

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Taksonomi dan Morfologi Kacang Hijau

#### 2.1.1. Taksonomi Kacang Hijau

Tanaman kacang hijau termasuk suku (famili) Leguminosae yang banyak variasinya. Kedudukan kacang hijau dalam taksonomi tumbuhan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Leguminales
Famili	: Leguminosae
Genus	: Phaseolus
Spesies	: <i>Phaseolus radiatus</i> L. (Rukmana, 1997)

#### 2.1.2. Morfologi Kacang Hijau

Susunan tubuh tanaman (morfologi) kacang hijau terdiri atas akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Perakaran tanaman kacang hijau bercabang banyak dan membentuk bintik-bintil (nodula) akar. Makin banyak nodula akar, maka makin tinggi kandungan Nitrogen sehingga menyuburkan tanah (Rukmana, 1997).



Gambar 1. Tanaman Kacang Hijau (Anonim, 2014a)

Tanaman kacang hijau berbatang tegak dengan ketinggian sangat bervariasi, antara 30-60 cm, tergantung varietasnya. Cabangnya menyamping pada bagian utama, berbentuk bulat dan berbulu. Warna batang dan cabangnya ada yang hijau dan ada yang ungu (Soeprapto, 1993).

Batang tanaman kacang hijau berukuran kecil, berbulu, berwarna hijau kecokelat-coklatan, atau kemerah-merahan; tumbuh tegak mencapai ketinggian 30 cm-110 cm dan bercabang menyebar kesemua arah (Rukmana, 1997).

Daun tanaman ini tumbuh majemuk, tiga helai anak per daun per tangkai (Rukmana, 1997). Daunnya trifoliolate (terdiri dari tiga helaian) dan letaknya berseling (Soeprapto, 1993). Helai daun berbentuk oval dengan ujung lancip dan berwarna hijau (Rukmana, 1997). Tangkai daunnya cukup panjang, lebih panjang dari daunnya (Soeprapto, 1993).

Bunga kacang hijau berkelamin sempurna (hermaphrodite), berbentuk kupu-kupu, dan berwarna kuning (Rukmana, 1997). Bunga kacang hijau tersusun dalam tandan, keluar pada cabang serta batang, dan dapat menyerbuk sendiri (Soeprapto, 1993).

Buah tanaman ini berpolong, panjangnya antara 6-15 cm. tiap polong berisi 6-16 butir biji (Rukmana, 1997).

Biji kacang hijau berbentuk bulat lonjong, umumnya berwarna hijau, tetapi ada juga berwarna kuning, coklat, atau berbintik- bintik hitam (Rukmana, 1997). Biji kacang hijau lebih kecil dibanding biji kacang-kacangan lainnya (Soeprapto, 1993). Bijinya terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kulit biji (10%), kotiledon (88%), dan sisanya adalah lembaga (2%). Kotiledon banyak mengandung pati dan serat, sedangkan lembaga merupakan sumber protein dan lemak (Astawan, 2009). Biji kacang hijau berbentuk bulat kecil dengan bobot perbutir sekitar 0,5 mg-0,8 mg atau per 1000 butir antara 36 gr-78 gr, berwarna hijau sampai hijau mengkilap (Rukmana, 1997).

Kandungan gizi kacang hijau cukup tinggi dan komposisinya lengkap. Kandungan gizi dalam 100 g kacang hijau adalah 345,00 kalori energi; 22,00 g protein; 1,20 g lemak; 62,90 g karbohidrat; 10,00 g air; 125,00 mg kalsium; 320,00

mg fosfor; 6,70 mg zat besi; 157,00 SI vitamin A; 0,64 mg vitamin B1; 6,00 mg vitamin C (Rukmana, 1997).

Kacang hijau memiliki kandungan protein yang cukup tinggi dan merupakan sumber mineral penting, antara lain kalsium dan fosfor. Sedangkan kandungan lemaknya merupakan asam lemak tak jenuh.

Kandungan kalsium dan fosfor pada kacang hijau bermanfaat untuk memperkuat tulang. Kacang hijau juga mengandung rendah lemak yang sangat baik bagi mereka yang ingin menghindari konsumsi lemak tinggi. Kadar lemak yang rendah dalam kacang hijau menjadikan bahan makanan atau minuman yang terbuat dari kacang hijau tidak mudah berbau.

Lemak kacang hijau tersusun atas 73% asam lemak tak jenuh dan 27% asam lemak jenuh. Umumnya kacang-kacangan memang mengandung lemak tak jenuh tinggi. Asupan lemak tak jenuh tinggi penting untuk menjaga kesehatan jantung.

Kacang hijau mengandung vitamin B1 yang berguna untuk pertumbuhan dan vitalitas pria. Maka kacang hijau dan turunannya sangat cocok untuk dikonsumsi oleh mereka yang baru menikah.

Kacang hijau juga mengandung multi protein yang berfungsi mengganti sel mati dan membantu pertumbuhan sel tubuh, oleh karena itu anak-anak dan wanita yang baru saja bersalin dianjurkan untuk mengkonsumsinya (Anonim, 2014e).

## **2.2. Syarat Tumbuh Kacang Hijau**

### **2.2.1. Iklim**

Kacang hijau merupakan tanaman tropis yang menghendaki suasana panas selama hidupnya. Tanaman ini dapat ditanam di dataran rendah hingga ketinggian 500 meter di atas permukaan laut. Di Jawa, tanaman ini banyak ditanam di daerah Pasuruan, Probolinggo, Bondowoso, Mojokari, Jombang, Pekalongan, Banyumas, Jepara, Cirebon, Subang dan Banten. Selain di Jawa, tanaman ini juga ditanam di Madura, Sulawesi, Nusa Tenggara dan Maluku (Marzuki dan Soeprpto, 2004).

Berdasarkan indikator di daerah sentrum produsen, keadaan iklim yang ideal untuk tanaman kacang hijau adalah daerah yang bersuhu 250C - 270C dengan

kelembaban udara 50% - 80%, curah hujan antara 50 mm - 200 mm/bulan, dan cukup mendapat sinar matahari (tempat terbuka). Jumlah curah hujan dapat mempengaruhi produksi kacang hijau. Tanaman ini cocok ditanam pada musim kering (kemarau) yang rata-rata curah hujannya rendah (Rukmana, 2004).

Tanaman kacang hijau termasuk tanaman golongan C3. Artinya, tanaman ini tidak menghendaki radiasi dan suhu yang terlalu tinggi. Fotosintesis tanaman kacang hijau akan mencapai maksimum pada sekitar pukul 10.00. Radiasi yang terlalu terik tidak diinginkan oleh tanaman kacang hijau. Panjang hari yang diperlukan minimum 10 jam/hari (Purwono dan Hartono, 2008).

### **2.2.2. Tanah**

Hal yang penting diperhatikan dalam pemilihan lokasi kebun kacang hijau adalah tanahnya subur, gembur, banyak mengandung bahan organik (humus), aerasi dan drainasenya baik, serta mempunyai kisaran pH 5,8 - 6,5. Untuk tanah yang ber-pH lebih rendah daripada 5,8 perlu dilakukan pengapuran (liming) (Rukmana, 2004).

