

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Deskripsi Tanaman Jagung (*Zea mays* L)

#### 2.1.1 Klasifikasi Tanaman Jagung

Tanaman jagung (*Zea mays* L.) dalam taksonomi tumbuhan diklasifikasikan menurut Purwono (2004) adalah sebagai berikut; Kingdom: Plantae (tumbuh-tumbuhan), Divisio: Spermatophyta (tumbuhan berbiji), Sub Divisio: Angiospermae (berbiji tertutup), Classis: Monocotyledone (berkeping satu), Ordo: Graminae (rumput-rumputan), Familia: Graminaceae, Genus: *Zea*, Species: *Zea mays* L.

#### 2.1.2 Morfologi Tanaman Jagung

Jagung merupakan tanaman semusim (annual). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80 - 150 hari. Susunan morfologi tanaman jagung terdiri dari akar, batang, daun, bunga, dan buah (Wirawan dan Wahab, 2007). Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Pada tahap vegetatif tanaman jagung setelah perkecambahan, akar primer awal memulai pertumbuhan tanaman. Sekelompok akar sekunder berkembang pada buku-buku pangkal batang dan tumbuh menyamping. Akar yang tumbuh relatif dangkal ini merupakan akar adventif dengan percabangan yang amat lebat (Rubatzky, 1998).

Pada tanaman jagung batang berbentuk silindris dan tidak berlubang seperti halnya batang tanaman padi. Rata-rata panjang (tinggi) tanaman jagung antara satu sampai tiga meter di atas permukaan tanah (Warisno, 1998). Pada bagian daun, ada sekitar 5-7 daun yang tumbuh pertanaman di setiap ruas batang. Daun ini berbentuk pipa, mempunyai lebar 4-15 cm dan panjang 30-150 cm, serta didukung oleh pelepah daun yang menyelubungi batang. Daun mempunyai dua jenis bunga yang berumah satu (Wakman, 2007).

Pada bagian bunga, bunga jantan terletak di pucuk yang ditandai dengan adanya rambut atau tassel dan bunga betina terletak di ketiak daun dan akan mengeluarkan stil dan stigma. Bunga jagung tergolong bunga tidak lengkap karena struktur bunganya tidak mempunyai petal dan sepal dimana organ bunga jantan (*staminate*) dan organ bunga betina (*pestilate*) tidak terdapat dalam satu bunga disebut berumah satu (Sudjana, 1991).

Tanaman jagung memiliki 1 sampai 2 tongkol, tergantung jenis varietas. Tongkol jagung juga diselubungi oleh daun kelobot. Pada setiap tongkol terdiri dari 10-16 baris biji, biji jagung disebut kariopsis, dinding ovary atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa, membentuk dinding buah. jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (a) pericarp, berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; (b) endosperm, sebagai cadangan makanan, mencapai 75% dari bobot biji yang mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya; dan (c) embrio (lembaga), sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plumula, akar radikal, scutellum, dan koleoptil (Hardman, 1998).

### **2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung**

Tanaman jagung berasal dari daerah beriklim tropis, dan dapat beradaptasi dengan iklim sedang hingga iklim subtropis. Jagung dapat tumbuh di daerah yang terletak antara 0° - 50° LU hingga 0° - 40° LS. Tanaman jagung juga bisa ditanam di daerah dataran rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian tempat antara 1000-1800 meter dari permukaan laut. Jagung yang ditanam di dataran rendah di bawah 800 meter dari permukaan laut dapat berproduksi dengan baik.

Suhu yang dikehendaki tanaman jagung agar tumbuh dengan baik berkisar antara 21°C - 30° C. Akan tetapi, untuk pertumbuhan yang baik bagi tanaman jagung khususnya jagung hibrida, suhu optimum adalah 23° C - 27° C. Suhu yang terlalu tinggi dan kelembaban yang rendah dapat mengganggu proses persarian. Jagung hibrida memerlukan air yang cukup untuk pertumbuhan, terutama saat berbunga dan pengisian biji. Curah hujan normal untuk pertumbuhan tanaman jagung adalah sekitar 250 mm/tahun sampai 2000 mm/tahun.

