

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Jagung

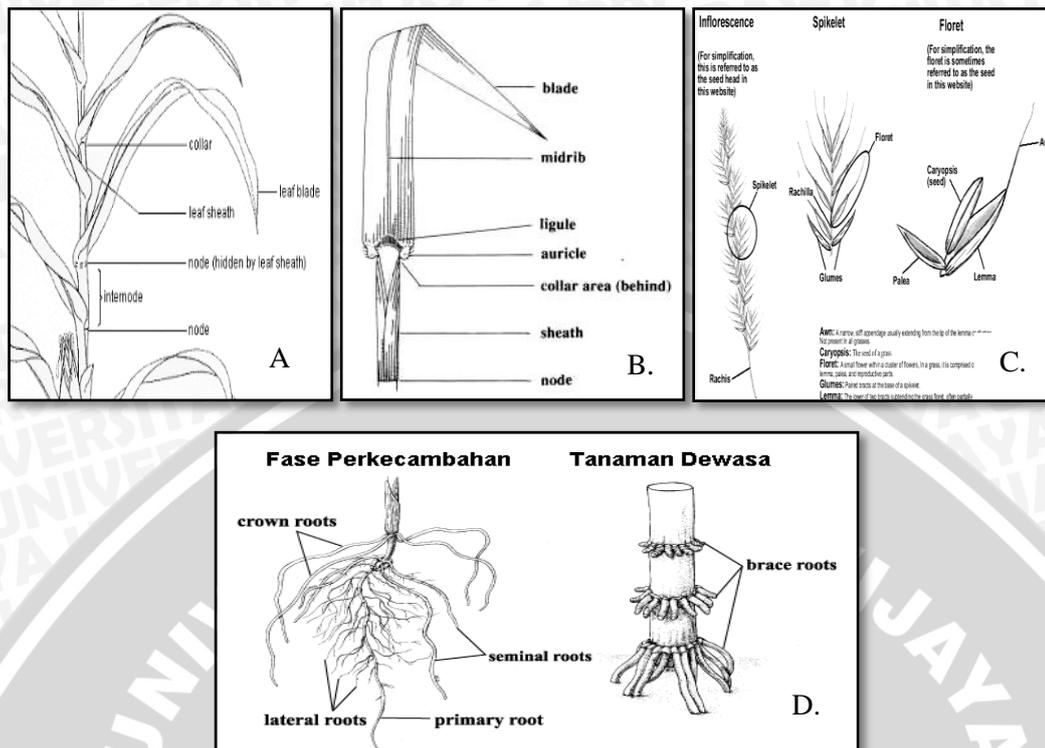
Jagung berasal dari Kingdom: *Plantae*; Divisio: *Spermatophyta*; Kelas: *Monocotyledoneae*; Ordo: *Poales*; Famili: *Poaceae*; Genus: *Zea*; Spesies: *Zeamays* L. Jagung merupakan tanaman semusim (*annual*) dengan satu siklus hidupnya berkisar 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif (Redaksi Agromedia, 2007).

2.1.1 Morfologi Tanaman Jagung

Morfologi tanaman jagung terdiri atas akar, batang, daun, bunga, dan buah. Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi, umumnya 1 – 3 m, terdapat juga varietas yang tingginya dapat mencapai 6m. Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan. Akar jagung tergolong akar serabut yang dapat mencapai kedalaman 8m, namun pada umumnya kedalaman akar hanya mencapai 2m. Pada tanaman yang sudah cukup dewasa muncul akar adventif dari buku-buku bagian bawah yang membantu menyangga tegaknya tanaman (AAK, 1993).

Batang jagung tegak dan mudah terlihat. Batang beruas-ruas yang terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung cukup kokoh namun tidak banyak mengandung lignin. Daun jagung bentuknya memanjang. Antara pelepah dan helai daun terdapat ligula. Tulang daun sejajar dengan ibu tulang daun. Permukaan daun ada yang licin dan ada yang berambut. Stoma pada daun jagung berbentuk *halter*, yang khas dimiliki oleh Familia *Poaceae*. Setiap stoma dikelilingi oleh sel-sel epidermis berbentuk kipas. Struktur ini berperan penting dalam respon tanaman menanggapi defisit air pada sel-sel daun (Rukmana, 1997).

