya dari satu spora, dapat terbentuk suatu hifa semu. Hifa semu dibentuk dari sel ragi. Pada salah satu sisinya membentuk tonjolan yang lebih besar sehingga tampak menyerupai hifa dan tidak mempunyai sekat. Anyaman dari hifa semu ini disebut miselium semu (Siregar, 2004).

Hifa dapat berwarna atau tidak berwarna dan jernih. Hifa dapat bersifat sebagai (Staf Pengajar Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009) :

- a. Hifa vegetatif, yaitu berfungsi mengambil makanan untuk pertumbuhan.
- b. Hifa reproduktif, yaitu membentuk spora.
- c. Hifa udara, yaitu berfungsi mengambil oksigen.

Hifa berkembang biak atau tumbuh menurut arah panjangnya dengan membentuk spora. Spora adalah suatu alat reproduksi yang bisa dibentuk dalam hifa sendiri atau alat-alat khusus dari jamur sebagai alat reproduksi. Besarnya antara 1-3 μm ,

dengan bentuknya bisa bulat, segi empat, kerucut, atau lonjong. Spora-spora ini dalam pertumbuhannya semakin lama semakin besar dan memanjang sehingga membentuk satu hifa (Siregar, 2004).

Seperti hifa, spora dapat berwarna atau tidak berwarna dan jernih. Spora dapat dibentuk secara aseksual dan seksual. Spora aseksual disebut talospora (*thallospora*), yaitu spora yang langsung dibentuk dari hifa reproduktif. Spora yang termasuk talospora ialah (Staf Pengajar Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009) :

- a. Blastospora, yaitu spora yang berbentuk tunas pada permukaan sel, ujung hifa semu atau pada sekat (septum) hifa semu. Contoh: *Candida*.
- b. Artrospora, yaitu spora yang dibentuk langsung dari hifa dengan banyak septum yang *kemudian* mengadakan fragmentasi sehingga hifa tersebut terbagi menjadi banyak artrospora yang berdinding tebal. Contoh: *Oidiodendron, Geotrichum*.
- c. Klamidospora, yaitu spora yang dibentuk pada hifa di ujung, di tengah atau menonjol ke lateral, dan disebut klamidospora terminal, interkaler, dan lateral. Diameter klamidospora tersebut lebih lebar dari hifa yang berdinding tebal. Contoh: *Candida albicans*, dermatofita.
- d. Aleuriospora, yaitu spora yang dibentuk pada ujung atau sisi dari hifa khusus yang disebut konidiofora. Aleuriospora ini uniselular dan kecil, disebut mikrokonia (mikro aleuriospora); atau multiselular, besar atau panjang, disebut makrokonia (makro aleuriospora). Contoh: *Fusarium, Curvularia*, dermatofita.

- e. Sporangiospora, yaitu spora yang dibentuk di dalam ujung hifa yang menggelembung, disebut sporangium. Contoh: *Rhizopus*, *Mucor*, *Absidia*.
- f. Konidia, yaitu spora yang dibentuk di ujung sterigma bentuk fialid. Sterigma dibentuk diatas konidiofora. Konidia membentuk susunan seperti rantai. Contoh: *Penicillium*, *Aspergillus*.

Spora seksual dibentuk dari fusi dua sel atau hifa. Termasuk golongan spora seksual ialah (Staf Pengajar Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009) :

- a. Zigospora, yaitu spora yang dibentuk dari fusi (penggabungan) dua hifa yang sejenis membentuk zigot dan di dalam zigot terbentuk zigospora.
- b. Oospora, yaitu spora yang dibentuk dari fusi dua hifa yang tidak sejenis (anteridium dan oogonium).
- c. Askospora, yaitu spora yang dibentuk di dalam askus sebagai hasil penggabungan (fusi) dua sel atau dua jenis hifa.
- d. Basidiospora, yaitu spora yang dibentuk pada basidium sebagai hasil penggabungan dua jenis hifa.

2.1.3 Klasifikasi Jamur

Jamur diklasifikasikan menjadi empat kelas utama, yaitu Phycomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes (Pratiwi, 2008).

- a. Phycomycetes

Kelas ini umumnya tidak mempunyai septa (dinding penyekat) yang teratur pada benang hifanya, sehingga mengakibatkan terdapat banyak nukleus (inti) di setiap sel benang hifa.

b. Ascomycetes

Ascomycetes atau fungi berkantung, membentuk satu atau lebih spora seksual (askospora) dalam sel berbentuk kantung yang disebut askus. Spora aseksual yang diproduksi Ascomycetes sering kali berupa mikrokonidia bersel tunggal. Mikrokonidia mungkin diproduksi dalam rantai panjang yang menjalar dari hifa udara yang disebut konidiofor (pembawa konidia), atau sebagai mikroaleurospora. Beberapa Ascomycetes membentuk tubuh buah atau askokarp yang mengelilingi askus bersama askosporanya.

c. Basidiomycetes

Basidiomycetes membentuk spora seksual (basidiospora) secara eksternal pada sel berbentuk gada (basidia). Reproduksi seksual mungkin terjadi melalui pertunasan, mikrokonidia, ataupun dengan fragmentasi benang hifa. Umumnya hifa Basidiomycetes berseptata. Basidiomycetes membentuk tubuh buah atau basidiokarp, yang mengandung basidia dan basidiospora.

d. Deuteromycetes

Deuteromycetes adalah jamur yang status seksualnya belum diketahui secara pasti. Akan tetapi karena konidiumnya jelas, banyak spesies masih dianggap tergolong ke dalam kelas ini meskipun tingkat seksualnya saat ini telah diketahui dengan baik.