Tanaman kacang hijau menghendaki tanah yang tidak terlalu berat. Artinya, tanah tidak terlalu banyak mengandung tanah liat. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi sangat disukai oleh tanaman kacang hijau. Tanah berpasir pun dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman kacang hijau, asalkan kandungan air tanahnya tetap terjaga dengan baik (Purwono dan Hartono, 2008).

Kacang hijau menghendaki tanah dengan kandungan hara (fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan belerang) yang cukup. Unsur hara ini penting untuk meningkatkan produksinya (Marzuki dan Soeprpto, 2004).

## **2.3. Jamur Endofit**

### **2.3.1. Definisi Jamur Endofit**

Mikroorganisme yang hidup di alam ini tersebar luas, baik yang hidup dengan melakukan kontak langsung dengan lingkungan maupun yang hidup di dalam jaringan hidup manusia, hewan dan tanaman. Salah satu kelompok mikroorganisme yang hidup bersimbiosis dengan tanaman adalah mikroorganisme endofit. Endofit

merupakan mikroorganisme yang sebagian atau seluruh hidupnya berada di dalam jaringan hidup tanaman inangnya (Petri dkk., 1992).

Jamur endofit adalah jamur yang hidup didalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Setiap tanaman dapat mengandung beberapa jamur endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang merupakan koevolusi atau transfer genetic (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya kedalam jamur endofit (Tanaka *et.al.*, 1999).

Jamur endofit adalah jamur yang terdapat di dalam sistem jaringan tanaman seperti di daun, akar, batang, bunga dan ranting tanaman. Jamur ini menginfeksi tumbuhan sehat pada jaringan tertentu dan dapat menghasilkan mitotoksin, enzim serta antibiotika (Carrol, 1988 dan Clay, 1988 dalam Worang, 2003).

### **2.3.2. Ekologi Jamur Endofit**

Jamur endofit biasanya terdapat di dalam jaringan daun, ranting, atau akar tumbuhan. Jamur ini dapat menginfeksi tumbuhan sehat pada jaringan tertentu dan dapat menghasilkan mitotoksin, enzim serta antibiotika (Carrol, 1988). Asosiasi beberapa jamur endofit dengan tumbuhan inang dapat melindungi tumbuhan inangnya dari beberapa patogen virulen, baik bakteri maupun jamur (Bills dan Polyshook, 1992). Jamur endofit hidup pada pembuluh xylem dan hanya akan keluar jika inang sudah dalam tertekan dan mendekati kematian (Deacon, 1997). Jamur endofit telah ditemukan pada berbagai varietas inang diseluruh dunia termasuk pada pohon, semak, rumput-rumputan, lumut, tumbuhan paku dan lumut kerak (Clay, 1988).

Sedangkan menurut Radji (2005), setiap tanaman tingkat tinggi umumnya mengandung beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit. Kemampuan mikroba endofit memproduksi senyawa metabolit sekunder sesuai dengan tanaman inangnya merupakan peluang yang sangat besar untuk memproduksi metabolit sekunder dari mikroba endofit yang diisolasi dari tanaman inangnya

tersebut. Dari sekitar 300.000 jenis tanaman yang tersebar di muka bumi ini, masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit.

### 2.3.3. Kelompok jamur endofit

Ditinjau dari sisi taksonomi dan ekologi, fungi ini merupakan organisme yang sangat heterogen. Petrini *et al.* 1992 (dalam Worang, 2003) menggolongkan fungi endofit dalam kelompok Ascomycotina dan Deuteromycotina. Jamur yang tergolong dalam kelompok jamur endofit antara lain:

#### A. *Trichoderma*

*Trichoderma* merupakan jamur yang bersifat saproba obligat, yaitu organisme yang memanfaatkan sisa bahan organik dan tidak bersifat parasit bagi tanaman. Jamur ini biasanya hidup dalam tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi dan sering dimanfaatkan sebagai agens pengendali patogen tular tanah (Abadi, 2003).

Menurut Harman *et al.*, (2004), *Trichoderma* sp. menghasilkan beberapa enzim chitinolytic yang terdiri dari, enzim yang berfungsi mendegradasi glucan, yaitu  $\beta$ -(1,4)-N-acetylglucosamine dan  $\beta$ -(1,3)-glucanase, serta enzim yang berfungsi mendegradasi khitin, yaitu endokhitinase dan ektokhitinase. Menurut Bentez (2004), ada 10 potensi *Trichoderma* sp. sebagai agens hayati, yaitu :

- 1) Fungistatis merupakan kemampuan suatu jamur untuk bertahan dari senyawa-senyawa racun yang disebabkan oleh senyawa kimia (fungisida), maupun yang dikeluarkan oleh tanaman maupun patogen, sehingga jamur antagonis ini tetap dapat berkembang di tanah.
- 2) Kompetisi terhadap nutrisi. *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan yang tinggi untuk beradaptasi di tanah, dan memiliki kemampuan dalam memanfaatkan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan organisme lainnya.
- 3) Kolonisasi di akar tanaman. *Trichoderma* sp. dapat mengkolonisasi akar sehingga dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan daya tahan terhadap infeksi patogen.
- 4) Sebagai pupuk hayati. Kolonisasi *Trichoderma* sp. di perakaran tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan akar, produksi panen, tahan terhadap stress lingkungan dan meningkatkan serapan unsur hara.

- 5) Merangsang ketahanan tanaman dan mekanisme pertahanan terhadap seranga patogen. Penambahan *Trichoderma* sp. di rhizosfer, dapat melindungi tanaman dari serangan sejumlah kelas patogen, dengan menginduksi ketahanan mekanis yang mirip seperti reaksi hypersensitif, ketahanan sistemik, dan induksi ketahanan sistemik pada tanaman.
- 6) Modifikasi Rhizosfer. Salah satu mekanisme *Trichoderma* sp. untuk mencapai koloni patogen di daerah perakaran adalah dengan cara memodifikasi pH tanah. *Trichoderma harzianum* dapat mengontrol pH eksternal, sehingga sekresi enzim yang dihasilkannya dapat optimal.
- 7) Antibiosis. Jamur *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat perkembangan patogen. Hampir seluruh jenis *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan senyawa volatil yang dapat menghalangi pertumbuhan mikroorganisme lain. Selain itu, *Trichoderma* sp. juga menghasilkan antibiotik lain, seperti, asam harzianik, alamethicin, tricholin, peptaibols, 6-pentyl- $\alpha$ -pyrone, massoilactone, viridin, glicoviridin, glicosoprenin, dan asam heptelic.
- 8) Mikoparasitisme. Mikoparasitisme merupakan kemampuan suatu jamur untuk menyerang langsung pada jamur lainnya. *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk menyerang patogen secara langsung dengan cara memarasiti patogen tersebut.
- 9) Perubahan Morfologis. Kemampuan *Trichoderma* sp. sebagai mikoparasit, didukung oleh perubahan morfologisnya, seperti terbentuknya struktur seperti apresorium yang dapat menembus miselium patogen.
- 10) Produksi enzim yang dapat mendegradasi sel. *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan beberapa jenis enzim, yaitu:
  - a. Khitinase. Enzim berperan dalam mendegradasi khitin, yang terdiri dari 1,4- $\beta$ -acetylglucosamidase, endokhitinase, dan eksokhitinase.
  - b. Glukanase. *Trichoderma* sp. dapat menghasilkan  $\beta$ -1,3-glukanase untuk menghambat perkecambahan spora atau perkembangan patogen.