Jagung memiliki bunga jantan dan bunga betina yang terpisah dalam satu tanaman (*monoecious*). Tiap kuntum bunga memiliki struktur khas bunga yang disebut floret. Bunga jantan tumbuh di bagian pucuk tanaman. Serbuk sari berwarna kuning dan beraroma khas. Bunga betina tersusun dalam tongkol. Tongkol tumbuh dari buku, diantara batang dan pelepah daun (Rukmana, 1997).



Gambar 1. Morfologi Tanaman Jagung; A. Tanaman jagung; B. Daun jagung; C. Bunga tanaman jagung; D. Akar tanaman jagung (Subekti, *et al.*, 2011).

2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Jagung

Tanaman jagung berasal dari daerah tropis yang dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan di luar daerah tersebut. Jagung dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah hingga daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000-1800 mdpl. Daerah dengan ketinggian antara 0-600 mdpl merupakan ketinggian optimum pertumbuhan jagung (AAK, 1993).

Iklim yang dikehendaki oleh sebagian besar tanaman jagung adalah daerah-daerah beriklim sedang hingga daerah beriklim sub-tropis/tropis yang basah. Jagung dapat tumbuh di daerah yang terletak antara 0-50 derajat LU hingga 0-40 derajat LS. Pada lahan yang tidak beririgasi, pertumbuhan tanaman ini memerlukan curah hujan ideal sekitar 85-200 mm/bulan dan harus merata. Pada fase pembungaan dan pengisian biji tanaman jagung perlu mendapatkan cukup air.

Pertumbuhan tanaman jagung sangat membutuhkan sinar matahari. Tanaman jagung yang ternaungi, pertumbuhannya akan terhambat, dan

memberikan hasil biji yang kurang baik bahkan tidak dapat membentuk buah. Suhu yang dikehendaki tanaman jagung antara 21-34⁰C, akan tetapi bagi pertumbuhan tanaman yang ideal memerlukan suhu optimum antara 23-27⁰C. Pada proses perkecambahan benih jagung memerlukan suhu yang cocok sekitar 30⁰C. Saat panen jagung yang jatuh pada musim kemarau akan lebih baik daripada musim hujan, karena berpengaruh terhadap waktu pemasakan biji dan pengeringan hasil.

Jenis tanah yang dapat ditanami jagung antara lain: andosol (berasal dari gunung berapi), latosol, grumosol, dan tanah berpasir. Sedangkan untuk tanah dengan tekstur lempung/liat (latosol) berdebu adalah yang terbaik untuk pertumbuhannya. Keasaman tanah erat hubungannya dengan ketersediaan unsur-unsur hara tanaman. Keasaman tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung adalah pH antara 5,6 - 7,5. Tanaman jagung membutuhkan tanah dengan aerasi dan ketersediaan air yang dalam (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian, 1998).

2.1.3 Produksi Jagung

Jagung (*Zea mays*) merupakan bahan pangan sumber karbohidrat kedua dan komoditas pangan terpenting setelah padi. Disamping sebagai bahan pangan, komoditi ini juga dikonsumsi sebagai bahan pakan ternak dan bahan baku industri. Badan Pusat Statistik tahun 2011, produksi jagung pada tahun 2011 yaitu 17.230.172 ton, hal ini menurun dari tahun 2010 yaitu sebesar 18.327.172 ton. Penurunan produksi jagung salah satunya disebabkan oleh serangan hama dan penyakit tanaman. Menurut hasil pengamatan intensitas serangan penyakit bulai pada jagung di Kabupaten Kediri dapat mencapai 10–90% dengan luas serangan 8,97 ha yang tersebar pada 6 kecamatan (Soenartiningih, 2010). Oleh karena itu, pengendalian terhadap penyakit bulai perlu perhatian khusus sehingga kedepannya produksi jagung tetap optimal.