2.2 Jamur Kontaminan Pada Udara

2.2.1 *Aspergillus sp*

A. Gambaran Umum

Jamur ini tersebar luas di alam. Mereka tumbuh pada sayuran yang membusuk dan menghasilkan rantai konidia. Penularan konidia dapat terjadi melalui udara (Levinson dan Jawetz, 1996).

Aspergillus termasuk kelompok kapang oportunistis patogen yang dapat menginfeksi manusia. Kelainan yang ditimbulkan berupa aspergilosis yaitu infeksi yang dapat mengenai kulit, kuku, dan alat dalam terutama paru. Selain infeksi, kapang tersebut juga dapat menyebabkan alergi dalam paru (Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009).

B. Klasifikasi

Divisi	: Amastigomycota
Subdivisi	: Deuteromycotina
Kelas	: Deuteromycetes
Subkelas	: Hyphomycetidae
Ordo	: Moniliales
Familia	: Moniliaceae
Genus	: <i>Aspergillus</i> (Susilowati, 2001)

C. Morfologi

(i) Makroskopis

Pada media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) di suhu kamar, koloni akan cepat tumbuh dengan penampakan seperti beludru serta berkerut. Variasi warna koloni akan bergantung pada kepadatan konidia yang dihasilkan yaitu biru, hijau, kuning, hitam, dan putih.

(ii) Mikroskopis

Miselium *Aspergillus* memiliki sekat. Konidiospora yang tidak bercabang, bertekstur kasar atau halus, dengan sel kaki di dasar akan menopang besarnya vesikel yang terletak di ujung. Vesikel yang berbentuk satu atau dua baris kemudian akan menopang fialid yang berbentuk seperti labu, baris vesikel tersebut akan memproduksi rantai fialokonidia yang halus maupun kasar (Kern, 1985).

Semua spesies *Aspergillus* dicirikan oleh konidiofora, yang berkembang menjadi vesikel besar pada bagian ujung dan tertutup oleh fialid yang menghasilkan rantai panjang konidia. Fialid mungkin muncul secara langsung dari vesikel (uniseriate) atau dari metulae, yang melekat pada vesikel (biseriate). Spesies *Aspergillus* dapat diidentifikasi terutama berdasarkan struktur konidia, yaitu ukuran, warna, serta bentuk konidiofora, konidia, dan fialidnya (Joklik *et al*, 1988).



Gambar 2.1 Morfologi *Aspergillus sp* (Anonim, 2013).

D. Patogenitas

Jamur masuk lewat inhalasi sampai ke paru - paru, spora akan mengikuti aliran darah menuju plasenta dan menyebabkan plasentitis diikuti oleh kematian fetus dan abortus. Jamur juga dapat masuk ke tubuh melalui makanan, lewat ingesti spora masuk rumen menyebabkan rumenitis kemudian masuk ke dalam darah menuju plasenta dan menyebabkan plasentitis yang diikuti oleh abortus. Masa inkubasi sampai beberapa minggu dengan gejala gangguan pernafasan seperti bronkitis, atelektasis, pneumonia, abses, emphysema. Kadang - kadang ditemukan granuloma pada bagian luar telinga atau sinus paranasal (Anonim a, 2013).

E. Epidemiologi

Aspergillus adalah kapang saprofit yang hidup di tanah, air, dan tumbuhan. Hampir semua bahan dapat ditumbuhi jamur tersebut, terutama di daerah tropis dengan kelembapan yang tinggi. Konidia *Aspergillus* akan terlepas, tersebar di

udara dan dapat mudah terhirup. Lingkungan merupakan sumber penularan penting karena terhirupnya spora *Aspergillus* ke dalam saluran nafas merupakan hal yang sulit dihindari (Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009).

2.2.2 *Mucor sp*

A. Gambaran Umum

Jamur dari ordo Mukorales adalah oportunistis patogen yang menimbulkan infeksi paru, infeksi ini disebut mukormikosis (Shulman *et al*, 1994).

B. Klasifikasi

Divisi	: Amastigomycota
Subdivisi	: Zygomucotina
Kelas	: Zygomycetes
Ordo	: Mucorales
Familia	: Mucoraceae
Genus	: <i>Mucor</i> (Susilowati, 2001)

C. Morfologi

(i) Makroskopis

Pada *Saboroud Dextrose Agar* (SDA) termodifikasi bersuhu 25°C, setelah 2 sampai 4 hari, koloni *Mucor* akan berbentuk seperti wool dan dengan cepat mengisi seluruh petri atau tabung reaksi. Pada mulanya koloni berwarna putih kemudian abu-abu berubah menjadi kuning. Permukaannya akan tertutup dengan noda gelap ketika sporangiumnya terbentuk (Fisher dan Cook, 1998).