Tanah sebagai tempat tumbuh tanaman jagung harus mempunyai kandungan hara yang cukup. Jagung tidak memerlukan persyaratan tanah yang khusus, hampir berbagai macam tanah dapat diusahakan untuk pertanaman jagung. Jenis tanah yang dapat ditanami jagung antara lain Andosol (Andisol), Latosol (Inceptisol, Alfisol, Entisol) yang merupakan jenis tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman jagung dan grumusol (Vertisol). Tanah yang gembur, subur, dan kaya akan humus dapat memberi hasil yang baik bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman jagung.

Tanaman jagung membutuhkan air yang cukup banyak pada saat pertumbuhan awal, saat berbunga dan saat pengisian biji. Jika pada stadium

tersebut kekurangan air mengakibatkan produksi berkurang. Kebutuhan jumlah air setiap varietas tanaman jagung beragam. Tanaman jagung secara umum membutuhkan dua liter air per-tanaman per hari saat kondisi panas dan berangin. Jika selama pembungaan kekurangan air akan mengurangi jumlah biji yang terbentuk (Warisno, 1998).

#### **2.1.4 Budidaya Tanaman Jagung**

**Penyiapan Lahan.** Lahan yang mengandung kadar liat yang tinggi memerlukan pengolahan tanah yang cukup intensif, selain untuk menekan pertumbuhan gulma pada saat awal tanam, juga untuk mengoptimalkan lingkungan tumbuh akar tanaman jagung agar gembur dan subur. Penyiapan lahan dapat dilakukan dengan pemberian herbisida lima hari sebelum tanam. Hal ini untuk menghindari pengaruh herbisida terhadap perkecambahan benih (Zubachtirodin dkk, 2011).

**Penanaman Benih.** Populasi tanaman yang dianjurkan adalah 66.000-70.000 tanaman per hektar yaitu dengan jarak tanam 75 cm x 20 cm atau 70 cm x 20 cm untuk biji per lubang tanam. Benih yang ditanam dianjurkan memiliki daya tumbuh lebih dari 95%. Pembuatan lubang tanam dilakukan dengan menggunakan tugal, benih dimasukkan dalam lubang, kemudian ditutup dengan tanah atau pupuk organik. Benih yang ditanam hanya satu biji per lubang, pertumbuhannya relative lebih baik karena peluang persaingan antar tanaman lebih kecil. Benih akan tumbuh di atas permukaan tanah setelah 4-5 hari. (Zubachtirodin dkk, 2011).

**Pemupukan.** Ada tiga sesi dalam pemberian pupuk, pada saat penanaman, dosis Urea 250 kg/ha, SP36 100 kg/ha dan KCL 100 kg/ha setara dengan 2,25 g urea per lubang, 1,50 g SP36 per lubang dan 1,50 g KCL per lubang. Pada saat umur 3 minggu dan minggu hanya pemberian urea 150 kg/ha sehingga total pemakaian pupuk urea 450 kg/ha; SP36 100 kg/ha dan KCL 100 kg/ha. Sebelum pemberian pupuk, tugal sedalam 5 cm untuk meletakkan pupuk dan tutup kembali lubang dengan tanah untuk menghindari pupuk menguap.

**Pengairan.** Tiga hari sebelum tanam, lahan terlebih dahulu dilakukan pengairan untuk menciptakan kondisi tanah yang lembab dan hangat, sehingga mempercepat terjadinya perkecambahan benih serta ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Pengairan juga diberikan setiap kali selesai pemupukan. Jagung membutuhkan banyak air pada saat penanaman, fase pembungaan terjadi yakni saat tanaman jagung berumur 45-55 HST dan pada saat pengisian biji yakni sekitar 60-80 HST. Drainase yang baik juga penting untuk pertumbuhan jagung

yang optimal dan hindarkan tanaman dari genangan air. Pengairan juga penting karena berfungsi sebagai pelarut pupuk sehingga unsur hara dapat diserap dengan mudah oleh tanaman.