2.2 Penyakit Bulai (*Downy mildew*)

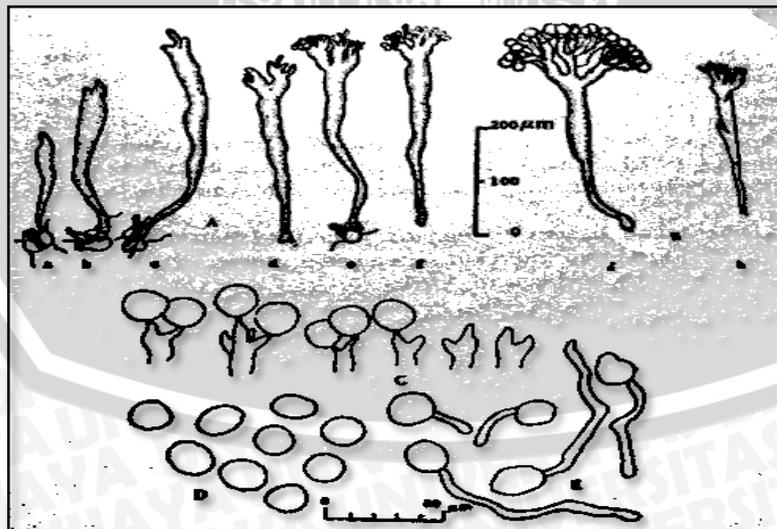
Penyakit bulai (*Downy mildew*) merupakan penyakit penting dan merupakan salah satu faktor pembatas peningkatan kualitas dan kuantitas produksi jagung, khususnya di Indonesia (Iriany *et al.*, 2003). Setiap tahun, luas serangan penyakit

bulai ini terus meningkat. Pada tahun 2004, di Indonesia luas serangan mencapai 4.837 ha, 563 diantaranya mengalami puso. Di Propinsi Lampung, pada tahun 2004 luas serangan mencapai 2.504 ha, dengan 548 diantaranya mengalami puso atau gagal panen (Anonim, 2006).

2.2.1 Penyebab Penyakit Bulai

Penyakit bulai disebabkan oleh jamur *Peronosclerospora maydis*. Berasal dari Kingdom: *Myceteae*; Divisi: *Eumycota*; Kelas: *Oomycetes*; Ordo: *Peronosclerosporales*; Famili: *Peronosporaceae*; Genus: *Peronosclerospora*; Species: *Peronosclerospora maydis* (Gandjar *et al.*, 2006). Jamur ini bersifat parasit obligat, yang berarti hanya dapat bertahan hidup dan berkembang pada tanaman hidup (Wakman *et al.*, 2002). Penyakit ini cepat berkembang biak karena miselium (alat perkembangbiakan) jamur *P. maydis* tumbuh didalam ruang diantara sel-sel tanaman terutama pada daun. Satu tanaman yang terinfeksi dapat dihasilkan berjuta-juta konidia (spora aseksual) (Shuttleff, 1980).

Spora *P. maydis* merupakan patogen biotrof sehingga patogen ini lebih bersifat *airborne* (tular udara) daripada *soilborne* (tular tanah). Dengan demikian terjadinya infeksi lebih banyak disebabkan oleh inokulum yang ada di tanaman terserang, terbawa angin dan menempel pada tanaman sehat. Jamur patogen juga dapat terbawa dalam biji tanaman yang sakit (Semangun, 1968).