(ii) Mikroskopis

Hifa hialin *Mucor* dapat memiliki sekat-sekat yang rapat, maupun jarang serta luas (rata-rata 10 μm). Dinding hifanya tebal dan memiliki diameter bervariasi serta seringkali saling mengkai. Sporangiospora yang muncul tidak teratur dari hifa, berbentuk panjang dan lurus, percabangannya tidak teratur seringkali muncul. Sporangiospora *Mucor* mengalami pembesaran pada bagian akhir distal menjadi columella dengan bentuk yang bervariasi. Sporangiospora tersebut dapat berupa hialin maupun berpigmen gelap. Sporangium bulat memiliki diameter bervariasi 60 sampai 300 μm (rata-rata 180 μm). Kantungnya berisi ovoid uniseluler atau sporangiospora elips yang diameternya berukuran sekitar 5 μm dengan spora berwarna kuning sampai coklat. Collarete berada pada dasar columella saat sporangiumnya dewasa dan pecah atau larut. Rhizoid tidak diproduksi oleh *Mucor*. Beberapa spesies bereproduksi secara seksual dalam biakan, membentuk zygospora. Beberapa klamidokonidia ditemukan di sporangiospora (Fisher dan Cook, 1998).



Gambar 2.2 Morfologi *Mucor sp* (Anonim b, 2013).

D. Patogenitas

Spora dari jamur ini dihisap dan mengkolonisasi saluran hidung dan saluran pernafasan. Pada individu dengan imunitas normal spora dengan cepat ditelan dengan neutrofil dan makrofag alveolus. Spora dapat tumbuh dalam sinus (rongga) dan terjadi invasi jaringan oleh hifa, menimbulkan mukormikosis. Bentuk klinik dari mukormikosis ini juga terjadi pada penderita yang neutropeni dan juga yang rentan terhadap mukormikosis paru.

E. Epidemiologi

Mucor sp tumbuh dimana dalam lingkungan dan dalam jaringan seperti hifa. Berbagai macam spesies dari ordo Mukorales ini tumbuh pada bahan organik yang membusuk seperti roti berjamur. Prevalensi yang tinggi dari organisme ini dalam lingkungan mengakibatkan paparan secara umum (Shulman *et al*, 1994).

2.2.3 *Rhizopus sp*

A. Gambaran Umum

Dinamakan *Rhizopus sp* karena mereka memiliki rhizoid, yang akarnya seperti jangkar dihubungkan oleh hifa yang disebut stolon yang meluas ke media di mana mereka tumbuh. Organisme kelas Zygomycetes serupa lainnya termasuk *Mucor*, *Apophysomyces*, *Rhizomucor*, *Saksenaea*, dan *Cunninghamella*. Berikut ini dapat membedakan genus dari kelas Zygomycetes adalah panjang dan lokasi rhizoid mereka, diameter sporangia, bentuk kolumela, ukuran, bentuk dan tekstur permukaan sporangiospora (Anonim b, 2013).

B. Klasifikasi

Divisi	: Amastigomycota
Subdivisi	: Zygomycotina
Kelas	: Zygomycetes
Ordo	: Mucorales
Familia	: Mucoraceae
Genus	: <i>Rhizopus</i> (Susilowati, 2001)

C. Morfologi

(i) Makroskopis

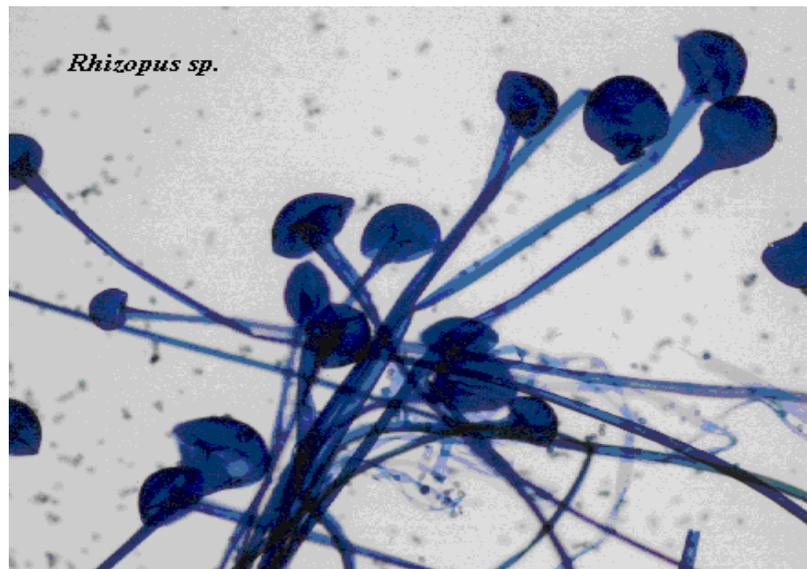
Pada *Saboroud Dextrose Agar* (SDA) termodifikasi dengan suhu 25°C, setelah 2 sampai 4 hari, koloni *Rhizopus* berbentuk floccose atau berbulu dan dengan cepat dapat memenuhi seluruh cawan petri atau tabung reaksi. Pada mulanya, koloni *Rhizopus* berwarna putih, kemudian berubah menjadi abu-abu kecoklatan. Permukaannya menjadi tertutup dengan bintik-bintik gelap ketika sporangium muncul (Fisher dan Cook, 1998).