**Pengendalian Gulma dan Pembubunan.** Pertumbuhan gulma sudah mulai dikendalikan dengan cara penyiangan secara langsung sebelum tanaman jagung mencaai 30 hst. Karena tanaman jagung menjadi sangat rentan jika terjadi kompetisi dengan gulam saat berumur 30 sampai 60 hst. Penyiangan pertama dilakukan saattanaman berumur 21 hst sekaligus dilakukan pembubunan. Penyiangan kedua saat tanaman jagung berumur 5-6 mst atau penyiangan bisa dilakukan sesuai dengan kondisi pertumbuhan gulma pada saat itu. Penyiangan bisa dilakukan menggunakan herbisida, namun harus berhati-hati jika tanaman jagung masih relatif kecil.

**Pengendalian hama dan penyakit.** Penyakit yang sering terjadi pada pertanaman jagung adalah penyakit bulai, hawar, dan karat pada daun. Pengendalian dilakukan dengan cara membuang, memotong bagian daun yang terkena penyakit, atau dengan cara terakhir yaitu menggunakan cara pengendalian secara kimia, akan tetapi dengan dosis yang dianjurkan. Hama yang umum mengganggu pertanaman jagung adalah lalat bibit, penggerek batang dan tongkol. Lalat bibit umumnya mengganggu pada saat awal pertumbuhan tanaman, oleh karena itu pengendaliannya dapat dilakukan menggunakan varietas yang toleran atau saat awal penanam menggunakan insektisida pada daerah-daerah endemik serangan lalat bibit.

**Panen dan Pasca Panen** Panen dilakukan jika kondisi tanaman mulai mongering dan kelobot berwarna coklat serta bijinya mengkilat. Ada tanda hitam (*black layer*) pada pangkal bijinya. Pada kondisi hujan, hendaknya tongkol tidak disimpan dalam karung melainkan dengan diangin-anginkan sementara sampai saat penjemuran. Hal ini dilakukan untuk mencegah serangan jamur patogen yang dapat menurunkan kuantitas dan kualitas produksi jagung (Zubachtirodin dkk, 2011). Penanganan pasca panen bisa dengan cara pengeringan, pada umumnya dilakukan dengan menghamparkan jagung dibawah terik matahari menggunakan alas tikar atau terpal. Pada waktu cerah penjemuran dapat dilakukan selama 3-4 hari.

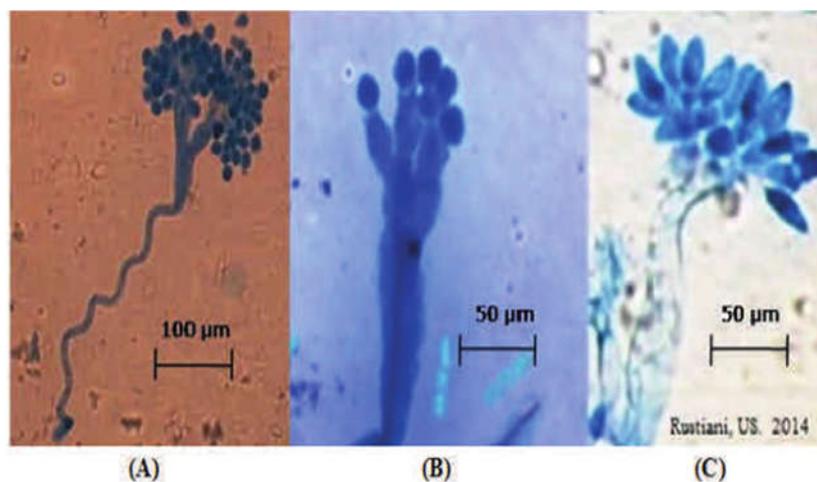
## 2.2 Penyakit Tanaman Jagung

### 2.2.1 Penyakit Bulai (*Downey mildew*)

#### Klasifikasi Jamur *P.maydis*

Menurut Dwijoseputro (1978) jamur penyebab penyakit (*P. maydis* (Rac.) Shaw) dapat diklasifikasikan sebagai berikut; Kingdom: Myceteae, Divisio: Eumycota, Class: Oomycetes, Ordo: Peronosporales, Family: Peronosporaceae, Genus: *Peronosclerospora*, Species: *Peronosclerospora maydis* (Rac.) Shaw.