- c. Protease. Merupakan enzim yang dapat mendegradase protein pada dinding sel jamur lain.

Enzim-enzim ini dapat berperan secara synergis dalam menghambat pertumbuhan patogen tumbuhan.

### **B. Rhizoctonia**

Menurut Irawati (2004), genus *Rhizoctonia* tidak selalu terdiri dari sejumlah spesies yang diketahui berperan sebagai patogen, tetapi juga beberapa di antaranya bermanfaat bagi tanaman dengan membentuk asosiasi yang saling menguntungkan diantara keduanya. Sebagian besar tanaman yang bersimbiosis dengan *Rhizoctonia* ditemukan pada keluarga Anggrekan, juga tanaman lain adalah anggota dari *Gentiana* (*Gentianaceae*) dan briofita dari genus *Aneura*. Endofit anggrek berupa *Rhizoctonia* ada tiga spesies, yaitu: *R. repens*, *R. mucoroides*, dan *R. lanuginose* (Andersen dan Rasmussen, 1996 dalam Irawati 2004).

Fitoaleksin seperti orchinol dan hircinol menunjukkan aktifitas fungisidal yang kuat, telah ditemukan dalam jaringan anggrek dan disebabkan adanya infeksi *Rhizoctonia* dan jamur endofit lain yang ditemukan dalam asosiasinya dengan anggrek. *Rhizoctonia* hanya menginfeksi bagian sel epidermis, dimana dinding selnya sering kaya akan endapan elektron yang banyak, yang kaya akan lignin, siberin, maupun senyawa-senyawa fenolat yang sering berperan dalam proses pertahanan terhadap patogen (Irawati, 2004).

#### **2.3.4. Daur Hidup Jamur Endofit**

Kebanyakan hubungan antara jamur endofit dengan tanaman inang tidak begitu dipahami. Jenis simbiosis menunjukkan bahwa antara tanamandan endofit selalu dihubungkan dengan model produktif dari jamur endofit, sebagai contoh perkembangbiakan secara aseksual, endofit dipindahkan secara vertikal dan menembus inang (benih) melalui hifa jamur. Teori evolusi meramalkan bahwa endofit ini akan berkembang menjadi saling menguntungkan, sejak endofit bereproduksi secara baik didalam inangnya, dan sebaliknya endofit yang dipindahkan secara horizontal adalah perkembangan seksual dimana dipancarkan melalui spora yang disebarkan oleh angin atau serangga vektor (Anonim, 2014b).

Jamur endofit hidup pada pembuluh xylem dan hanya akan keluar jika inang sudah dalam keadaan tertekan dan mendekati kematian. Jamur endofit masuk ke dalam jaringan melalui luka, jaringan muda atau ujung akar. Kolonisasi jamur endofit dalam pembuluh kortek sama sekali tidak menyebabkan kerugian pada tanaman sehat. Beberapa jamur endofit hidup diantara sel di dalam kortek akar, diluar endodermis dan berkolonisasi pada beberapa sel tunggal atau sekelompok sel untuk membentuk miselia dan tidak mengakibatkan kerusakan yang berarti bagi tanaman. Jamur endofit memanfaatkan nutrisi yang keluar disekitar sel hidup termasuk jamur endofit yang berada di dalam pembuluh xylem (Deacon, 1997).

### **2.3.5. Hubungan Jamur Endofit dengan Inang**

Jamur endofit memiliki peranan penting didalam jaringan tanaman inang yang memperlihatkan interaksi mutualistik, yaitu interaksi positif dengan tanaman dengan tanaman inangnta dan interaksi negative terhadap hama serangga dan penyakit tanaman (Azevedo *et al.*, 2000).

Asosiasi jamur endofit dengan tumbuhan inangnya oleh Carrol (1988) digolongkan dalam dua kelompok, yaitu mutualisme konstitutif dan induktif. Mutualisme konstitutif merupakan asosiasi yang erat antara jamur dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini jamur endofit menginfeksi ovula (benih) inang, dan penyebarannya melalui benih serta organ penyerbukan inang. Mutualisme induktif adalah asosiasi antara jamur dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetative inang dan seringkali berada dalam keadaan metabolisme inaktif pada periode yang cukup lama.

Ketahanan patogen terhadap beberapa antimikroba telah memicu suatu usaha untuk menemukan antimikroba baru yang efektif. Produksi bahan antimikroba dapat dilakukan melalui sintesis kimiawi, kultur sel (tanaman atau mikroba), atau kombinasi sintesis kimiawi dan kultur sel. Mikroorganisme endofit mempunyai arti ekonomi yang penting di masa depan. Dari studi yang telah banyak dilakukan terhadap jamur endofit dari jaringan tanaman yang kontak langsung dengan udara (daun, ranting, cabang, dan batang) memberikan indikasi bahwa jamur endofit sangat

prospektif sebagai metabolit sekunder baru seperti enzim-enzim perombak, zat pengatur tumbuh tanaman, dan antibiotic yang bermanfaat di bidang bioteknologi dan pertanian, maupun farmasi (Wahyudi, 1997).

Purwanto (2000), menambahkan bahwasannya mikroorganisme endofit akan mengeluarkan suatu metabolit sekunder yang merupakan senyawa antibiotik itu sendiri. Metabolit sekunder merupakan senyawa yang disintesis oleh suatu mikroba, tidak untuk memenuhi kebutuhan primernya (tumbuh dan berkembang) melainkan untuk mempertahankan eksistensinya dalam berinteraksi dengan lingkungannya. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit merupakan senyawa antibiotik yang mampu melindungi tanaman dari serangan hama insekta, mikroba patogen, atau hewan pemangsanya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen biokontrol.

### **2.3.6. Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Jamur Endofit**

Kemampuan mikroorganisme untuk tumbuh dan tetap hidup merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui. Pengetahuan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba sangat penting di dalam mengendalikan mikroba. Berikut ini faktor-faktor penting yang dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba :

#### **1. Suplai Nutrisi**

Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah : karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi dan sejumlah kecil logam lainnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi ini dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian.

#### **2. Suhu**

Suhu merupakan salah satu faktor penting di dalam mempengaruhi dan pertumbuhan mikroorganisme. Suhu dapat mempengaruhi mikroba dalam dua cara yang berlawanan :

- a. Apabila suhu naik maka kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, maka kecepatan metabolisme akan menurun dan pertumbuhan diperlambat
- b. Apabila suhu naik atau turun secara drastis, tingkat pertumbuhan akan terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan rusak, sehingga sel-sel menjadi mati (Anonim, 2014c).

Berdasarkan hal di atas, maka suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme digolongkan menjadi tiga, yaitu :

- 1) Suhu minimum yaitu suhu yang apabila berada di bawahnya maka pertumbuhan terhenti.
- 2) Suhu optimum yaitu suhu dimana pertumbuhan berlangsung paling cepat dan optimum (suhu inkubasi).
- 3) Suhu maksimum yaitu suhu yang apabila berada di atasnya maka pertumbuhan tidak terjadi (Anonim, 2014c).

