

**UJI BEBERAPA KONSENTRASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN  
PENYAKIT BUSUK BASAH OLEH BAKTERI *Erwinia caratovora* PADA TANAMAN  
SAWI (*Brassica juncea* L.)**

**EFFECT OF SOME CONCENTRATION OF *Bacillus* sp. ON CONTROLLING  
WET ROT DISEASE BY *Erwinia caratovora*  
IN MUSTARD (*Brassica juncea* L.)**

Arman, Fifi Puspita, Muhammad Ali  
Email : [omak\\_man@yahoo.com](mailto:omak_man@yahoo.com)

**ABSTRACT**

This study aimed to obtain the concentration of *Bacillus* sp. which is capable to control wet rot disease caused by *Erwinia caratovora*. The study was conducted at the Laboratory of Plant Diseases and at the home screen of the Agriculture Faculty, University of Riau. Research has been conducted experimentally using a completely randomized design (CRD) consisting of 6 treatments and 4 replications. The treatment used is *Bacillus* sp. concentrations, which are: without giving *Bacillus* sp. (B0), the concentration of *Bacillus* sp.  $10^6$  cfu/ml (B1), the concentration of *Bacillus* sp.  $10^7$  cfu/ml (B2), the concentration of *Bacillus* sp.  $10^8$  cfu/ml (B3), the concentration of *Bacillus* sp.  $10^9$  cfu/ml (B4) and the concentration of *Bacillus* sp.  $10^{10}$  cfu/ml (B5). The data were statistically analyzed using analysis of variance, followed by Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) at the level of 5%. The results showed that the concentrations of *Bacillus* sp. at  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$  and  $10^{10}$  cfu/ml capable in reducing the intensity of *E. caratovora* infection on mustard plants compared to without giving *Bacillus* sp. The concentration of *Bacillus* sp. at  $10^8$ ,  $10^9$  and  $10^{10}$  cfu/ml produce more number of colonies in the planting medium and it is able to stimulate a better plant growth than other concentration which increase the plant height, wet weight and the feasible weight crop for consumption.

**Keyword:** *Bacillus* sp., *Erwinia caratovora*, wet rot disease, mustard.

**PENDAHULUAN**

Sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu komoditi sayuran berdaun lebar yang sangat potensial untuk dibudidayakan karena tingginya kebutuhan masyarakat akan sayuran. Hal ini sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kesadaran masyarakat akan pentingnya fungsi sayuran terhadap kesehatan manusia. Nilai gizi yang terkandung dalam setiap 100 g berat basah sawi adalah protein 2,3 g, kalori 22,0 Kal, lemak 0,3 g, karbohidrat 4,0 g, serat 1,20 g, kalsium 220,0 mg, fosfor 28,40 mg, besi 2,9 mg, vitamin A 1.940,0 mg, vitamin B1 0,09 mg, vitamin B2 0,10 mg, vitamin B3 0,70 mg dan vitamin C 102,0 mg (Cahyono, 2003).

Peningkatan kebutuhan masyarakat akan sayuran tidak selalu diikuti oleh tingginya produksi sayuran khususnya di Riau. Produksi sawi di Riau pada tahun 2010 dan 2011 masing-masingnya hanya 2.96 ton/ha dan 2.42 ton/ha (Badan Pusat Statistik Riau, 2012), lebih rendah dibandingkan produksi sawi di tahun 2008 dan tahun 2009, masing-masingnya mencapai 4,03 ton/ha dan 4 ton/ha (Badan Pusat Statistik Riau, 2010).

Rendahnya produksi sawi ini disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah akibat adanya serangan hama dan penyakit tanaman. Salah satu penyakit penting yang dapat ditemukan pada tanaman sawi adalah penyakit busuk basah yang disebabkan oleh bakteri *Erwinia caratovora*. Hasil penelitian Puspita *et al.* (2005) menyimpulkan bahwa intensitas penyakit busuk basah umumnya adalah 25% dan bahkan pada kondisi lingkungan

mendukung, intensitas serangan dapat mencapai 50%, sehingga diperlukan suatu upaya pengendalian yang tepat.