Penyebab terjadinya penyakit bulai ialah pathogen *Peronosclerospora spp.* *Peronosclerospora maydis* adalah salah satu patogen dari golongan jamur yang dapat menimbulkan penyakit bulai pada tanaman jagung (Semangun, 1993). Sudana *dkk*, (2002) mengemukakan bahwa penyakit bulai merupakan penyakit epidemik yang menyerang tanaman jagung hampir disetiap musim terutama di luar musim tanam atau terlambat tanam. Menurut Wakman, (2005) dalam Sudarma *dkk* (2012), terdapat tujuh spesies dari genus *Peronosclerospora*, yang dilaporkan dapat menyebabkan penyakit bulai pada jagung yaitu *P. maydis*, *P. philippinensis*, *P. sacchari*, *P. sorghi*, *P. heteropogoni*, *P. miscanthi*, dan *P. spontanea*.



Gambar 1. Bentuk konidia dan konidiofor *Peronosclerospora maydis* (A); *P. sorghi* (B); dan *P. philippinensis* (C), (Ummu S. Rustiani, 2014).

#### Gejala Penyakit Bulai

Penyakit bulai atau *Downey mildew* adalah penyakit yang disebabkan oleh cendawan *Peronosclerospora maydis*. Penyakit ini diketahui dapat menginfeksi pada saat jagung masih berumur muda dan gejala akan terlihat setelah 1-2 minggu terinfeksi. Di Indonesia sudah ditemukan tiga spesies patogen bulai, yaitu *P.*

*maydis* yang penyebarannya di Jawa dan Lampung, *P. philippinesis* di Sulawesi, dan *P. sorghi* di dataran tinggi Brastagi, Sumatera Utara (Wakman dan Hasanuddin 2003). Penyebaran penyakit bulai bisa terjadi sangat cepat, karena konidia menyebar melalui udara dan oosporanya dapat tersimpan lama di tanah serta dapat menular melalui benih, terutama pada benih yang masih segar dan berkadar air tinggi. Namun di Amerika hanya *P. sorghi* yang diketahui menginfeksi tanaman *Graminae*. Bock and Jeger (2002) mengemukakan bahwa *P. sorghi* membentuk konidia dan oospora. Jika kedua jenis spora ini menginfeksi tanaman akan menimbulkan gejala penyakit yang sistemik dan dapat mengakibatkan sterilitas

Gejala yang timbul menurut Talanca (2013) penyakit bulai sudah menjadi penyakit endemik di beberapa daerah terutama di Pulau Jawa yaitu Jawa Timur (Kabupaten Kediri, Jombang, dan Blitar). Kehilangan hasil dapat mencapai 100% (puso) bila penyakit ini menginfeksi tanaman jagung diumur muda (10-15 hari setelah tanam). Gejala yang terlihat secara signifikan ada pada bagian daun yang memiliki warna klorotik memanjang sejajar beraturan dengan batas yang jelas antara daun yang masih sehat berwarna hijau.