(ii) Mikroskopis

Bentuk hifa *Rhizopus* menyerupai zygomycetes lain, kebanyakan tidak bersekat atau sangat jarang bersekat, luas (kurang-lebih 10 µm), berdinding tipis, ukuran diameter tidak teratur, rhizoid berwarna kuning atau coklat muda terendam dalam medium. Sporangiospora coklat muda berbentuk panjang (0,5 sampai 2 mm) dan lurus serta biasanya tidak bercabang. Mereka terkadang muncul sendiri atau berkelompok. Sporangiospora memperbesar menjadi searah

distal menjadi columella hemispherical steril dengan dasar rata yang secara bertahap membengkak karena meluas ke dalam dan menyongkong sporangium. Sporangium berbentuk bulat dengan hialin (tidak berwarna) berdasar rata, keduanya menjadi lebih gelap ketika terisi penuh oleh sporangiospora. Ukuran diameter sporangium bervariasi, dari ukuran 100 sampai 150 μm .

Uniseluler berbentuk elips atau sporangiospora elipsnya berdiameter kurang lebih 7 μm dengan dasar berbentuk datar dengan permukaan yang halus (berduri), berlurik. Keduanya tidak berwarna atau berwarna coklat muda. Ketika sporangium matang dan pecah atau hancur, columella sering kali menjadi berguguran dengan posisi akhir seperti payung terbalik. Hampir tidak tampak apophysis pada beberapa spesies. Beberapa spesies bereproduksi secara seksual dalam biakan, membentuk zygospora dimana klamidokonidiana mungkin akan muncul (Fisher dan Cook, 1998).



Gambar 2.3 Morfologi *Rhizopus sp* (Anonim c, 2013).

D. Patogenitas

Mereka berkembang biak di dinding pembuluh darah, terutama dari sinus paranasal, paru-paru, atau usus, dan mengakibatkan nekrosis jaringan (Levinson dan Jawetz, 1996). *Rhizopus* merupakan flora normal di nasofaring, dan menjadi patogen pada pasien yang mengalami ketoasidosis diabetikum serta cepat menjadi bentuk rhinocerebral (80-90%). Abses otak karena penyebaran dari paru hanya ditemukan pada pasien yang *immunocompromised* (imunitas lemah). Infark otak bisa disebabkan karena oklusi vaskuler (Japardi, 2002).

E. Epidemiologi

Rhizopus dapat berkembang pada kotoran hewan, pupuk alamai maupun pupuk organik. Mereka juga tumbuh subur di tempat kotoran hewan di mana kotoran hewan ditemukan. Jamur ini biasanya ditemukan tumbuh di kotoran hewan dan juga dapat tumbuh pada makanan (Anonim b, 2013).

2.2.4 *Penicillium sp*

A. Gambaran Umum

Penicillium sp tersebar merata diseluruh dunia. Mereka ditemukan didalam tanah dan sayuran busuk. *Penicillium sp* mungkin dapat ditemukan di dapur dan area-area lain dari rumah dan terjadi secara normal pada kulit dan dalam beberapa saluran sekresi. Jamur meyebar melalui udara. Spesies *Penicillium* adalah salah satu kontaminan laboratorium yang paling umum (Fisher dan Cook, 1998).

B. Klasifikasi

Divisi	: Ascomycota
Kelas	: Eurotiomycetes
Ordo	: Eurotiales
Familia	: Trichocomaceae
Genus	: <i>Penicillium</i> (Anonim f, 2013)

C. Morfologi

(i) Makroskopis

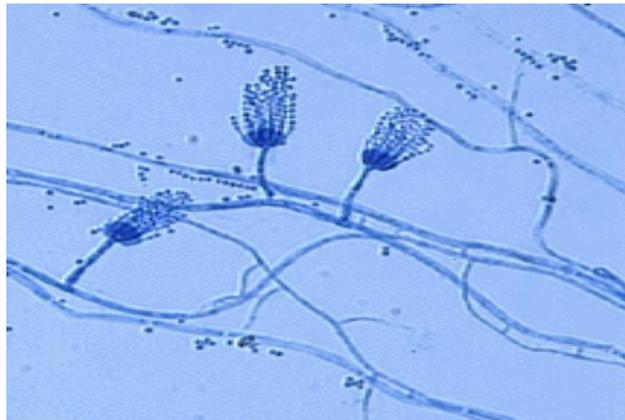
Penicillium menghasilkan koloni pada *Saboroud Dextrose Agar* (SDA) termodifikasi pada suhu 25°C setelah 4 hari. Koloni *Penicillium* memiliki ciri-ciri berwarna biru-hijau dengan sekelilingnya berwarna putih. Meski demikian, berbagai variasi warna mungkin dapat terjadi. Pigmen dari beberapa spesies dapat berdifusi ke dalam medium dan mengelilingi koloni. Koloni *Penicillium* kadang-kadang sulit dibedakan dengan *Aspergillus Fumigatus*. memiliki granular dan berwarna biru-hijau atau hijau, dan mereka tumbuh dengan cepat (Fisher dan Cook, 1998).

(ii) Mikroskopis

Hifa *Penicillium* relatif tipis (rata-rata berdiameter 3 µm), hialin, dan sekat. Konidiosporanya tegak, bersekat, dan berhialin hingga berwarna muda. *Penicillium sp* biasanya memiliki penicillus, yang bercabang dan menyongkokng fialid sekunder dimana rantai konidia akan tumbuh. Bentuk lain yang mungkin

terjadi adalah konidiospora sedeharnanya tidak bercabang menyokong fialid yang muncul di atas konidiofora.

