

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Eucalyptus pellita*

Tinggi rata-rata *E. pellita* berkisar 40 m dan diameter berkisar 1 m. *E. pellita* memiliki batang lurus, kulit batang kasar dan pecah-pecah, kulit *Eucalyptus pellita* tebal dan berwarna coklat. Memiliki ranting yang kecil. (Orwa *et al.*, 2009). Perkecambahan rata-rata 125 – 127 kecambah pergram (Irwanto, 2006).

Daun pada bibit *E. pellita* berlawanan sekitar 4-7 pasang berbentuk bulat telur yang berukuran 5,15 x 1,6-7 cm, berwarna hijau. Daun *E. pellita* dewasa biasanya berbentuk meruncing panjang, permukaan halus, dengan ukuran 10-15 x 2-4 cm, berwarna hijau (Orwa *et al.*, 2009). Daunnya berbentuk bulat telur memanjang dan bagian ujungnya runding membentuk kait. Pada pohon yang masih muda letak daunnya berhadapan, bentuk dan ukurannya sering berbeda dan lebih besar dari pada pohon tua. Pada umur tua, letak daun berselang-seling (Irwanto, 2006).

Pembungaan sederhana, aksila, biasanya 7 bunga jarang terjadi 3 atau 9 bunga. Luas *penduncles* rata-rata 1-2,5 cm. *Pedikel* sesekali tidak ada, tetapi biasanya gemuk dengan panjang sudut 1-9 mm. Tunas dengan *hypanthia bconical*, biasanya dengan tulang rusuk dari *pedikel* dengan panjang 9-12 x 6-12 mm. Bentuk *opeculum* sangat bervariasi, umumnya bercotok dan sekitar 1-1,5 kali panjang *hypanthium* (Orwa *et al.*, 2009). Taksonomi *E. pellita* meliputi: Phylum Magnoliophyta, classis Magnoliopsida, subclass Rosidae, ordo Myrtales, familia Myrtaceae, genus *Eucalyptus*, dan species *Eucalyptus pellita* F. Muell (Irwanto, 2006).

Habitat alami *E. pellita* ditemukan dalam formasi hutan terbuka dengan sejumlah besar species lain *Eucalyptus*. Dapat tumbuh pada topografi miring. Tumbuh cepat dilahan yang lembab, biasanya terdapat di daerah dataran tropis dan membutuhkan seragaman curah hujan musim panas. Termasuk species yang tahan (Orwa *et al.*, 2009).

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Diarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

E. pellita dapat tumbuh di ketinggian 0-800 m, dengan suhu maksimum dibulan kering mencapai 24-34 °C dan suhu rata-rata dibulan basah 4°C-9°C. Rata-rata curah hujan 900-4000 mm/tahun. Jenis tanah muai dari pasir dangkal di pergunungan batu pasir dan hutan lebat tanah liat (Orwa *et al.*, 2009).

2.2. Rizobakter

Rizobakter adalah bakteri yang dapat ditemukan pada rizosfir tanaman, di permukaan akar atau berasosiasi dengan akar berbagai jenis tanaman (Taufik dkk., 2010). Populasi mikroorganisme rizosfer biasanya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah bukan rizosfer. Mikroorganisme rizosfer dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, bermanfaat atau menjadi patogen tanaman (Simatupang, 2008).

Rizobakter dapat bermanfaat bagi tanaman, antara lain melalui penyediaan unsur hara N dengan cara menambatnya dari udara, penyediaan unsur hara P melalui pelarutan unsur P dari bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman menjadi bentuk tersedia, antara lain melarutkan Al-P, Fe-P, Ca-P, dan mineralisasi P dalam bahan organik (fitat). Selain itu, bakteri juga dapat menghasilkan faktor tumbuh yang berpengaruh positif terhadap tanaman (Hajoenigtjas, 2012).