Penyakit bulai dapat menimbulkan gejala sistemik yang meluas keseluruhan badan tanaman dan dapat menimbulkan gejala lokal (setempat). Ini tergantung dari meluasnya cendawan penyebab penyakit di dalam tanaman yang terinfeksi. Gejala sistemik hanya terjadi bila cendawan dari daun yang terinfeksi dapat mencapai titik tumbuh sehingga dapat menginfeksi semua daun yang dibentuk oleh titik tumbuh itu. Pada tanaman yang masih muda, daun daun yang baru saja membuka mempunyai bercak klorotis kecil-kecil. Bercak ini akan berkembang menjadi jalur yang sejajar dengan tulang induk, sehingga cendawan penyebab penyakit berkembang menuju ke pangkal daun. Klorosis meluas menjadi sejalur dengan tulang induk. Gejala ini akhirnya mencapai keseluruhan bagian tanaman hingga mencapai pangkal daun.

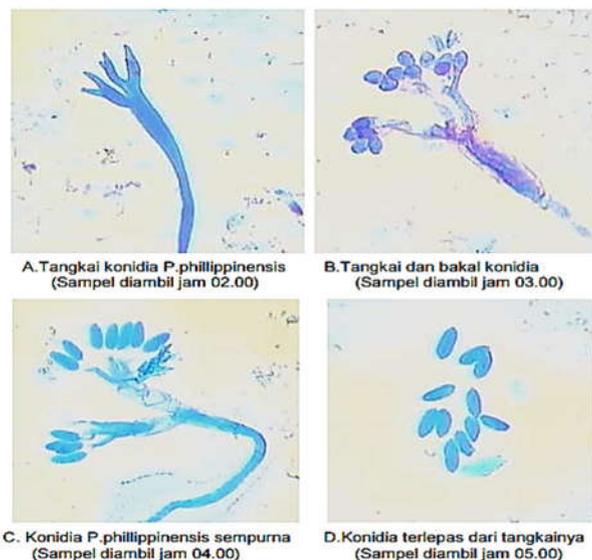
Infeksi *Peronosclerospora spp* terjadi dari konidia yang tumbuh di permukaan daun dan masuk jaringan tanaman melalui stomata. Konidia terbentuk sekitar jam 1.00 – 2.00 dinihari, pada suhu 24<sup>o</sup>C dan permukaan daun tertutup embun. Konidia akan disebarkan oleh angin pada jam 2.00-3.00 dan berlangsung sampai jam 6.00-7.00 pagi (Semangun, 1993).



Gambar 2. Gejala penyakit bulai pada tanaman jagung yang tumbuh di pematang sawah di Jawa Barat, menunjukkan klorosis khas bulai sistemik (Sumber: Rob Williams, CAB Internasional).

### Siklus Penyakit Bulai oleh *P. maydis*

Proses sporulasi organ reproduksi *P. maydis* telah dilaporkan oleh Masdiar *et al.* (1981), dimulai pada tengah malam yaitu ditandai dengan munculnya bakal tangkai konidia dari mulut daun, kemudian tangkai-tangkai konidia tersebut semakin memanjang dan membentuk cabang-cabang. Selanjutnya terbentuk bakal konidia pada masing-masing ujung ranting konidia, akhirnya tangkai dan bakal konidia semakin membesar sampai mencapai pertumbuhan maksimal, kemudian menjadi masak dan lepas dari tangkai-tangkai konidianya (Gambar 4).



Gambar 3. Proses sporulasi organ reproduksi cendawan *Peronosclerospora sp.* (Sumber: Burhanuddin, 2010).

Proses infeksi cendawan *Peronosclerospora sp.* (Gambar 4) di mulai dari konidia yang terlepas pada tangkai konidia (konidiofor), kemudian disebarkan oleh angin dan jatuh pada permukaan daun jagung berumur muda. Selanjutnya konidia

akan berkecambah dengan membentuk apresoria, lalu masuk kedalam jaringan tanaman melalui stomata. Kecepatan infeksi cendawan ini sangat ditentukan oleh tingkat ketahanan varietas, ketersediaan sumber inokulum (konidia) bulai, kondisi lingkungan terutama suhu dan kelembaban serta adanya air guttasi pada corong tanaman jagung. Selanjutnya akan berkembang sampai pada titik tumbuh, yang menyebabkan infeksi sistemik keseluruh bagian daun tanaman jagung, sehingga terbentuk gejala khas yaitu terjadinya khlorotik dipermukaan dan bawah daun.