Fialid berbentuk botol dengan ujung tumpul dan biasanya berkumpul dalam uliran di ujung metula atau langsung pada percabangan konidiospora tersebut. Konidia berukuran kecil berbentuk lonjong atau elips (2 sampai 5 μm), uniseluler, dan hialin (tidak berwarna) atau sedikit berpigmen dengan dinding agak kasar. Perbedaan *Penicillium sp* tergantung pada perbedaan bentuk halus dan susunan konidiofora, fialid, dan metula. Jika identifikasi *Penicillium sp* dianggap tidak memadai, biakan dapat dikirim ke laboratorium rujukan untuk identifikasi spesies (Fisher dan Cook, 1998).



Gambar 2.4 Morfologi *Penicillium sp* (Anonim a, 2013).

D. Patogenitas

Penicillium sp dianggap sebagai kontaminan tetapi dapat menyebabkan infeksi, khususnya pada *immunocompromised* (imunitas lemah) dan penyakitnya dikenal secara umum sebagai penicilliosis. *Penicillium* telah diisolasi dari pasien

dengan pneumonia, keratitis, endophthalmitis, otomycosis, dan infeksi saluran kemih (Anonim, 2013).

E. Epidemiologi

Banyak spesies dari *Penicillium* merupakan kontaminan yang umum pada berbagai substrat dan umum ditemukan didebu rumah. Beberapa spesies tumbuh dalam ruangan pada dinding kering, dinding kertas, kain membusuk, dan cat. Juga ditemukan membusuk pada apel, bahan makanan kering, keju, rempah segar, rempah-rempah, sereal kering, kacang-kacangan, bawang, dan jeruk (Anonim a, 2013).

2.2.5 *Trichordema sp*

A. Gambaran Umum

Trichordema sp ditemukan di tanah pada seluruh dunia. Mereka tersebar melalui udara (Fisher dan Cook, 1998). Mereka dapat tumbuh di berbagai tempat, mudah diisolasi, dan dibiakkan (Anonim b, 2013)

B. Klasifikasi

Kingdom	: Fungi
Divisio	: Amastigoycota
Subdivisio	: Deuteromycotina
Classis	: Deuteromicetes
Ordo	: Moniliales
Familia	: Moniliaceae
Genus	: <i>Trichoderma</i> (Anonim b, 2013)

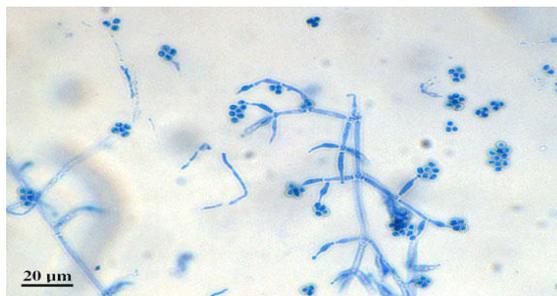
C. Morfologi

(i) Makroskopis

Pada *Saboroud Dextrose Agar* (SDA) termodifikasi dengan suhu 25°C setelah 4 sampai 5 hari, koloni *Trichoderma* menutupi plate dengan bentuk seperti rumput berwarna putih. Kemudian koloni dapat menjadi seperti beludru atau tepung dan membentuk cincin konsentris sebagai pertumbuhan di mana konidia menjadi berat. Warna bervariasi dari kuning sampai kuning-hijau. Pigmen kebalikannya tidak berwarna sampai kuning muda atau bercahaya orange muda-cokelat.

(ii) Mikroskopis

Hifa hialin *Trichoderma* berbentuk tipis, hialin (tidak berwarna), dan bersekat. Hifa menghasilkan fialospora yang pendek dan kaku, serta halus, dengan sudut percabangan yang lebar. Fialid yang ditemukan di fialospora berbentuk pendek, gemuk, dan hialin. Fialid membengkak dari dasar ke bagian tengah, kemudian meruncing ke puncak, membentuk seperti vas bunga. Fialokonidia berbentuk kecil (2 µm) agak bulat sampai elips adalah uniseluler. Mereka tidak berwarna sampai hijau (Fisher dan Cook, 1998).



Gambar 2.5 Morfologi *Trichordema sp* (Anonim d, 2013).

E. Epidemiologi

Jamur ini berperilaku seperti parasit dan antagonis pada banyak jamur fitopatogenik, sehingga melindungi tanaman dari penyakit. *Trichoderma sp* adalah salah satu yang mempelajari jamur agen pengendali biologis dan komersial dipasarkan sebagai pestisida hayati, pupuk hayati dan amandemen tanah. Genus *Trichoderma* tinggal di banyak habitat, terutama di tanah. Kegiatan *Trichoderma sp* sebagai antagonis dari tanaman patogen dipengaruhi oleh suhu, kelembaban dan interaksi dengan mikroorganisme lainnya (Anonim e, 2013).