Rizobakter yang dapat digunakan untuk menekan insiden penyakit melalui mekanisme induksi ketahanan secara sistemik atau menghasilkan hormon tumbuh disebut *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) (Quintao dkk., 2015). Dewi dkk. (2015) juga menyatakan PGPR mampu menghasilkan hormon tumbuhan auxin, giberellin dan sitokinin, sebagai pelarut fosfat dan fiksasi nitrogen. Widiastuti (2015) menyatakan keberadaan rizobakter berperan sebagai pupuk hayati dapat menjadi satu faktor penting ketersediaan dan kelarutan hara bagi tanaman yang berdampak kepada peningkatan produksi tanaman.

2.2.1. Bakteri Pelarut Fosfat

Bakteri pelarut fosfat adalah bakteri yang mempunyai kemampuan untuk melarutkan P organik menjadi bentuk fosfat terlarut yang tersedia bagi tanaman. Bakteri yang berpotensi sebagai pelarut fosfat yang menunjukkan adanya zona bening (*holozone*) yang terbentuk di sekitar bakteri menunjukkan kemampuan bakteri secara aktif memecah tri-kalsium fosfat pada media *Pikovskaya* (Puspita dkk., 2015).

Bakteri pelarut fosfat berlangsung karena bakteri pelarut fosfat melepaskan senyawa organik (asam-asam organik) yang mampu membuat kation-kation pengikat P menjadi tidak aktif karena berikatan dengan senyawa organik yang dilepaskan oleh bakteri. Sifat asam organik tersebut lebih penting dibandingkan jumlahnya. Efektivitas asam-asam organik tersebut tergantung pada kondisi lingkungan mikro di dalam tanah. Jika tanah tempat tumbuh tanaman tersebut mempunyai kation-kation yang sangat banyak dan mempunyai kemampuan fiksasi P sangat besar maka inokulasi bakteri pelarut fosfat tidak akan bermanfaat (Hajoenigtijas, 2012).

Hasil penelitian Setiawati dan Miharja (2008) menyimpulkan bahwa bakteri pelarut fosfat yaitu *Pseudomonas putida* dan *Pseudomonas diminuta* teridentifikasi menghasilkan asam-asam organik yaitu asam sitrat, format, suksinat, asetat, propionate, butirrat, dan oksalat. Kedua BPF juga menghasilkan enzim alkaline phosphatase, antibiotika tetracycline, oksitetra cycline dan penisilin. Secara *in vitro* dapat menghambat pertumbuhan fungi patogen (*Rhizoctonia solani*). Hasil penelitian Mukamto dkk. (2015) sebanyak 36 jenis isolat yang diperoleh dari isolasi sampel tanah rizosfer tanaman *Leguminosae*, kelompok *Bacillus* sp. yang lima di antaranya memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat.

Keberhasilan proses pelarutan bergantung pada temperatur, kelembaban, pH, suplai makanan, dan kondisi lingkungan selama pertumbuhan mikroba dalam kultur (Kasmita, 2010). Asam organik akan mempengaruhi pH media. Hal ini sesuai dengan hasil analisis pH media sebelum inokulasi yaitu 6,11 dan setelah inokulasi menjadi 5,03. Asam sitrat memineralisasi bentuk P-organik menjadi P-anorganik (Setiawati dan Miharja, 2008).

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2.2. Bakteri Penghasil Hormon IAA

Bakteri yang mampu menghasilkan hormon auksin atau dapat disebut IAA (*Indole Acetic Acid*) secara kualitatif akan berwarna merah muda ketika ditumbuhkan pada media TSB dengan *precursor L-Tryptophan* dan ditetesi dengan reagen Salkowski dan diinkubasi dalam ruang gelap selama 1 jam (Dewi dkk., 2015). Pada penelitian Silitonga dkk. (2013) diperoleh IAA dengan konsentrasi yang bervariasi yang dihasilkan oleh masing-masing isolat dengan uji kualitatif. Pada penelitian Sukmadewi dkk. (2015) Bakteri yang berpotensi menghasilkan hormon IAA tertinggi yaitu 32,84 ppm. Hasil tertinggi ini didapatkan pada waktu inkubasi 48 jam. Hasil percobaan sutariati dkk. (2006) menunjukkan bahwa bakteri kelompok *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Serratia* sp. diuji mampu memproduksi auksin IAA jika ditumbuhkan dalam media dengan penambahan asam amino *tryptophan*.