### **2.2.2 Penyakit Hawar Daun (*Helminthosporium. sp*)**

Berdasarkan pengamatan terhadap gejala serangan hawar daun, dengan ciri-ciri gejala seperti yang pernah dideskripsikan oleh (Wakman dan Burhanuddin, 2007) bahwa pada awal terinfeksi, gejala berupa bercak kecil, berbentuk oval kemudian bercak semakin memanjang berbentuk ellips dan berkembang menjadi nekrotik yang disebut hawar, warnanya hijau keabu-abuan atau coklat. Panjang hawar 2,5-15 cm, bercak muncul dimulai pada daun yang terbawah kemudian berkembang menuju daun atas. Setelah dilakukan proses isolasi patogen dari gejala sakit maka diperoleh bentuk mikroskopis dari diatas maka penyakit hawar daun yang menyerang tanaman jagung di Desa Huluduotamu Kec.Suwawa disebabkan oleh *Helminthosporium. sp*.

Konidium lurus atau agak melengkung, jorong atau berbentuk gada terbalik, pucat atau berwarna coklat jerami, halus mempunyai 4-9 sekat palsu, panjang 50-114  $\mu\text{m}$  dan bagian paling lebar berukuran 18-33  $\mu\text{m}$ , kebanyakan 2024  $\mu\text{m}$ . Konidium mempunyai hilum menonjol dengan jelas, yang merupakan ciri dari marga Drechslera

Penyakit hawar daun disebabkan oleh *Helminthosporium turcicum* Pass. Patogen ini menyerang bagian daun tanaman dengan gejala mula-mula terlihat bercak kecil berbentuk oval kemudian bercak berkembang menjadi hawar berwarna hijau keabu-abuan atau coklat, dengan panjang hawar 2,5-15 cm. Bercak-bercak ini pertama kali terdapat pada daun-daun bawah (tua) kemudian berkembang menuju daun-daun atas (muda).

Hingga saat ini telah diketahui beberapa cara pengendalian penyakit hawardaun yang efektif yaitu dengan penggunaan varietas tahan, sanitasi lingkungan, pengelolaan tanah yang baik dan penyiangan yang sempurna dapat menekan atau mengurangi sumber inokulum awal, pengaturan jarak tanam, dan fungisida jika diperlukan (Pabbage *et al.*, 2007).

## **2.3 Jamur Endofit**

### **2.3.1 Definisi Jamur Endofit**

Jamur endofit adalah mikroorganisme yang hidup dalam jaringan tumbuhan, mikroorganisme ini terdapat di akar, daun, dan batang tumbuhan. Jenis mikroba yang ditemukan sebagai mikroba endofit yaitu bakteri dan fungi, namun yang banyak diisolasi yaitu golongan fungi (Prihatiningtias dkk, 2006). Menurut Radji (2005) mikroba endofit adalah mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya.

Sudantha dkk, (2006) menjelaskan bahwa jamur endofit menghasilkan alkaloid dan mikotoksin lainnya sehingga memungkinkan digunakan untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit. Jamur endofit menghasilkan senyawa enzim dan antibiotik dari mikroba endofit yang berguna bagi tanaman inang dalam meningkatkan ketahanan terhadap patogen.

### **2.3.2 Peranan Jamur Endofit**

Mikroorganisme endofit mengeluarkan suatu metabolit sekunder atau senyawa antibiotik. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit merupakan senyawa antibiotic yang mampu melindungi tanaman dari serangan hama, patogen penyebab penyakit tanaman, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati (Purwanto, 2008). Menurut Prihaningtias dkk, (2006) mikroba endofit memiliki prospek yang baik dalam penemuan sumber-sumber senyawa bioaktif dalam perkembangan lebih lanjut dapat digunakan sebagai sumber penemuan obat untuk berbagai penyakit. Senyawa-senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh mikroba endofit dapat juga digunakan sebagai antimikroba, antimalarial, antikanker, dan depergunakan dalam perindustrian dan pertanian. Mikroba di dalam tanah memiliki kemampuan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan dapat menambat unsur hara N di udara.