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur adalah (Anonim b, 2013) :

a. Suhu Pertumbuhan

Kebanyakan jamur bersifat mesofilik, yaitu tumbuh baik pada suhu kamar. Suhu optimum pertumbuhan untuk kebanyakan jamur adalah sekitar 25°C-30°C, tetapi beberapa dapat tumbuh pada suhu 35°C-37°C atau lebih tinggi, misalnya *Aspergillus*. Beberapa jamur bersifat psikotropik yaitu dapat tumbuh baik pada suhu lemari es dan beberapa biakan masih dapat tumbuh lambat pada suhu dibawah suhu pembekuan, misalnya pada suhu -5°C sampai 10°C. Beberapa jamur juga bersifat termofilik yaitu dapat tumbuh pada suhu tinggi.

b. Kebutuhan Oksigen dan pH

Semua jamur bersifat aerobik yaitu membutuhkan oksigen untuk pertumbuhannya. Kebanyakan jamur dapat tumbuh pada kisaran pH yang luas yaitu

pH 2 sampai 8,5 tetapi biasanya pertumbuhannya akan lebih baik pada kondisi asam atau pH rendah.

c. Cahaya

Spektrum cahaya dengan panjang gelombang 380-720 nm relatif berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur, juga berpengaruh terhadap sporulasi. Pengaruh cahaya terhadap reproduksi jamur cukup kompleks. Tingkat perkembangan yang berbeda membutuhkan sinar yang berbeda. Intensitas, durasi, kualitas cahaya menentukan besarnya pengaruh cahaya terhadap jamur. Umumnya cahaya menstimulasi atau menjadi faktor penghambat terhadap pembentukan struktur alat-alat reproduksi dan spora pada jamur.

d. Substrat atau Media

Pada umumnya jamur dapat menggunakan berbagai komponen makanan dari yang sederhana sampai kompleks. Kebanyakan jamur memproduksi enzim hidrolitik misalnya amylase, pektinase, proteinase, dan lipase. Oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan yang mengandung pati, protein, pectin, dan lipid.

e. Komponen Penghambat

Beberapa jamur mengeluarkan komponen yang dapat menghambat organisme lainnya. Komponen ini disebut antibiotik. Beberapa komponen lain bersifat mikostatik yaitu penghambat pertumbuhan jamur atau fungisidal yang membunuh jamur. Pertumbuhan jamur biasanya berjalan lambat bila dibandingkan dengan pertumbuhan bakteri dan khamir. Jika kondisi pertumbuhan memungkinkan semua mikroorganisme untuk tumbuh, jamur biasanya kalah dalam kompetisi dengan

khamir dan bakteri. Tetapi sesekali jamur dapat mulai tumbuh, pertumbuhan yang ditandai dengan pertumbuhan miselium dapat berlangsung dengan cepat.

2.4 Penyakit Yang Disebabkan Kontaminasi Jamur

2.4.1 Aspergilosis

Aspergilosis adalah suatu penyakit yang dapat disebabkan oleh sejumlah spesies *Aspergillus* (Jawetz *et al*, 2007). Organisme penyebab aspergilosis yaitu *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, dan *A. flavus* biasanya terdapat dalam tanah, debu, dan bahan sayur yang membusuk dan tersebar diseluruh dunia. Infeksi melalui inhalasi spora dalam udara. Walaupun organisme tersebar di mana-mana, namun penyakit pada manusia jarang terjadi (Mandal *et al*, 2008). Beberapa bentuk dapat dikenali:

A. Aspergilosis Bronkopulmonari Alergik (ABPA)

ABPA merupakan penyakit alergi dengan kolonisasi organisme tersebut pada gumpalan-gumpalan lendir pada paru-paru, tetapi jaringan paru-parunya sendiri bebas dari infeksi. Biasanya merupakan akibat adanya asma dan tampak sebagai gejala asma berat kronis (Johnson *et al*, 1994).

Pada ABPA ditemukan hipereaktivitas saluran nafas, hipersekreasi mukus dan fibrosis. Gejala klinik yang ditemukan adalah serangan asma bronkial, sesak nafas, dan batuk. Pasien biasanya memproduksi sputum yang kental seperti karet dan berbercak coklat (Departemen Parasitologi FKUI Jakarta, 2009).

B. Aspergiloma

Aspergillus yang tumbuh kasar membulat mengisi kaverne pada paru-paru, tetapi pertumbuhannya tidak memasuki jaringan paru-paru. Gejala klinik biasanya berupa batuk darah. Merupakan penyakit yang menyebabkan terjadinya kaverne, misalnya tuberkulosis.

C. Aspergilosis invasif

Umumnya terjadi pada penderita neutropenia berat, misalnya pada leukemia. Biasanya menunjukkan gejala demam yang tidak diketahui penyebabnya pada penderita yang mempunyai neutrofil kurang dari $500 /\text{mm}^3$ serta pneumonia. Gejala awalnya mungkin berupa sinusitis. Dari salah satu sinus atau paru-paru, jamur ini menyebar keseluruh bagian tubuh (Johnson *et al*, 1994).

2.4.2 Penicilliosis

Penicilliosis biasanya terjadi karena menghirup konidia dari kontaminan *Penicillium*, *Scopulariopsis*, atau *Paecilomyces*. Dimulai sebagai penyakit paru dan jika berdekatan dengan pembuluh darah penyakit ini dapat menyebar. Selanjutnya akan menyebar ke seluruh tubuh, termasuk cairan tulang belakang, ginjal (*Penicillium*), dan endocardium (*Paecilomyces*, *Penicillium*). Invasi jumlah tersebut terjadi pada pasien lemah. Penicilliosis juga dapat menginfeksi pada kuku (*Scopulariopsis*), otomycosis (*Penicillium*), keratitis mikotik (*Penicillium*, *Scopulariopsis*), borok inguinal (*Scopulariopsis*), dan alergi asma bronkial pada orang yang sensitif (*Penicillium*, *Scopulariopsis*) (Kern, 1985).