### **3. Tingkat Keasaman (pH)**

Setiap organisme memiliki kisaran pH masing-masing dan memiliki pH optimum yang berbeda-beda. Kebanyakan mikroorganisme dapat tumbuh pada kisaran pH 8,0 – 8,0 dan nilai pH di luar kisaran 2,0 sampai 10,0 biasanya bersifat merusak (Anonim, 2014c).

Menurut Rao (1994), kualitas dan kuantitas bahan organik yang ada di dalam tanah mempunyai pengaruh langsung terhadap jumlah jamur di dalam tanah, karena kebanyakan jamur itu nutrisinya heterotrof. Jamur dominan pada tanah yang tingkat keasamannya tinggi, karena lingkungan yang asam tidak cocok untuk perkembangan bakteri dan actinomycetes sehingga jamur dapat memanfaatkan substrat alami dalam tanah. Tetapi jamur juga terdapat pada tanah yang netral atau bersifat basa dan beberapa dapat tetap hidup pada pH diatas 9,0.

Proses terinfeksi suatu tanaman oleh mikroorganisme endofit dapat dilihat dengan mekanisme masuknya mikroorganisme tersebut ke dalam biji. Biji yang terinfeksi mikroorganisme endofit berada pada kondisi yang lembab dengan suhu

4°C-20°C. Dalam kondisi tersebut, endofit dan biji memiliki viabilitas (ketahanan hidup) sampai 15 bulan pada gandum, 2 tahun pada kelompok rumput-rumputan. Berdasarkan hal tersebut, siklus hidup mikroorganisme endofit dianggap mengikuti siklus hidup pembentukan biji baik secara langsung maupun tidak langsung (Labeda, 1990).

Di bawah ini merupakan siklus hidup dari jamur endofit menurut Purwanto (2008) :

a) Siklus hidup pembentukan biji secara langsung.

Pada siklus ini, jamur endofit dimasukkan atau diinokulasikan secara langsung ke dalam biji tanaman inang. Miselium aktif menginfeksi atau masuk ke dalam pembibitan rumput, lalu masuk ke dalam jaringan tangkai daun dan daun. Setelah itu, miselium endofit masuk ke dalam tangkai bunga kemudian menuju ke dalam ovule, dan setelah pembentukan biji selesai, miselium tersebut telah terdapat di dalam biji tanaman.

b) Siklus hidup pembentukan biji secara tidak langsung.

Proses dari siklus ini berawal pada masuknya miselium aktif ke dalam pembibitan rumput, lalu masuk ke dalam jaringan tangkai daun dan daun. Kemudian terjadi pembentukan spora pada tanaman inang, dan spora tersebut berkecambah pada bagian floret dari tanaman inang. Perkecambahan (germinasi) spora tersebut merupakan benih jamur yang selanjutnya masuk dan menginfeksi stigma, stylus, lalu menuju ovule.

### 2.3.7. Peran Jamur Endofit

Mikroorganisme endofit merupakan salah satu agen pengendali hayati. Faktor awal yang sangat menentukan keberhasilan pengembangan agens hayati untuk pengendalian patogen tanaman adalah ketepatan pemilihan jenis dan sumber agens hayati yang dikembangkan (FAO, 1998). Pada umumnya jenis agens hayati yang banyak dikembangkan adalah mikroba alami, baik yang hidup sebagai saprofit di tanah, air dan bahan organik, maupun yang hidup dalam jaringan tanaman (endofit)

yang bersifat menghambat pertumbuhan dan berkopetisi dalam ruangan dan nutrisi dengan patogen sasaran dan bersifat menginduksi ketahanan tanaman.

Banyak kelompok jamur endofit yang memproduksi senyawa antibiotika yang aktif melawan bakteri maupun jamur patogenik terhadap manusia, hewan, dan tumbuhan, terutama dari genus *Coniothirum* dan *Microsphaeropsis* (Petrini dkk, 1992).

Menurut Stierle *et al.*, 1995 (dalam Susilowati *et al.*, 2009) menyatakan bahwa pemanfaatan mikroba endofit dalam memproduksi senyawa aktif memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

- (1) lebih cepat menghasilkan dengan mutu yang seragam,
- (2) dapat diproduksi dalam skala besar,
- (3) kemungkinan diperoleh komponen bioaktif baru dengan memberikan kondisi yang berbeda,
- (4) selain itu sejumlah besar mikroba endofitik yang telah berhasil di isolasi dari jaringan beberapa tanaman pangan, yaitu pada tanaman padi, jagung, sorgum, dan tebu dapat meningkatkan unsur N.

Usaha untuk mendapatkan senyawa antibiotik tersebut dilakukan dengan proses fermentasi. Dalam proses tersebut, mikroorganisme endofit akan mengeluarkan suatu metabolit sekunder yang merupakan senyawa antibiotik itu sendiri. Metabolit sekunder merupakan senyawa yang disintesis oleh suatu mikroba, tidak untuk memenuhi kebutuhan primernya (tumbuh dan berkembang) melainkan untuk mempertahankan eksistensinya dalam berinteraksi dengan lingkungannya. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit merupakan senyawa antibiotik yang mampu melindungi tanaman dari serangan hama, patogen penyebab penyakit tanaman, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati (Purwanto, 2008).

Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit juga dapat digunakan sebagai alat pemikat bagi serangga atau hewan lainnya guna membantu penyerbukan atau menyebarkan bijinya, dan sebagai alat pelindung terhadap kondisi lingkungan fisik yang ekstrim seperti intensitas ultraviolet yang tinggi dari sinar

matahari, pencemaran lingkungan secara kimiawi, kekeringan yang berkepanjangan, atau berkurangnya zat makanan pada tempat tumbuhnya (Purwanto, 2008).

Penyakit yang disebabkan oleh jamur merupakan perhatian utama dalam produksi pertanian. Jamur patogen merupakan penyebab kerugian yang besar pada produksi hasil panen, dan pengaturan fitopatogen yang baik adalah persoalan yang penting bagi semua sistem pertanian. Biologi kontrol bagi patogen merupakan pendekatan alternatif untuk mengurangi ketergantungan kepada pertanian modern dan penggunaan fungisida yang mengandung zat kimia yang dapat menyebabkan polusi lingkungan dan berkembangnya patogen yang resisten. Selain itu, enzim kitinase berperan penting dalam kontrol jamur patogen tanaman secara mikroparasitisme. Kitin (homopolimer ikatan  $\beta$ -1,4 dari N-asetilglukosamin) merupakan komponen structural dari sebagian besar dinding sel cendawan patogen (Yanai *et al.*, 1994 dalam Wijaya, 2002).