### **2.3.3 Ekologi Jamur Endofit**

Prihatiningtias dkk, (2006) menjelaskan bahwa mikroba endofit dalam jaringan tumbuhan baik berada di akar, daun maupun batang tumbuhan. Mikroorganisme endofit memasuki jaringan tumbuhan terutama melalui akar. Mikroorganisme endofit diisolasi dari jaringan tanaman atau diekstrak dari bagian jaringan tanaman sehat, proses kolonisasi jaringan tumbuhan oleh endofit melalui

tahap kompleks yang meliputi adaptasi, perkecambahan spora, penetrasi dan kolonisasi. Mikroorganisme juga bisa masuk ke dalam jaringan tumbuhan melalui luka dan lubang alami. Luka pada tumbuhan yang diakibatkan oleh nematode seperti cacing juga menjadi factor utama untuk masuknya mikroorganisme endofit. Hampir semua jenis tanaman memiliki jamur endofit yang jenisnya berbeda-beda, sehingga terdapat rentang keanekaragaman hayati yang tinggi (Anindyawati, 2003).

Jamur endofit hidup pada pembuluh xylem dan hanya akan keluar jika inang sudah dalam keadaan tertekan dan mendekati kematian. Jamur endofit tidak menimbulkan gejala ataupun serangan. Jamur endofit juga tidak menyerang jaringan jaringan dan meskipun jamur ini berada pada pembuluh xylem, jamur endofit mencapainya melalui luka atau melalui jaringan muda atau ujung akar. Kolonisasi jamur endofit dalam pembuluh korteks sama sekali tidak mengakibatkan kerugian pada tanaman yang sehat (Deacon, 1997).

#### **2.3.4 Hubungan Jamur Endofit dengan Inang**

Pada siklus hidup jamur endofit, mikroorganisme ini membutuhkan tanaman inang untuk tempat tumbuh dan untuk dijadikan sumber makanan. Sehingga hubungan antara jamur endofit dengan tanaman sangat baik. Jamur endofit yang hidup didalam jaringan tanaman berkaitan dengan simbiosis mutualisme dengan tanaman inangnya, karena interaksi antara jamur endofit dan inang saling menguntungkan satu sama lain. Menurut Prihatiningtias, dkk (2006) mikroba endofit dapat memperoleh nutrisi untuk melengkapi siklus hidup dari tumbuhan inangnya, sebaliknya tumbuhan inang memperoleh proteksi terhadap patogen tumbuhan dari senyawa yang dihasilkan oleh mikroba endofit.

Menurut Tanaka, dkk (1999) manfaat yang diberikan oleh jamur endofit pada tanaman inang berupa peningkatan laju pertumbuhan, ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit dan kekeringan. Karena umumnya jamur endofit memiliki interaksi mutualisme terhadap inangnya.

#### **2.3.5 Kelompok Jamur Endofit**

Pada setiap tanaman terutama tanaman jagung mengandung jamur endofit di dalam jaringan tanamannya. Menurut Petrini (1992) jamur endofit digolongkan dalam beberapa kelompok *Ascomycotina* dan *Deuteromycetes*. Keragaman pada jasad ini cukup besar seperti *Loculoascomycetes*, *Discomycetes*, dan

*Pyrenomyces*. Jamur endofit meliputi genus *Pestalotia*, *Monochaetia*. Namun menurut clay (1988) jamur endofit dimasukkan dalam family *Balansiae* yang terdiri dari 5 genus yaitu *Arkinsonella*, *Balansiae*, *Blansiopsis*, *epichloe* dan *Myriogenopspora*.