2.4.3 Mucormycosis

Mucormycosis adalah penyakit yang disebabkan oleh jamur saprofit yang ditemukan secara luas di lingkungan. Mereka tidak dimorfik. Mereka menyerang jaringan *immunocompromised* (imunitas lemah). Mereka berkembang biak pada dinding pembuluh darah, terutama dari sinus paranasal, paru-paru, atau usus, dan mengakibatkan nekrosis jaringan. Khususnya pasien dengan ketoasidosis diabetik, luka bakar, atau leukemia dapat menjadi rentan (Levinson dan Jawetz, 1996).

2.5 Kontaminasi Mikroorganisme Lingkungan

2.5.1 Mikrobiologi Air

A. Jenis Kontaminasi Mikroorganisme Air

Beberapa jenis penyakit telah lama diketahui penyebarannya melewati air, terutama pada air dalam keadaan kotor. Jenis-jenis air tersebut misalnya air danau, air sungai, air rawa-rawa, air sawah, air laut, air hujan, dan sumber-sumber air lainnya. Berbagai macam mikroorganisme yang mencemari air adalah virus, bakteri, fungi, protozoa, cacing, dan sebagainya. Penyebaran penyakit yang mencemari air dapat terjadi karena pengotoran sumber air oleh manusia, binatang, maupun sumber-sumber yang lainnya dan adanya perubahan vector penyakit.

B. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme Air

Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti untuk minum, mencuci, mandi dapat dicemari oleh berbagai penyakit infeksi. Penyakit-penyakit tersebut disebabkan oleh virus, bakteri, jamur, protozoa, dan cacing. Pencemaran biasanya disebabkan karena masuknya kotoran manusia dan binatang ke

dalamnya. Pencemaran yang tidak sengaja dapat pula terjadi, misalnya kembalinya air buangan ke dalam sumur secara langsung atau melalui tempat bocor dan celah-celah tanah. Dapat juga terjadi dari kakus ke dalam sumur karena jaraknya yang terlalu dekat atau keadaan pipa air yang bocor pada tempat yang kotor dan sebagainya.

Pencemaran ke dalam badan air sering mengakibatkan wabah, misalnya wabah penyakit yang disebabkan oleh virus seringkali ditularkan lewat kolam renang yang kotor. Demikian juga dengan penyakit kulit, radang hati merupakan penyakit yang ditularkan lewat air (Waluyo, 2005).

C. Penyebaran Kontaminasi Mikroorganisme Air

Tingginya jumlah penyakit di suatu daerah menandakan bahwa masih banyak terjadi pencemaran pada air yang digunakan sehari-hari. Misalnya wabah kolera di Inggris terjadi melalui pompa air, di Indonesia wabah kolera Eltor juga ditularkan melalui air. Penyakit lainnya yang disebarkan antara lain seperti (Waluyo, 2005) :

- a. Tifoid, disentri basiler, dan disentri amuba ditularkan lewat air yang kurang bersih.
- b. Malaria yang disebarkan oleh nyamuk *Anopheles aconitus* akibat kolam-kolam pemeliharaan ikan kurang bersih.
- c. Penyakit cacing biasanya ditularkan lewat tanah, tetapi dapat ditularkan secara tidak langsung melalui air. Seperti bentuk infeksi *Ascaris lumbricoides* yang biasanya hidup ditanah, masuk ke dalam air bersama air hujan atau air banjir.

Disamping itu, faktor hygiene dan sanitasi yang kurang baik dan juga kurang dipahami masyarakat sebagai faktor kebiasaan buruk. Misalnya, “kebudayaan sungai” yaitu mandi, cuci, kumur, dan lain sebagainya di dekat sungai yang mengalir di dekat tempat tinggalnya.

2.5.2 Mikrobiologi Tanah

A. Jenis Kontaminasi Mikroorganisme Tanah

Jenis utama yang menyusun populasi mikroba tanah terdiri dari bakteri, fungi, algae, protozoa, nematode, dan virus.

B. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme Tanah

Jasad renik dalam tanah mendiami partikel tanah, sekecil apapun partikel tanah didiami oleh lebih dari satu tipe organisme. Kebanyakan organisme tanah dalam mencukupi kebutuhan hidupnya saling bergantung organisme satu dengan yang lainnya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Tidak jarang di antara organisme dalam tanah melakukan persaingan untuk mendapatkan sumber energi dan nutrisinya. Hal ini mengakibatkan terjadinya persekutuan persekutuan di antara berbagai macam jasad renik dalam tanah (Waluyo, 2005).

C. Penyebaran Kontaminasi Mikroorganisme Tanah

Proses penguraian suatu benda atau bahan yang dilakukan oleh mikroorganisme yang dapat mendatangkan kerugian bagi manusia. Bahan atau benda yang dapat diurai adalah tekstil, kertas, kayu, batu, cat, plastik, dan lain-lain (Waluyo, 2005).