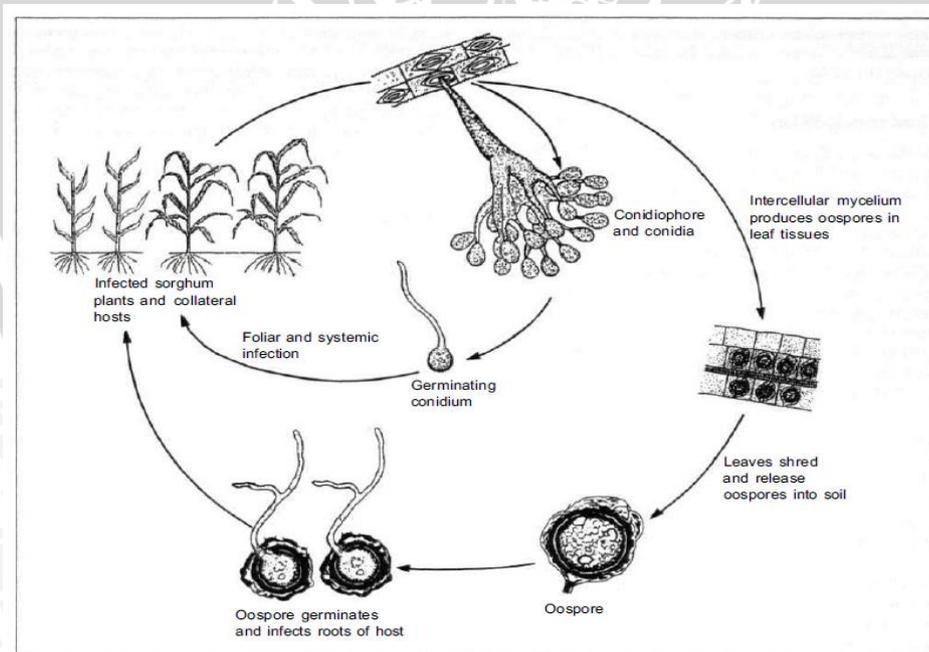


Gambar 2. Morfologi *Peronosclerospora maydis*. A. Konidiofor muda; B. Konidiofor dengan konidium; C. Sterigma dengan konidium; D. Konidium yang terlepas; E. Konidium berkecambah (Semangun, 1968).

2.2.2 Siklus Hidup *Peronosclerospora maydis*

Pada saat permukaan daun berembun, miselium membentuk konidiofor yang keluar melalui mulut kulit. Panjang konidium sangat beragam, 200-550 μm ., karena bentuknya tergantung dari tebal tipisnya lapisan embun. Konidium yang masih muda berbentuk bulat, berukuran 12-19 x 10-23 μm , dengan rata-rata 19,2-17,0 μm . Konidium tumbuh dengan membentuk pembuluh kecambah. Pembentukan konidia jamur ini meghendaki kondisi yang lembab (berembun), gelap, dengan suhu tertentu (dibawah 24⁰C). Konidium terbentuk di waktu malam pada waktu daun berembun, dan konidium segera dipencarkan oleh angin. Oleh karena embun hanya terjadi pada saat udara tenang dan apabila sudah matang, konidia akan dilepas sekitar pukul 03.00-04.00 dini hari (Semangun, 2004).

Konidium segera berkecambah dengan membentuk pembuluh kecambah yang akan mengadakan infeksi pada daun muda dari tanaman muda melalui mulut kulit (stomata). Pembuluh kecambah membentuk apresorium di muka mulut kulit ini. Konidia yang terlepas kemudian akan disebarkan oleh angin. Bila udara tenang penyebaran spora hanya dalam radius kurang dari 16 m, namun jika angin kencang, konidia bisa terbawa sampai sejauh 5 km.



Gambar 3. Siklus hidup *Peronosclerospora*
(Bock, et al., 1996)

2.2.3 Gejala Penyakit Bulai

Penyakit bulai dapat menimbulkan gejala sistemik, yang meluas ke seluruh bagian tanaman dan dapat menimbulkan gejala lokal. Ini tergantung dari meluasnya jamur penyebab penyakit di dalam tanaman yang terinfeksi. Gejala sistemik hanya terjadi bila jamur dari daun yang terinfeksi dapat mencapai titik tumbuh sehingga dapat menginfeksi semua daun yang dibentuk oleh titik tumbuh itu (Semangun, 2004).

Gejala daun yang terinfeksi berwarna klorotik, biasanya memanjang sejajar tulang daun, dengan batas yang jelas. Pada tanaman yang masih muda daun-daun yang baru saja membuka mempunyai bercak klorotis kecil-kecil. Bercak ini berkembang menjadi jalur yang sejajar dengan tulang induk menuju ke pangkal daun. Pada pagi hari, sisi bawah daun terdapat lapisan beledu putih yang terdiri dari konidiofor dan konidium jamur. Daun klorotik semakin lama menjadi semakin sempit dan kaku, akar kurang terbentuk, dan tanaman mudah rebah. Tanaman menjadi terhambat pertumbuhannya dan pembentukan tongkol terganggu sampai tidak bertongkol sama sekali (Semangun, 2004).

Tanaman yang terinfeksi gejala sistemik sejak muda dibawah umur 1 bulan pada umumnya akan mati. Gejala lainnya adalah terbentuknya anakan yang berlebihan dan daun-daun muda menggulung dan terpuntir, bunga jantan berubah menjadi massa daun yang berlebihan (Shurleff, 1980).