Peningkatan konsentrasi IAA yang dihasilkan berbanding lurus dengan pertumbuhan koloninya yang terus mengalami peningkatan, namun ada beberapa bakteri lainnya, meskipun terus mengalami peningkatan jumlah bakteri, tetapi konsentrasi IAA mengalami penurunan. Produksi IAA dengan jumlah koloni bakteri meningkat seiring umur bakteri sampai pada fase stasioner. Beberapa isolat masih berada pada fase stasioner sampai hari ke-6, sehingga terus mengalami peningkatan jumlah koloni dan konsentrasi IAA. Beberapa isolat telah mengalami puncak fase stasioner pada hari ke-4, dan mengalami penurunan konsentrasi IAA pada hari ke-6 (Silitonga dkk., 2013).

2.2.3. Bakteri Penghasil Siderofor

Siderofor (*siderophore*) adalah senyawa pengompleks Fe^{3+} atau pengkhelat besi spesifik yang dihasilkan oleh beberapa jenis mikroba untuk menyembunyikan unsur besi di lingkungan rizosfir, sehingga tidak tersedia bagi perkembangan mikroba patogen. Kondisi ini umumnya terjadi pada tanah-tanah bereaksi netral sampai basa dimana kelarutan unsur Fe^{3+} rendah. Namun dalam beberapa kasus, pengkhelatan Fe^{3+} dari mineral FeP pada tanah-tanah masam pernah pula dilaporkan (Husein, 2007). Siderofor merupakan molekul yang memiliki bobot molekul relatif rendah, sebagai agens spesifik pengelat ion Fe yang diuraikan oleh bakteri, cendawan, dan tumbuhan kelompok rumput-rumputan yang tumbuh pada

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

keadaan cekaman lingkungan akibat Fe rendah. Siderofor memiliki afinitas tinggi untuk Fe^{3+} dan dapat memfasilitasi transportasi besi seluler (Yasmin, 2019).

Penelitian Agustiansyah, dkk. (2013) Isolat rizobakteri yang diuji menghasilkan senyawa siderofor dan dari isolat *Bacillus subtilis* menghasilkan aktifitas siderofor tertinggi, diikuti isolat *Pseudomonas aeruginosa*, dan isolat *Pseudomonas diminuta*. Husein (2007) menyatakan media agar Fe-CAS dapat digunakan untuk keperluan isolasi bakteri siderofor dari sampel tanah, rizosfir, maupun dari akar tanaman.

Produksi siderofor merupakan mekanisme kompetisi nutrisi yang dilakukan oleh agensia hayati dengan patogen. Bakteri *Chromobacterium* sp., dan *Kitasatospora nipponensis* strain mampu memproduksi siderofor dan dapat menghambat pertumbuhan *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Kurniawati dkk., 2015).

2.2.4. Bakteri Antagonis

Bakteri antagonis adalah bakteri yang dapat menghambat pertumbuhan patogen. Banyak strain yang diisolasi dari dalam tanah diketahui merupakan strain antagonis yang dapat menghambat pertumbuhan strain patogen. Kedua patogen ini dapat diketahui apakah bersifat patogen atau antagonis dengan melakukan uji patogenesis pada tanaman inang. Kelompok bakteri dari genus *Arobacterium* dan *pseudomonas* banyak dimanfaatkan sebagai agen pengendalian biologi. (Hajoenigtjas, 2012).

Rizosfer merupakan daerah yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan mikrob antagonis. Nutrisi yang disekresikan tanaman ke dalam rizosfer banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan selanjutnya mempengaruhi kelimpahan dan keragaman mikrob di daerah tersebut. Terdapat 10 isolat bakteri yang mampu menghambat pertumbuhan *R. Solanacearum* dan *F. oxysporum* secara *in vitro* dari total 74 isolat bakteri (Kuswinanti dkk., 2014).