2.5.3 Mikrobiologi Udara

A. Jenis Kontaminasi Mikroorganisme Udara

Kelompok mikroba yang paling banyak berkeliaran di udara bebas adalah bakteri, jamur, dan juga mikroalga. Kehadiran jasad hidup di dalam udara, ada yang dalam bentuk vegetatif (tubuh jasad) ataupun dalam bentuk generatif (umumnya spora). Kelompok mikroba yang paling banyak ditemukan sebagai jasad hidup yang tidak diharapkan kehadirannya melalui udara disebut jasad kontaminan (hal ini mengingat kalau suatu benda atau substrat yang ditumbuhinya dinyatakan sebagai substrat terkontaminasi), antara lain adalah (Suriawiria, 1985) :

- a. Bakteri : *Bacillus, Staphylococcus, Streptococcus, Pseudomonas, Sarcina*, dan sebagainya.
- b. Jamur : *Aspergillus, Mucor, Rhizopus, Penicillium, Trichoderma*, dan sebagainya.

B. Sumber Kontaminasi Mikroorganisme Udara

Organisme dalam saluran pernafasan sangat mudah disebarkan ke udara. Mikroba tersebut merupakan organisme sebagai penyebab penyakit melalui udara. Infeksi pernafasan dapat ditularkan melalui kontak langsung dengan orang yang terinfeksi. Dapat juga secara tidak langsung menghirup udara yang terkontaminasi, proses ini disebut infeksi tetesan.

Permukaan bumi, yakni daratan dan lautan merupakan sumber kebanyakan mikroorganisme dalam atmosfer. Angin menimbulkan debu dari tanah, partikel-

partikel debu tersebut membawa mikroba yang menghuni tanah. Di samping itu, ada banyak fasilitas pengolahan industri, mempunyai potensi menghasilkan aerosol berisikan mikroorganisme.

C. Penyebaran Kontaminasi Mikroorganisme Udara

Virus yang disebarkan melalui udara antara lain adalah gabag, gondong, cacar air, influenza, dan batuk. Sewaktu batuk atau bersin mikroorganisme mungkin disebarkan hingga 15 kaki (bila tidak terdapat halangan seperti sapu tangan). Cacar adalah contoh penyakit yang di dalamnya virus dilepaskan dalam jumlah besar berasal dari luka-luka kulit yang mengering dan disebarkan melalui saluran pernafasan.

Tuberkulosis dapat hidup lama diluar tubuh, tahan terhadap kekeringan dan mungkin tetap bertahan berbulan-bulan dalam ludah yang mengering atau partikel debu. Jadi penyakit-penyakit tersebut dapat diperoleh dengan menghirup udara di dekat pasien atau melauai kontak dengan benda yang terkontaminasi. Selain virus dan bakteri, jamur juga dapat terbawa oleh udara (Waluyo, 2005).

2.6 Pengaruh Udara Terhadap Mikroorganisme

Khususnya bagi partikulat yang hidup seperti mikroba, yang berada di udara karena terbawa angin dan lain-lain proses, kebanyakan terdiri atas jenis saprofit seperti jamur, spora, bakteri tanah, dan virus. Udara bukanlah tempat hidup alamiah mikroba, karena itu bentuk vegetatif akan cepat musnah, terutama di udara bebas. Yang lebih dapat bertahan adalah spora-spora dan virus. Lamanya mikroba berada di

udara tergantung dari kecepatan angin serta kelembapan udara, sedangkan banyaknya sangat ditentukan oleh aktivitas atau keadaan lingkungan yang ada.

Partikulat yang kecil akan lebih lama tersuspensi di dalam udara, sedangkan yang lebih besar akan mengendap dengan berbagai kecepatan, sehingga kemungkinan masuknya ke dalam paru-paru akan berbeda pula. Semakin lama mikroba dapat bertahan dalam udara, semakin besar kemungkinannya untuk dapat memasuki paru-paru (Slamet, 2000).

2.7 Metode Identifikasi atau Pemeriksaan Jamur

Metode identifikasi atau pemeriksaan jamur dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut :

a. Metode Impinger Air Sampler (Metode Penghisap Udara)

Mempompa impinger dengan laju alir udara yang sudah dikalibrasi (2-10 liter per menit) sebelum digunakan. Mengisi impinger dengan larutan penangkap mikroba yaitu NaCl 0,85% dalam aquadest sebanyak 25 ml. Menutup tabung impinger dan selang penyambung dengan kapas atau aluminium foil di autoclave pada suhu 121°C selama 15 menit. Alat sampling diletakkan pada lokasi yang sudah diperhitungkan mewakili ruangan secara proporsional, misalkan 4 sudut 1 sentral. Setting tabung impinger yang sudah steril pada alat sampling yang sudah disiapkan, selama 30-60 menit. Selesai sampling, tutup kembali tabung impinger untuk kemudian ditumbuhkan pada media pertumbuhan (Lisyastuti, 2010).

b. Kontak Udara Pada Media Agar

Menyiapkan 2 cawan petri berisi media *Nutrient Agar* (NA) diberi tanda nama ruangan dengan waktu kontak 10 menit dan 20 menit, dan 2 cawan petri *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang diberi tanda nama ruangan dengan waktu kontak 10 menit dan 20 menit. Secara bersamaan membukala semua tutup cawan petri tersebut didalam ruangan yang telah ditetapkan, sehingga “media agar“ didalam cawan petri mengalami kontak dengan udara didalam ruangan tersebut. Menutup cawan petri satu persatu setelah 10 menit dan 20 menit. Inkubasi semua cawan petri pada suhu 30°C selama 2- 3 hari (Rachmawan, 2001).