Berapa senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba atau bersifat sebagai antijamur diisolasi dari endofit *Cryptosporiopsis quercina* dari tanaman obat *Tripterigeum wilfordii*. Endofit ini menghasilkan anti jamur *Cryptocandin* yang efektif terhadap jamur *Candida albicans* dan *Trichopyton* spp. Senyawa kimia lain yang diproduksi oleh mikroba endofit *Pseudomonas syringae* yang berhasil sebagai anti jamur adalah *Pseudomycin*, yang dapat menghambat pertumbuhan *Candida albicans* dan *Cryptococcus neoformans*. Sedangkan penelitian pada tanaman kentang, bakteri endofit antagonis yang diisolasi memiliki aktivitas antagonis terhadap bakteri *Erwinia carotovora* dan sebanyak 38 % dari endofit tersebut dapat melindungi jaringan tanaman dari penyakit *blackleg*. Selain itu endofit yang diisolasi pada tanaman jeruk, mampu berinteraksi dengan bakteri *Xylella fastidiosa* penyebab penyakit klorosis pada jeruk (Anonim, 2014d).

## 2.4. Deskripsi Jamur *Fusarium oxysporum*

### 2.4.1. Klasifikasi Jamur *Fusarium oxysporum*

Menurut Sastrahidayat (2011) tata nama patogen penyebab layu *Fusarium* yaitu:

Kingdom	: Mycota
Phylum	: Deuteromycota
Kelas	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Famili	: Tuberculariaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>oxysporum</i>
Binominal	: <i>Fusarium oxysporum</i>

### 2.4.2. Gejala Penyakit yang Disebabkan Jamur *Fusarium oxysporum*

Gejala lain pada organ daun yaitu perubahan bentuk dan ukuran ruas daun yang baru muncul lebih pendek, dan kadang-kadang lapisan luar batang terbelah dari permukaan tanah. Gejala yang paling khas adalah gejala pada bagian dalam. Jika pengkal batang dibelah membujur, terlihat garis-garis cokelat kehitaman menuju ke semua arah, dari batang ke atas melalui jaringan pembuluh ke pangkal daun dan tangkai. Berkas pembuluh akar biasanya tidak berubah warnanya, namun seringkali akar tanaman sakit berwarna hitam dan membusuk. Indikasi pertama dari penyakit ini adalah daun bagian bawah menguning. Pada tanaman yang masih sangat muda, penyakit ini dapat menyebabkan matinya tanaman secara mendadak, karena pada pangkal batang terjadi kerusakan atau kanker yang menggelang (Semangun, 2001).

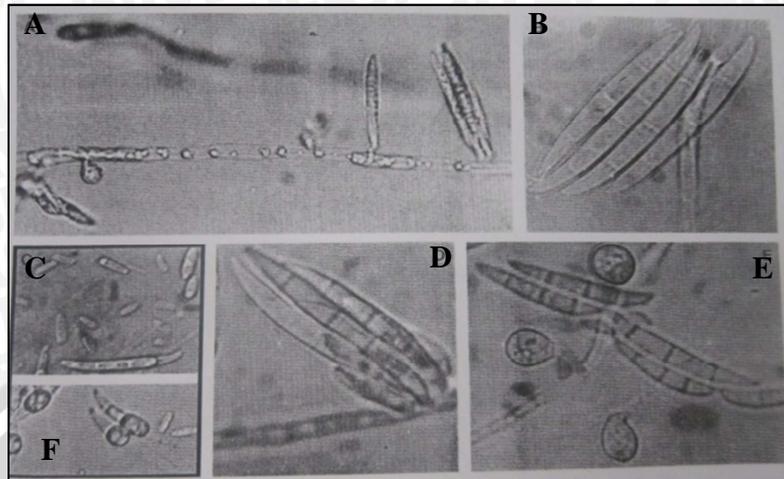
Infeksi patogen menyebabkan gejala busuk akar yang berwarna coklat kemerah-merahan yang seringkali diselimuti miselium cendawan berwarna keputih-putihan. Ujung-ujung daun menguning kemudian keseluruhan daun menjadi layu yang dimulai dari daun-daun luar yang lebih tua, tanaman menjadi kerdil dan mati. Tanaman yang terinfeksi oleh cendawan *Fusarium* mudah dicabut karena sebagian besar akarnya membusuk (Shwatz and Michael, 2002).

Menurut Semangun (2004) bahwa penyakit yang ditimbulkan *F. oxysproum* yaitu kelayuan didahului dengan menguningnya daun, terutama daun-daun sebelah bawah. Tanaman menjadi kerdil dan terhambat tumbuhnya. Jika tanaman sakit itu dipotong dekat pangkal batang atau dikelupas dengan kuku atau pisau akan terlihat suatu cincin coklat dari berkas pembuluh. Pada serangan berat gejala sedemikian terdapat pada bagian tanaman sebelah atas juga.

#### **2.4.3. Deskripsi Penyakit yang Disebabkan *Fusarium oxysporum***

Cendawan *Fusarium* sp mempunyai 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia (terdiri dari 1-2 sel), makrokonidia (3-5 septa), dan klamidospora (pembengkakan pada hifa). Makrokonidia berbentuk melengkung, panjang dengan ujung yang mengecil dan mempunyai satu atau tiga buah sekat. Mikrokonidia merupakan konidia bersel 1 atau 2, dan paling banyak dihasilkan di setiap lingkungan bahkan pada saat patogen berada dalam pembuluh inangnya. Makrokonidia mempunyai bentuk yang khas, melengkung seperti bulan sabit, terdiri dari 3-5 septa, dan biasanya dihasilkan pada permukaan tanaman yang terserang lanjut. Klamidospora memiliki dinding tebal, dihasilkan pada ujung miselium yang sudah tua atau didalam makrokonidia, terdiri dari 1-2 septa dan merupakan fase atau spora bertahan pada lingkungan yang kurang baik (Semangun, 2004).

Cendawan *Fusarium* sp dapat tumbuh dengan baik pada bermacam-macam media agar yang mengandung ekstrak sayuran. Mula-mula miselium tidak berwarna, semakin tua warnanya semakin krem, akhirnya koloni tampak mempunyai benang. Pada miselium yang lebih tua terbentuk klamidospora yang berdinding tebal. Jamur membentuk banyak mikrokonidium bersel satu, tidak berwarna, lonjong atau bulat telur, 6-15 x 2,5-4  $\mu\text{m}$ , makrokonidium lebih jarang, berbentuk kumparan, tidak berwarna, kebanyakan bersekat dua atau tiga, berukuran 25-33 x 3,5-5,5  $\mu\text{m}$  (Semangun, 2001).



Gambar 2. (A) Bentuk hifa, (B, D) makrokonidia, (C) mikrokonidia, (E, F) klamidospora (Wanatabe, 2002)

#### 2.4.4. Daur Penyakit Jamur *Fusarium oxysporum*

Di dalam tanah yang telah terinfeksi, jamur bertahan dalam bentuk miselium. Penyebaran jarak pendek melalui air atau alat- alat pertanian yang terkontaminasi, sedangkan penyebaran jarak jauh melalui pemindahan tanaman sakit ke tempat lain atau pemindahan tanah yang telah terinfeksi ke tempat lain (Sastrahidayat, 2011).

Menurut Semangun (2004) *F. oxysporum* dapat bertahan lama dalam tanah. Tanah yang sudah terinfestasi sulit dibebaskan kembali dari jamur ini. Jamur ini mengadakan infeksi pada akar, terutama melalui luka-luka, lalu menetap dan berkembang di berkas pembuluh. Pengangkutan air dan hara tanah terganggu yang menyebabkan tanaman menjadi layu. Jamur ini dapat memakai bermacam-macam luka yang terjadi karena pemindahan bibit, karena pembumbunan, atau luka karena serangga dan nematoda. Meskipun demikian jamur dapat juga mengadakan infeksi pada akar yang tidak mengalami luka. Jamur tersebar karena pengangkutan bibit, tanah yang terbawa angin atau air, atau oleh alat pertanian.