Perlakuan bakteri antagonis *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. dapat menghambat pertumbuhan jamur patogen *Sclerotium rolfsii* secara *in vitro*. Penghambatan tertinggi ditunjukkan oleh bakteri *Bacillus* sp.. Bakteri antagonis *Bacillus* sp. mampu menekan penyakit rebah semai secara *in vivo* (Abidin dkk., 2015). Pemberian bakteri antagonis dapat meningkatkan kandungan senyawa

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

fenol (glikosida, saponin, dan tannin) pada tanaman. Bakteri antagonis *P. fluorescens* P60 mampu mengimbas ketahanan tanaman terhadap mikroba patogen (Soesanto dkk., 2010). Beberapa rizobakter yang menghasilkan aktivitas biologi berupa penghasil IAA, pelarut fosfat, penghasil siderofor dan sebagai bioprotektan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Hasil Aktivitas Biologi beberapa Rizobakter

No.	Nama Rizobakter	Hasil Aktivitas Biologi			
		IAA	Pelarut Fosfat	Siderofor	Bioprotektan
1	<i>Pseudomonas</i> sp.	+ ¹⁾	+ ²⁾	+ ³⁾	+ ^{4), 6)}
2	<i>Bacillus</i> sp.	+ ¹⁾	+ ⁷⁾	+ ³⁾	+ ⁴⁾
3	<i>Serratia</i> sp.	+ ¹⁾	-	-	-
4	<i>Chromobacterium</i> sp.	-	-	+ ⁵⁾	-
5	<i>Kitasatospora nipponensis</i> strain	-	-	+ ⁵⁾	-
6	<i>Arobacterium</i>	-	-	-	+ ⁶⁾

Keterangan: 1) Setiawati dan Miharja, 2008; 2) Sutariati, dkk., 2006; 3) Agustiansyah, dkk., 2013; 4) Abidin, dkk., 2015; 5) Kurniawati, dkk., 2015; 6) Hajoenigtijas, 2012; 7) Mukamto, dkk., 2015.

2.3. Patogen *E. pellita*

2.3.1. *Ralstonia solanacearum*

Tanaman yang terserang oleh bakteri *R. Solanacearum* dapat dilihat dari gejala awalnya tanaman terlihat segar pada pagi atau sore hari namun akan layu pada siang hari. Hal ini disebabkan karena aliran air dari akar ke daun dan batang tidak lancar karena disumbat oleh massa bakteri, sehingga tanaman akan kekurangan air dan akhirnya layu (Simanjuntak dkk., 2014).

Hasil penelitian Nasrun dkk. (2007) menunjukkan bahwa penyakit layu bakteri nilam berupa gejala daun layu dimulai dari daun pucuk diikuti daun bagian bawah dalam waktu cepat. Gejala diikuti dengan terjadinya pembusukan akar dan pangkal batang dan dijumpai adanya penyumbatan pembuluh kayu oleh massa bakteri patogen.

R. solanacearum menginfeksi akar tanaman melalui luka yang terjadi secara tidak langsung. Gejala-gejala penyakit ini adalah seluruh tanaman layu, daun menguning untuk kehitaman-coklat, dan akhirnya tanaman mati. Dalam media kultur yang terkandung *Triphenyl Tetrazolium Chloride* (TZC) bakteri cenderung membentuk koloni putih dan bentuk bulat tidak teratur (Simanjuntak dkk., 2014).

Pemberian isolat *Pseudomonas fluorescens* dapat menunjukkan zona hambatan patogen *R. solanacearum* dengan kisaran 0,4–6,9 cm. Penyiraman dengan suspensi isolat *Pseudomonas fluorescens* dapat mengurangi persentase layu pada kacang tanah. Persen layu pada kacang tanah setelah dilakukan penyiraman *psedomonas florescens* sekitar 7,17% (Suryadi, 2009).

2.3.2. *Cylindrocladium* sp.