Gambar 4. Gejala pada daun jagung yang terinfeksi bulai (Soenartiningih, 2010).

2.2.4 Pengendalian Penyakit Bulai (*Downy mildew*)

Pengendalian yang biasanya dilakukan oleh para petani untuk menekan penyakit bulai (*Downy mildew*) diantaranya:

1. Pengendalian secara terpadu, yang mencakup penanaman serentak, pencabutan tanaman sakit dan dibakar, pengaturan pola tanam, pemakaian fungisida, penggunaan varietas tahan. Varietas tahan bulai dapat diperoleh melalui seleksi plasma nutfah yang ada atau melalui persilangan antara tetua yang terpilih.
2. Udara lembab, memungkinkan perkembangan penyakit bulai yang banyak. Oleh karena itu, tanaman yang terserang segera dicabut kemudian disemprot dengan fungisida.
3. Melakukan rotasi tanaman, hal dimaksudkan agar memutus siklus hidup penyakit.
4. Pemupukan bersamaan saat tanam juga dapat membantu mencegah serangan penyakit. Melalui pemupukan, petani menyediakan unsur hara lebih awal bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman akan tumbuh sehat dan kokoh sehingga mempunyai kekuatan untuk menangkal penyakit (Semangun, 1993)

2.3 Potensi Agens Hayati

Agens hayati menurut FAO (1997) dalam Supriadi (2006) yaitu organisme yang dapat berkembang biak sendiri seperti parasitoid, predator, parasit, arthropoda pemakan tumbuhan, dan patogen. Saat ini pemanfaatan agens hayati seperti bakteri, virus, nematoda, dan cendawan terus dikembangkan dan di masyarakatkan ke petani (Lilik, *et al.*, 2010). Pada umumnya jenis agens hayati yang dikembangkan adalah mikroba alami, baik yang hidup sebagai saprofit di dalam tanah, air dan bahan organik, maupun yang hidup di dalam jaringan tanaman (endofit) yang bersifat menghambat pertumbuhan dan berkompetisi dalam ruang dan nutrisi dengan patogen sasaran (Supriadi, 2006).

Djafaruddin (2004) menyatakan bahwa akibat yang ditimbulkan oleh agens hayati yang bersifat antagonisme adalah sebagai berikut:

- a. Habisnya persediaan bahan makanan bagi organisme lawan (patogen).

- b. Terjadinya pergeseran pH optimum sebagai akibat dari hasil metabolisme yang dibutuhkan organisme lain.
- c. Diproduksi zat-zat toksin yang bersifat meracuni organisme lawan.

Beberapa bakteri yang telah banyak dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai agens pengendali bakteri patogen tanaman (antagonis) adalah *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Streptomyces* spp. Selain sebagai agens pengendali hayati, bakteri ini juga dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria* / PGPR) (Desmawati, 2006) dan agens biokontrol. Selain itu, data dari Balai Penelitian Tanaman Hias yang berada di Cianjur-Jawa Barat tahun 2004, beberapa rhizobakteria sedang dikembangkan khususnya yang berasal dari golongan *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp.

2.4 Potensi Bakteri Antagonis *Bacillus* sp.

Agrios (2005), mengklasifikasikan *Bacillus* sp. Kingdom: *Procaryotae*, Divisio: *Firmicutes*, Kelas: *Firmibacteria*, Famili: *Bacillaceae*, Genus: *Bacillus*, Spesies: *Bacillus* sp.. Bakteri ini juga digolongkan sebagai bakteri heterotrofik, yaitu bersifat uniseluler, termasuk dalam golongan mikroorganisme dekomposer. *Bacillus* mudah ditemukan di tanah dan air. Beberapa jenis dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis protein dan polisakarida kompleks.

Bacillus sp. merupakan bakteri gram positif, bergerak dengan adanya flagel, bersifat aerobik atau fakultatif anaerobik serta bersifat katalase positif. Bakteri ini tidak menyebabkan penyakit pada tanaman, dapat hidup dalam kondisi anaerob (tanpa oksigen), dan membentuk spora. Beberapa organisme mampu menghasilkan enzim kitinase, dimana enzim ini dapat mendegradasi kitin menjadi N-asetilglukosamin. Organisme pendegradasi kitin yang umumnya berasal dari kelompok bakteri, salah satunya yakni berasal dari golongan *Bacillus*. Beberapa senyawa antimikroba juga dihasilkan oleh *Bacillus* diantaranya senyawa *basitrasin*, *basilin*, *basilomisin B*, *difisidin*, *oksidifisidin*, *lesitinase*, *subtilisin* (Supriadi, 2006), selain itu juga menghasilkan senyawa *fengymycin* yang diketahui sebagai antifungal, dan banyak senyawa peptid antibiotik lainnya yang diproduksi oleh *Bacillus* sp. (Stein, 2005).