Maria et al (2004) dalam Winarsih (2007) menerangkan bahwa inokulum patogen dapat masuk melalui akar dengan penetrasi langsung atau melalui luka. Di dalam jaringan tanaman, patogen dapat berkembang secara interseluler maupun

intraseluler. Klamidospora dapat berkecambah bila ada rangsangan eksudat akar yang mengandung gula dan asam amino, juga dapat dirangsang dengan penambahan residu tanaman ke dalam tanah (Sastrahidayat, 1986). Klon tanaman yang rentan tidak dapat ditanam kembali hingga 30 tahun pada tanah yang sudah terinfeksi *Fusarium* sp. Di dalam tanah, cendawan *Fusarium* sp dapat bertahan sebagai parasit pada tanaman gulma yang bukan inangnya. Ujung akar atau bagian permukaan rizoma yang luka merupakan daerah awal utama dari infeksi (Ploetz, 2003).

#### **2.4.5. Faktor yang Mempengaruhi Penyakit *Fusarium oxysporum***

Menurut Sastrahidayat (2011) bahwa perkembangan patogen antara lain dipengaruhi oleh suhu tanah yang tinggi dan pH tanah yang rendah. Suhu tanah memegang peranan yang sangat penting sebab jamur tersebut sangat peka terhadap perubahan suhu. Sekalipun faktor lingkungan yang lain sesuai untuk perkembangan patogen tetapi bila suhu tanah tidak sesuai, maka patogen tidak dapat menginfeksi tanaman. Pada suhu 18°C sedikit terjadi infeksi, antara 25-28°C patogen akan menjadi virulen, sedangkan pada suhu 38°C selama beberapa hari patogen akan mati. Pada suhu 25-30°C spora akan berkecambah, sedangkan pada suhu yang lebih rendah proses perkecambah akan terhambat. Klamidospora dari patogen ini lebih tahan panas dari miseliumnya.

Jamur tersebut sangat cocok pada tanah-tanah asam yang mempunyai kisaran pH 4,5 dan 6,0. Patogen tumbuh baik pada biakan murni dengan kisaran pH 3,6-8,4. Sedangkan untuk sporulasi pH optimal sekitar 5,0. Sporulasi yang terjadi pada tanah yang mempunyai pH di bawah 7,0 adalah lima sampai dua puluh kali lebih pesat dibandingkan dengan tanah yang mempunyai pH di atas 7,0. Pada pH di bawah 7,0 sporulasi terjadi secara melimpah pada semua jenis tanah, tetapi tidak akan terjadi pada pH di bawah 3,6 atau di atas 8,8.

### **2.5. Jamur Patogen dan Jamur Endofit**

#### **1. *Aspergillus* sp**

Jamur ini mempunyai konidiofor panjang tidak bercabang, ujungnya membengkak dengan fialid dan fialospora yang memancar dari seluruh permukaan.

Pada umumnya jamur ini bersifat saprofitik, dapat merusak hasil pertanian dalam simpanan. *Aspergillus flavus* membentuk aflatoksin (Semangun, 2004).

Genus *Aspergillus* dan genus *Penicillium* merupakan fungi antagonis yang mempunyai daya antibiotik yang berperan dalam ketahanan tanaman (Djafaruddin, 2000). Menurut Darkuni (2001), *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. juga mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan P dan K. Aplikasi *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma harzianum* dapat meningkatkan pertumbuhan atau produktivitas tanaman seperti tanaman jagung terutama di tanah-tanah marginal (Isroi, 2008).

### **Patogen**

- *Aspergillus flavus*

*Aspergillus flavus* merupakan jamur saprofit yang hidup di dalam tanah dan mampu menginfeksi komoditas penting seperti kacang tanah (gejala *yellow mold*), jagung (gejala *ear rot*) dan biji kapas sebelum dan setelah panen (Muhilal dan Karyadi 1985). Jamur strain toksik dapat mengakibatkan aflatoksikosis dan/atau kanker hati pada hewan ternak dan manusia, yang terjadi baik melalui konsumsi produk terkontaminasi maupun melalui pertumbuhan invasive (menyebabkan *aspergillosis*) yang membawa akibat fatal bagi pasien yang sensitif. Jamur ini mampu memproduksi senyawa karsinogenik turunan poliketone dan metabolit sekunder penyebab mutasi yaitu aflatoksin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> dan G<sub>2</sub>) (Swindale 1989).

Secara garis besar, siklus hidup *A. flavus* di lapang dapat digolongkan ke dalam dua fase utama, yaitu sebagai saprofit dan patogen. Sebelum terdapat tanaman inang yang rentan, *A. flavus* secara umum bersifat saprofit. Jamur mampu bertahan dalam bentuk miselia maupun konidia dan dengan segera mengkoloni tanah yang kaya akan bahan organik. Sumber bahan organik terutama berasal dari sisa-sisa tanaman yang tertinggal setelah panen atau tidak dimusnahkan. Propagul *A. flavus* ini dapat menjadi sumber inokulum primer bagi tanaman inang terutama yang berada di dalam tanah, seperti kacang tanah. Selain miselia dan konidia, *A. flavus* juga dapat bertahan di dalam tanah dalam bentuk sklerosia (Horn, 2007).

- *Aspergillus niger*

*Aspergillus niger* menyebabkan penyakit yang disebut jamur hitam pada buah-buahan dan sayuran tertentu seperti anggur, bawang, dan kacang tanah, serta umumnya merupakan kontaminan pada makanan. *A. niger* menyebabkan jamur hitam pada bawang dan tanaman hias. Infeksi bibit bawang oleh *A. niger* dapat menjadi sistemik, mewujudkan hanya ketika kondisi kondusif. *A. niger* menyebabkan penyakit pascapanen umum bawang, di mana konidia hitam dapat diamati antara skala bola lampu. Jamur juga menyebabkan penyakit pada kacang tanah dan anggur (Samson *et al.*, 2001)

#### **Endofit**

- *Aspergillus niger*

Penelitian Rakasiwi (2012) Cendawan *Aspergillus niger* mempunyai kemampuan antagonis terhadap patogen Hawar Beluderu (*Septobasidium* sp.) pada tanaman Lada. Penelitian Suyoto (2009) juga membuktikan bahwa cendawan endofit *Aspergillus niger* dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi dan jagung. Menurut Lestari (1994) sangat baik dalam meningkatkan P larut dari media batuan fosfat. Hasil penelitian Maningsih dan Anas (1996) menunjukkan jamur *Aspergillus niger* dapat meningkatkan kelarutan P dari  $AlPO_4$  sebesar 135% dan dapat meningkatkan P larut pada tanah Ultisol sebesar 30,4% dibandingkan kontrol. Indikasi tersebut menunjukkan bahwa kemampuan jamur yang mempunyai spectrum lebar dalam melarutkan beberapa bentuk senyawa P yang ada di dalam tanah.