Cylindrocladium sp. menurut Old *et al.* (2003) merupakan jenis fungi yang menyebabkan penyakit pada pembibitan termasuk akar dan leher akar. Gejala yang terlihat berupa hawar tunas, hawar daun dan bercak daun. Patogen ini akan berkembang apabila cuaca dalam keadaan lembab yang diakibatkan cuaca lokal lembab ataupun penyiraman tanaman yang berlebihan.

Serangan *Cylindrocladium* sp. di lapangan umumnya terlihat pada tahap perbanyak bibit. Gejala yang diakibatkan oleh patogen ini meliputi mati pucuk, bercak daun, kanker batang, dan busuk akar. Gejala penyakit ini merupakan penyakit yang banyak ditemukan pada lokasi pembibitan. *Cylindrocladium* sp. banyak menyerang tanaman pembibitan pada daun muda sampai dengan daun tua yang dapat mengakibatkan daun tidak bisa berfotosintesis (Hutajulu dkk., 2015).

Spesies *Cylindrocladium* sp. biasanya dapat bertahan dalam tanah karena adanya dinding tebal klamidiospora dan propagulnya yang melakukan penularan pertama di bawah tegakan *Eucalyptus*. Penularan biasanya muncul pada daun dari cabang bawah dan menyebar sampai mahkota. Penyakit ini paling nyata ditemukan di persemaian batang pohon dimana serangannya menjadi sangat luas (Old *et al.*, 2013)

Metode perbanyak stek pucuk (*cutting*) yang diambil dari *mother plant* hasil persilangan dua jenis *Ecalyptus* yang berbeda. Metode perbanyak ini memiliki resiko serangan yang tinggi. Luka bekas pemotongan pada pucuk tanaman menyebabkan jamur maupun patogen dengan mudah dalam penetrasi ke dalam jaringan tanaman. Bila *Cylindrocladium* sp. telah menginfeksi jaringan tanaman dari luka pemotongan, maka gejala serangan akan sangat cepat terlihat (Hutajulu dkk., 2015).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil penelitian Suharti dan Kurniaty (2013) gejala yang disebabkan cendawan *Cylindrocadium* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., dan *Pestalotia* sp., mempunyai gejala yang hampir mirip yaitu ditandai dengan adanya noda atau bercak berwarna coklat muda sampai coklat tua. Bentuk bercak dari bulat sampai tidak beraturan. Bercak satu sama lain terpisah yang lambat laun bercak membesar dan menyatu.

Gejala awal penyakit yang disebabkan *Cylindrocladium* sp. menurut Hutajulu dkk. (2015) ditandai dengan munculnya bercak kekuningan pada daun. Bercak juga gejala akhir menyebabkan kematian jaringan pada daun. Pada tahap gejala lanjutan atau serangan yang parah, bercak nekrotik akan menutupi seluruh permukaan daun dan akan mematikan pada ujung tunas muda kadang terlihat seperti kekurangan unsur hara (*nekrosis*). Serangan dari infeksi ini berupa gagalnya pucuk tanaman untuk menumbuhkan akar, batang tampak menghitam (biasanya hifa berwarna putih terlihat pada sekeliling batang), serta daun biasanya gosong, layu maupun rontok. *Cylindrocladium* sp., jika pada media PDA berpenampilan warna putih dan akan menebal hingga berwarna coklat dan penyebaran merata ke segala arah.

Cylindrocladium sp. mempunyai hifa yang bersekat, hifa membentuk konidiofor yang pada ujungnya bercabang dan menghasilkan konidia sebagai spora vegetatif (aseksual). Pada ujung hifa steril terdapat bagian yang menggelembung seperti gada disebut *vesikel*. Konidia berbentuk panjang (batang) bersekat 4. Pada media PDA fungi dapat membentuk spora yang berdinding tebal untuk mempertahankan diri dari lingkungan yang tidak menguntungkan atau sering disebut spora istirahat/dorman atau klamidospora (Suharti dan Kurniaty, 2013).