Bakteri ini juga membentuk endospora (Pelczar *et al.*, 1976). Endospora berbentuk bulat, oval, elips atau silinder, yang terbentuk di dalam sel vegetatif. Endospora tersebut membedakan *Bacillus* dari tipe-tipe bakteri pembentuk eksospora. Spora *Bacillus* pertama kali di deskripsikan oleh Cohn pada tahun 1872. Cohn menunjukkan bahwa spora tersebut mempunyai resistensi yang lebih dibandingkan sel vegetatifnya (Gherna, 1981). Endospora yang dihasilkan oleh *Bacillus* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap faktor kimia, fisika, seperti suhu ekstrim dan alkohol. Jenis-jenis tersebut mengandung *Dipicolimic Acid* (DPA) dan mereka mempunyai derajat dormansi unparalel pada bentuk kehidupan yang lain. Spora tersebut membawa siklus perkembangan dimana sel vegetatif dapat membentuk spora kemudian dapat tumbuh berkecambah menjadi sel vegetatif (Keynan dan Sandler, 1983).

Beberapa spesies dari *Bacillus* diketahui berpotensi sebagai agens hayati, seperti *Bacillus* sp. dilaporkan efektif terhadap *Puccinia pelargonizionalis* penyebab penyakit karat pada pelargonium (Rytter *et al.*, 1989 dalam Suhardi *et al.*, 2007), terhadap *Eutypa lata* penyebab penyakit mati pucuk pada anggur (Ferreira *et al.*, 1991 dalam Suhardi *et al.*, 2007), penyakit pustul daun kedelai (*Xanthomonas campestris* pv. *glycines*), mampu menekan serangan bakteri busuk batang berlubang dan meningkatkan pertumbuhan tanaman tembakau (Masnilah *et al.*, 2006). Selain itu, penelitian Sadoma *et al.*, (2011), penggunaan *Bacillus* sp. mampu menekan penyakit bulai jagung yang disebabkan oleh jamur patogen *Peronosclerospora sorghi*.

2.5 Potensi Bakteri Antagonis *Pseudomonas* sp.

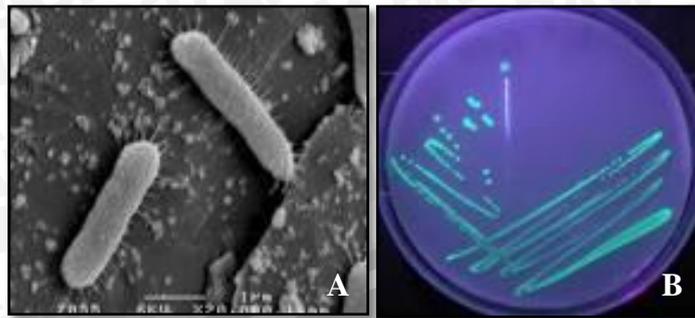
Klasifikasi bakteri *Pseudomonas* secara ilmiah. Kingdom: *Bacteria* Filum: *Proteobacteria*, Kelas: *GammaProteobacteria*, Ordo: *Pseudomonales*, Famili: *Pseudomonadaceae*, Genus: *Pseudomonas*. Morfologi dari genus *Pseudomonas* ini adalah seltunggal, batang lurus atau melengkung, namun tidak berbentuk heliks, pada umumnya berukuran 0.5-1.0 μm . Biasanya motil dengan flagelum polar : monotriks atau multitriks, bereaksi negatif terhadap pewarnaan Gram. Beberapa spesies merupakan kemolitotrof fakultatif, dapat menggunakan H_2 atau CO sebagai sumber energi (Pelczar dan Chan, 2006).