## **2. *Alternaria* sp**

#### **Patogen**

- *Alternaria padwickii*

Genus *Alternaria* memiliki konidiofor tegak dan pendek. Konidium seperti labu, mirip buah murbei, disamping sekat melintang selalu memiliki sekat membujur. Konidium sering membentuk rantai. *Alternaria padwickii* menyebabkan penyakit Stackburn dengan gejala khas adalah terjadinya bercak pada daun berbentuk oval atau bulat, berwarna coklat tua, mempunyai cincin yang melingkari bercak secara jelas. Bagian tengah bercak pada awalnya berwarna coklat muda kemudian berangsur-

angsur menjadi putih dengan titik-titik hitam yang merupakan sklerotia. Ukuran bercak bervariasi antara 0,3-1 cm (Dirjen Pertanian Tanaman Pangan, 1989).

Pada biji yang terinfeksi mempunyai bercak coklat sampai keputih-putihan dengan tepi coklat tua. Pada pusatnya bercak mempunyai titik-titik hitam. Jamur dapat menembus sekam dan masuk kedalam biji, menyebabkan beras berubah warnanya, keriput dan mudah pecah. *Alternaria* juga dapat menyerang akar dan koleoptil kecambah atau semai muda. Bercak coklat tua sampai hitam. Pada bercak ini kelak juga berbentuk Sklerotium. *Alternaria* mempunyai konidiofor  $(66-100) \times (4-5) \mu\text{m}$ , dengan konidium  $22-52 \times 9-15 \mu\text{m}$ , berbentuk gada terbalik, seperti buah per, bersekat 3-7 dengan beberapa sekat membujur, seperti murbei dan berwarna coklat tua (Semangun, 1993).

- *Alternaria alternata*

*Alternaria alternata* adalah jamur yang telah dicatat menyebabkan bercak daun dan penyakit lainnya di lebih dari 380 spesies tanaman inang. Ini adalah patogen oportunistik pada berbagai host yang menyebabkan bintik-bintik daun, akar, dan kudis banyak bagian tanaman (Anonim, 2015a).

Hasil eksplorasi di Kebun Balitjestro diketahui bahwa 80% tanaman stroberi menunjukkan gejala bercak daun atau leaf spot. Gejala bercak daun menyebabkan lesi pada daun, membentuk bercak nekrotik berbentuk lingkaran berdiameter 2-5 mm, berwarna coklat gelap, ditemukan pada sejumlah varietas stroberi. Penyakit ini disebabkan oleh infeksi jamur *Alternaria alternata* yang merupakan saprofit tanaman inang dan merupakan patogen primer (Dingley, 2012). Infeksi jamur *A. alternata* menyebabkan kerusakan pada jaringan daun, buah, tangkai, tangkai buah, dan kaliks tanaman stroberi (Ellis, 2008).

- *Alternaria brassicae*

*Alternaria brassicae* adalah patogen tanaman mampu menginfeksi sebagian besar spesies Brassica termasuk tanaman penting seperti brokoli, kubis dan pemeriksaan biji minyak. Ini menyebabkan redaman off jika infeksi terjadi pada tanaman muda dan gejala bercak daun kurang parah pada infeksi tanaman yang lebih tua (Anonim 2015b).

*Alternaria brassicae* dan *A. brassicicola* tanaman inang yang diserang Kubis-kubisan (Cruciferae, Brassicaceae) dengan Gejala terlihat pada daun, berupa bercak-bercak kecil berwarna kelabu gelap dan akan berkembang menjadi bercak berbentuk bulat dengan diameter mencapai 1 cm. Cendawan ini pada kondisi lingkungan lembab akan tampak seperti bulu-bulu halus kebiruan di pusat bercak. Pada bercak sering terdapat cincin konsentris. Gejala bercak juga ditemukan pada tangkai, batang, dan buah dengan bentuk seperti garis (Anonim, 2015c)

- *Alternaria porri*

Jamur *Alternaria porri* merupakan penyebab terjadinya penyakit bercak ungu pada tanaman bawang baik bawang merah maupun bawang putih. Penyakit bercak ungu merupakan penyakit yang sangat merugikan petani, bahkan dapat menimbulkan kerugian pada tanaman sampai 100 % (Arifin, 2006).

Pada daun terdapat bercak melekok, berwarna putih atau kelabu. Ukuran bercak bervariasi tergantung pada tingkat serangan. Pada serangan lanjut, bercak-bercak tampak menyerupai cincin, warna agak keunguan dengan tepi agak kemerahan atau keunguan yang dikelilingi oleh zone berwarna kuning yang dapat meluas ke bagian atas atau bawah bercak, dan ujung daun mengering. Permukaan bercak bisa juga berwarna coklat atau hitam terutama pada keadaan cuaca yang lembab. Infeksi pada umbi biasanya dapat terjadi pada saat atau setelah panen, umbi tampak membusuk dan berair dimulai dari bagian leher. Umbi yang membusuk berwarna kuning atau merah kecoklatan. Serangan lanjut menyebabkan jaringan umbi yang terserang mengering, berwarna gelap dan bertekstur seperti kertas (Anonim, 2015c).

- *Alternaria solani*

Jamur *Alternaria solani* menyerang tanaman tomat. Gejala awal pada daun tomat berupa bercak-bercak kecil, berbentuk bulat dan bersudut, berwarna coklat tua sampai hitam, berukuran  $\pm 4$  mm. Gejala pada jaringan yang mengalami nekrotik pada umumnya terlihat seperti kulit dan mempunyai lingkaran-lingkaran konsentris yang dikelilingi oleh halo sempit. Banyaknya bercak berpengaruh terhadap perkembangan tanaman. Daun tanaman akan menjadi cepat tua, layu, atau gugur sebelum waktunya. Gejala pada batang berupa bercak gelap dengan lingkaran-

lingkaran sepusat. Infeksi penyakit yang terdapat pada fase persemaian akan menyebabkan busuk pangkal batang. Gejala pada buah tampak seperti kulit dengan massa hitam seperti beledu (Anonim, 2015c).

Jamur *Alternaria solani* menyerang tanaman kentang. Gejala pada umumnya baru akan terlihat enam minggu setelah infeksi. Gejala awal pada daun dewasa berupa bercak-bercak kecil dengan batas jelas, tersebar tidak teratur, dan berwarna cokelat tua. Perkembangan bercak pada umumnya berlangsung lambat. Gejala lanjut berupa bercak yang meluas, berwarna cokelat tua, kering, dan tampak konsentris. Pada umbi yang terserang cendawan ini menyebabkan umbi berkerut, kering, keras, berwarna gelap, dan agak mengendap (Anonim, 2015c).

- *Alternaria longipes*

Jamur *Alternaria longipes* menyerang tanaman tembakau dengan gejala awal berupa bercak-bercak kecil berwarna cokelat muda atau cokelat tua di bawah permukaan daun. Bercak terkadang mempunyai halo berwarna kuning dan cincin-cincin halus. Gejala pada tanaman tua berupa bercak-bercak kecil melekok, berwarna cokelat tua sampai hitam pada batang, tulang daun utama, tangkai bunga, dan buah-buahan (Anonim, 2015c).