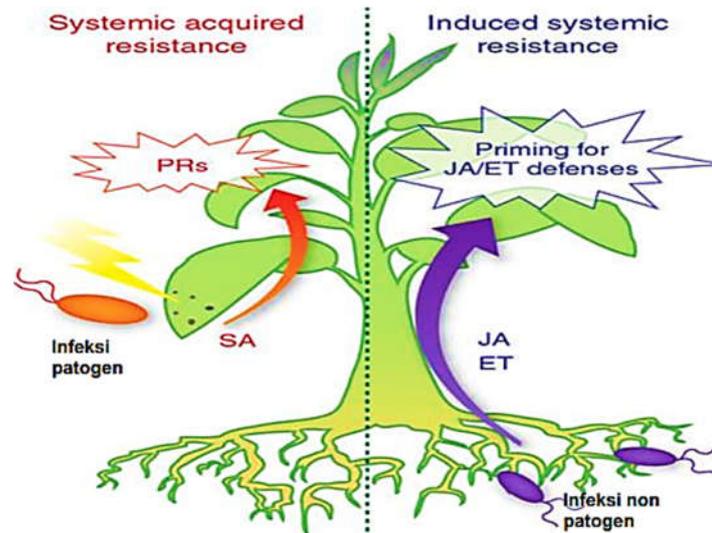
### 2.3.6 Contoh Jamur Endofit Pada Akar Tanaman

Jamur endofit yang ada pada tumbuhan terutama di akar mulai dilakukan, namun masih sangat terbatas. Berikut adalah beberapa hasil penelitian mengenai jamur endofit yang teridentifikasi dari berbagai tanaman. Septia (2012) melaporkan bahwa jamur *Aspergillus sp.*, *Nigrospora sp.*, *penicillium sp.*, *Fusarium sp.* dan *pestalotia sp.* ditemukan pada akar tanaman manga.

## 2.4 Ketahanan Induksi

Selama 10 tahun terakhir, ketahanan induksi telah menjadi sarana yang menjanjikan untuk perlindungan tanaman baik secara hayati atau kimia. Metode di dunia yang semakin maju sedang dikembangkan untuk perlindungan tanaman bersama dengan kemajuan di bidang bioteknologi dan mekanisme ketahanan terhadap penyakit. Misalnya, dengan cara rekayasa genetika dan resistensi diinduksi.

Ketahanan tanaman terinduksi adalah ketika terjadi peningkatan ketahanan tanaman terhadap infeksi oleh patogen setelah terjadi rangsangan. Ketahanan ini merupakan perlindungan tanaman bukan untuk mengeliminasi patogen tetapi lebih pada aktivitas dari mekanisme pertahanan tanaman. Sistem ketahanan pada tanaman dapat melindungi tubuh tanaman dari pengaruh baik dari infeksi, bakteri, virus jamur atau pathogen-patogen penyebab penyakit. Mekanisme induksi ketahanan bersifat sistemik, berspektrum luas, dan tahan lama. Namun, efektifitasnya tergantung pada jenis senyawa yang digunakan, kondisi tanaman dan lingkungan tumbuh dan keberhasilan strategi induksi ketahanan bervariasi dari 20-85% (Walters, Walsh, and Newton, 2005). Peningkatan ketahanan tanaman secara terinduksi ada 2 yaitu SAR (*Systemic Acquired Resistance*) dan ISR (*Induced Systemic Resistance*) yang melibatkan berbagai jenis gen, enzim dan protein. Induksi ketahanan dapat dipacu oleh beragam bahan penginduksi (*elisor*), Secara ringkas, tentang proses peningkatan ketahanan tanaman melalui mekanisme SAR dan ISR ilustrasi oleh (Pieterse dkk, 2009) (Gambar 5).



Gambar 4. Diagram induksi ketahanan tanaman melalui SAR (systemic acquire resistance) dan ISR (induced systemic resistance) serta gen pertahanan tanaman (plant resistance gene; PRs) dan senyawa penginduksi ketahanan tanaman (asam salisilat, SA; asam jasmonat, JA; dan etilen, ET).