Pseudomonas sp. merupakan bakteri gram negatif yang sebagian besar bersifat non-patogenik dan saprofitik. Bakteri ini banyak ditemukan secara luas baik di tanah, air tawar, air laut juga sering sekali ditemukan pada bagian tanaman (permukaan daun dan akar), sisa tanaman yang membusuk (sisa-sisa makanan yang membusuk, dan kotoran hewan Bradbury, 1986 dalam Supriyadi, 2006).

Haas dan Devago (2005), *Pseudomonas* sp. dapat mengeluarkan senyawa antibiotik (antifungal), siderofor, dan metabolit sekunder lainnya yang sifatnya dapat menghambat aktivitas jamur. Bakteri ini memproduksi pigmen biru kehijauan pada saat kandungan Fe (besi) yang rendah serta dapat tumbuh baik pada media yang mengandung garam-garam mineral dengan tambahan sumber karbon yang beragam (Ratdiana, 2007). Siderofor berfungsi mengikat ion Fe^{3+} dari lingkungan sehingga patogen tidak dapat memanfaatkan senyawa tersebut dan mengakibatkan pertumbuhan jamur terhambat (Leong 1988 dalam Hamdan *et al.*, 1991). Antibiotik tersebut berperan dalam menekan perkembangan patogen yang ada di lingkungan pertanaman sehingga *Pseudomonas* sp. dapat berkembang secara optimal (Mazolla *et al.*, 1992).

Senyawa antibiotik lainnya yang dihasilkan bakteri ini antara lain *pyrrolnitrin*, *pyoluteorin* (PLT), *phenazine-1-carboxylase* (PCA) dan *2,4-diacetylphloroglucinol* (PHL) (Duffy dan Defago, 1999). Hamdan *et al.*, (1991) menyatakan bahwa antibiotik PCA menjadi faktor utama dalam menekan kejadian penyakit padatanaman. Sedangkan, siderofor yang dihasilkan antara lain *ptochelin* dan *pyovedrin*. Keduanya merupakan pigmen berwarna kuning kehijauan, tetapi pigmen yang dihasilkan oleh *pyovedrin* lebih cerah daripada *ptochelin*, hal tersebut terlihat sangat jelas pada medium King's B koloni terlihat berpendar bila terkena sinar UV.

Pseudomonas sp. juga mempunyai kemampuan untuk menginduksi ketahanan pada tanaman yang diinokulasi. Induksi ketahanan yang bersifat sistemik merupakan salah satu 'mode of action' dari *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* (Van *et al.*, 1991). Salah satu bentuk pengendalian yang menggunakan respon pertahanan alami dari tanaman antara lain melalui produksi fitoaleksin, lignifikasi sel atau mekanisme lainnya untuk melindungi tanaman dari serangan patogen (Wheeler, 1975).



Gambar 5. Bakteri *Pseudomonas* sp.; A) Sel *Pseudomonas* sp.; B) Kenampakan pertumbuhan *Pseudomonas* sp. pada media King's B dibawah sinar UV

Bakteri *Pseudomonas* sp. telah dimanfaatkan sebagai agens hayati untuk beberapa jamur dan bakteri patogen tanaman. Pada tanah dan daerah rizosfer tanaman. *Pseudomonas* sp. mengkolonisasi tanah, permukaan tanaman dan memanfaatkan bahan organik sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya. *Pseudomonas* sp. juga dilaporkan efektif terhadap penyakit layu pada kacang tanah, *Ralstonia solanacearum* (Yusriadi 2000, Hanudin dan Marwoto 2002 dalam Suhardi *et al.*, 2006), terhadap *Eutypa lata* penyebab penyakit mati pucuk pada anggur (Ferreira *et al.*, 1991 dalam Suhardi *et al.*, 2006), terhadap *Schlerotium rolfsii* penyebab busuk batang pada kacang tanah (Soetanto *et al.*, 2003), dan terhadap *Puccinia arachidis* penyebab karat, serta *Cercosporidium personatum* pada kacang tanah (Sudjono, 2003).