### 3. *Curvularia* sp

Meskipun tidak menimbulkan kerugian yang berarti, jamur ini umumnya terdapat di negara-negara penanam padi. Dari benih yang terinfeksi jamur dapat menyerang semai, menyebabkan terjadinya hawar semai atau menyebabkan terhambatnya pertumbuhan (Semangun, 1993).

Manfaat *Curvularia* antara lain biokontrol terhadap berbagai patogen tanaman dalam tanah (Mukerji, 2000). Dapat mengoksidasi Mangan (Rao, 1994).

#### Patogen

*Curvularia* merupakan salah satu cendawan yang menyerang suku *Araceae* (Yulianty 2005). *Curvularia* biasa ditemukan pada bibit kelapa. *Curvularia* yang menyerang asparagus adalah *Curvularia lunata* (85%), *C. pallescens* (32%), *C. eragrostidis* (18%), dan *C. barchyspora* (11.5%) (Salleh *et al.* 1996). Salah satu patogen terbawa benih kakao hibrida ialah *C. geniculata* (Baharudin *et al.* 2012) serta

*C. lunata* dapat menyebabkan penyakit bercak daun pada berbagai kultivar bibit pisang dengan intensitas penyakit sampai 1–32% (Soesanto *et al.* 2012). Di Timur Tengah, *Curvularia* juga menyerang buah kurma (Atia, 2011).

- *Curvularia lunata*

Jamur *curvularia* khususnya spesies *Curvularia lunata* dikenal sebagai parasit atau saprofit pada tanaman serealia terutama pada tanaman padi, gandum, dan sorgum. Bagian yang diserang yaitu biji sekitar 66%, terdapat pada bagian lemma atau palea, sehingga menyebabkan perubahan warna pada biji jadi menghitam, degenerasi endosperm, dan juga menginfeksi embrio, yang mengakibatkan hilangnya viabilitas biji hingga 100%. (Singh *et al.*, 2001). Jamur ini juga merupakan penyebab penyakit bercak daun pada beberapa tanaman disebut juga hawar daun *Curvularia*, diantaranya menyerang tanaman kelapa sawit, yang menimbulkan bercak terutama pada daun bibit (MCAR, 2008). *Curvularia* juga menyerang daun tanaman tebu, juga daun kemangi yang mengakibatkan daun terserang secara bertahap menjadi kuning, kecokelatan, kemudian menghitam (Salawu dan Afolabi, 1994).

Jamur *C. lunata* dapat menyebabkan penyakit bercak coklat pada daun maupun pada buah padi. Selain itu, jamur ini dapat menyebabkan hawar semai yang menghambat pertumbuhan padi (Semangun, 1993).

- *Curvularia eragrostidis*

Jamur *Curvularia eragrostidis* menyerang tanaman tebu. Gejala awal berupa bercak-bercak yang kecil sekali, tersebar pada helaian daun-daun muda. Bercak-bercak kemudian menjadi berbentuk oval dengan diameter 1 mm dan lebarnya mencapai 2 mm. Bagian dalam bercak menjadi coklat kemerahan dan dikelilingi oleh halo coklat muda. Gejala lanjut berupa bagian bercak yang berwarna coklat kemerahan akan mengering dan akhirnya daun akan nekrotis dan rontok (Anonim, 2015c).

#### 4. *Nigrospora sp*

Busuknya biji-biji yang disebabkan *Nigrospora sp* ini mempunyai hifa yang panjang, mulanya hialin, lama-kelamaan berwarna hitam, hifa memiliki percabangan yang pada ujungnya berbentuk bulat telur. Bentuk konidiofor memiliki percabangan

pada ujungnya. Konidia tunggal, agak bulat dan halus. Genus ini mendekati genus pachybasium antara famili botrydeae dan trichosporieae (Gilman, 1971).

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa cendawan *Nigrospora* sp merupakan patogen tanaman, terutama dari kelompok tanaman gramineae terutama jagung dan rumput-rumputan (Lawrie, 2011).

Asniah (2009) berhasil mengisolasi *Nigrospora* sp. dari akar tanaman brokoli, rumput dan teki, dimana cendawan ini terbukti dapat menekan penyakit akar gada.

#### **Patogen**

- *Nigrospora panici* Zimm

Jamur *Nigrospora panici* Zimm menyerang tanaman gandum. Dengan gejala sekam yang terinfeksi berwarna keabu-abuan, jika diperhatikan lebih jelas tampak terdapat titik-titik hitam yang halus sekali. Titik-titik ini adalah spora cendawan (Anonim, 2015c).

#### **5. *Drechslera* sp**

#### **Patogen**

Tiga spesies *Drechslera* yaitu *D. turcicum*, penyebab hawar daun turcicum, *D. maydis* Nisk., penyebab hawar daun maydis yang juga dikenal dengan nama *Syn Helminthosporium maydis* (Nisk), dan *D. carbonum* yang merupakan penyebab hawar daun carbonum (Semangun, 1993).

- *Drechslera oryzae*

Ciri- ciri *Drechslera oryzae* yaitu pada daun yang sudah besar terjadi bercak-bercak coklat memanjang. Bercak-bercak kecil berwarna coklat tua, tetapi bagian tengahnya berwarna kuning pucat, putih kotor, coklat atau kelabu. Kadang-kadang bercak mempunyai halo kekuningan. Daun yang sakit keras dapat menjadi kering. Dan ciri-ciri *Drechslera maydis* adalah terdapat bercak-bercak coklat kelabu pada daun atau berwarna seperti jerami, yang dapat meluas ke seluruh permukaan daun. Jika terjadi infeksi yang berat, beberapa bercak dapat bersatu dan membentuk jaringan mati yang lebar. Bercak terutama terdapat pada daun bawah (Semangun, 2004).

- *Drechslera sorokiana*

Jamur *Drechslera sorokiana* menyerang tanaman gandum dengan gejala serangan mula-mula pada daun timbul bintik-bintik jorong, berwarna cokelat tua atau hitam. Bintik-bintik meluas menjadi bercak memanjang dan berbentuk tidak teratur. Serangan berat menyebabkan seluruh daun menjadi kering dan patah. Bulir yang sakit mula-mula berwarna kekuningan lalu menjadi cokelat tua dan seperti beludu karena adanya konidium dan konidiofor cendawan. Biji yang sakit rusak dan berkerut-kerut (Anonim, 2015c).

- *Drechslera heveae*

Jamur *Drechslera heveae* menyerang tanaman karet dengan gejala berupa adanya bercak-bercak bulat, diameter 1-3 m, tembus cahaya, tepi bercak berwarna cokelat sempit dan jelas, mirip mata burung; tepi daun berkerut dan pada gejala lanjut permukaan daun menjadi hitam (Anonim, 2015c).

- *Drechslera gigantea*

Jamur *Drechslera gigantea* menyerang tanaman pisang dengan gejala berupa pada daun berupa bintik-bintik cokelat kehitaman yang berkembang menjadi bercak jorong, tepi bercak berwarna cokelat kehitaman dan di bagian tengahnya berwarna kelabu tua atau cokelat. Bercak dikelilingi oleh halo berwarna kuning. Ukuran bercak dapat mencapai 18x17 mm (Anonim, 2015c).