2.6 Mekanisme Bakteri dalam Mengendalikan Patogen

Mekanisme pengendalian penyakit oleh golongan bakteri ini bersifat langsung dan tidak langsung dengan memasukkan sintesis dari beberapa metabolit (auksin, sitokinin dan giberelin), menginduksi *1-aminocyclopropane-1-carboxylate* (ACC), *diaminase*, memproduksi *siderophore*, antibiotik, HCN dan senyawa volatil. Kemampuan yang lainnya adalah meningkatkan daya larut mineral (misalnya fosfor) (Adesemoye *et al.*, 2008). Ongena *et al.*, (1999) dalam Mukaromah (2005), *siderophore* berperan dalam mekanisme *induced systemic resistance* (ISR). Pada kondisi ini, *siderophore* menghasilkan senyawa *pyoverdin*, *pyocelin* dan asam salisilat. Asam salisilat tersebut berperan sebagai transduksi signal yang mengaktifkan gen-gen penginduksi pembentukan *systemic acquired*

resistant (SAR) (Wahyuni, 2001). Ketahanan yang terbentuk tersebut efektif menekan perkembangan patogen termasuk cendawan, bakteri, dan virus (Chivasa *et al.*, 1997). Banyak kajian menyatakan bahwa akumulasi asam salisilat berasosiasi dengan respon fisiologi tanaman terhadap serangan penyakit (Saikia *et al.*, 2006).

Agens pengendali hayati golongan bakteri dalam mengendalikan patogen pada dasarnya memiliki 3 mekanisme yaitu:

1. Hiperparasitisme: terjadi apabila organisme antagonis memparasit organisme parasit (patogen tumbuhan).
2. Kompetisi ruang dan hara : terjadi persaingan dalam mendapatkan ruang hidup dan hara, seperti, karbohidrat, nitrogen, ZPT, dan vitamin.
3. Antibiosis: terjadi penghambatan atau penghancuran suatu organisme oleh senyawa metabolit yang di produksi oleh organisme lain.

Aktivitas penghambatan senyawa anti mikroba secara umum dapat dilakukan dengan berbagai mekanisme, diantaranya adalah :

1. Merusak dinding sel dengan cara menghambat pembentukan maupun merubah setelah terbentuk.
2. Perubahan permeabilitas sel, kerusakan pada membran ini berakibat terhambatnya pertumbuhan sel atau matinya sel, karena membran bertujuan untuk memelihara integritas komponen-komponen seluler.
3. Perubahan molekul protein dan asam nukleat
4. Penghambatan kerja enzim yang mengakibatkan terganggunya metabolisme sel atau matinya sel.
5. Penghambatan sintesa asam nukleat dan protein yang berakibat terganggunya Aktivitas metabolisme karena DNA, RNA dan protein memegang peranan penting dalam mekanisme sel secara normal (Pelczar dan Chan, 2005 *dalam* Ulya, 2009).

2.7 Mekanisme Penghambatan Perkecambahan Spora

Terdapat beberapa langkah yang harus dilalui sebelum akhirnya infeksi dari patogenitas dapat berlangsung. Langkah-langkah tersebut dapat diurutkan sebagai berikut. Adhesi spora dan hifa ke permukaan tumbuhan, perkecambahan

spora, pembentukan appresoria dan hifa penetrasi, pembentukan struktur infeksi primer, pengenalan (*recognition*) dan pensinyalan (*signalling*), pengembangan hifa infeksi dan haustoria dalam jaringan inang, serta patogenesisitas dan kolonisasi (Carroll dan Tudzynski, 1997 dalam Gafur, 2003).

Appresoria dibentuk pada ujung tabung kecambah sebagai organ untuk menyangga hifa penetrasi. Appresoria ini juga berfungsi sebagai alat bagi jamur patogen untuk memasuki jaringan tumbuhan inang (Dean, 1997 dalam Gafur, 2003). Pada jamur biotrof seperti karat dan bulai pembentukan appresoria dan penetrasi diikuti oleh sekresi enzim hidrolitik. Selain itu fase penting lainnya dalam siklus hidup jamur yaitu pembentukan spora (sporulasi). Sporulasi jamur penting bagi proses dispersi, sehingga dapat menyebar lewat tanaman inang, maupun berperan dalam proses dormansi koloninya. Oleh karena itu, sebelum dapat bergeminasi, proses pembentukan spora atau sporulasi harus dicegah, guna menghindari infeksi tanaman yang berkelanjutan (Aist dan Bushnell, 1991; Vidhyasekaran, 1997 dalam Gafur, 2003).