Upaya pengendalian yang selama ini banyak dilakukan oleh petani adalah penggunaan pestisida sintetis. Penggunaan pestisida kimia sintetis dalam jangka panjang dapat membunuh mikroorganisme non patogen, meracuni manusia karena penggunaan dosis yang tidak tepat, meracuni hewan dan mencemari lingkungan, terjadinya resistensi patogen dan munculnya ras-ras fisiologi baru. Oleh karena itu perlu dicari solusi yang lebih tepat dalam mengendalikan penyakit busuk basah yaitu dengan menggunakan metode pengendalian hayati.

Pengendalian hayati dengan menggunakan mikroba-mikroba antagonis memiliki beberapa keunggulan antara lain : ramah lingkungan, tidak membahayakan makhluk hidup, biaya yang tidak mahal dan dapat memperoleh hasil pertanian yang aman bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Mikroba-mikroba ini dapat mengendalikan patogen penyebab penyakit dengan cara kompetisi, menghasilkan antibiotik, mendegradasi dinding sel patogen dan meningkatkan ketahanan tanaman.

Salah satu mikroba yang dapat digunakan dalam pengendalian hayati adalah bakteri *Bacillus* sp. Bakteri ini merupakan mikroorganisme non-patogen yang dapat mengendalikan penyakit pada tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, mikroorganisme ini bersifat antagonis dalam mengendalikan patogen terutama patogen tular tanah, sedangkan efek tidak langsung mikroorganisme antagonis ini dapat menginduksi ketahanan tanaman (Habazar, 1993).

Aplikasi bakteri *Bacillus* sp. yang bersifat antagonis telah banyak dilakukan dan memberikan harapan yang cukup baik. Agens hayati *Bacillus* sp. mampu mengendalikan beberapa patogen tular tanah. *Bacillus* sp. mempunyai daya antagonis yang baik dan dapat menurunkan infeksi penyakit layu bakteri oleh *Ralstonia solanacearum* pada tanaman jahe sebesar 80% (Bustamam, 2006). *Bacillus* sp. juga mampu memacu pertumbuhan tanaman (Cook dan Baker, 1989).

Efektifitas penggunaan agen hayati untuk pengendalian suatu penyakit antara lain tergantung pada konsentrasi yang digunakan. Konsentrasi berpengaruh terhadap jumlah inokulum potensial yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan patogen. Uji konsentrasi *Bacillus* sp. terhadap bakteri *Erwinia caratovora* pada tanaman sawi belum banyak dilaporkan. Berdasarkan beberapa penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan *Bacillus* spp. mampu mengendalikan penyakit layu bakteri nilam (Chrisnawati *et al.*, 2009) dan penyakit layu bakteri pada tanaman tembakau (Arwiyanto dan Hartana, 1999). Hasil penelitian Arwiyanto *et al.* (2007) melaporkan bahwa perendaman akar tembakau dalam suspensi *Bacillus* sp. pada konsentrasi  $10^8$  cfu/ml selama 30 menit dapat menekan perkembangan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum* dan mampu menekan intensitas penyakit lincat pada Tembakau Temanggung sebesar 40%.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi *Bacillus* sp. yang mampu dalam mengendalikan penyakit busuk basah yang disebabkan oleh bakteri *E. caratovora*.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Riau. Penelitian ini berlangsung selama tiga bulan mulai bulan September sampai November 2012.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih sawi hijau, bagian tanaman kol yang terserang penyakit busuk basah (diambil dari Pasar Pagi Panam, Pekanbaru), isolat *Bacillus* sp. dari rizosfer tanaman sawi (Koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau), tanah steril, aquades, kertas *tissue* gulung, kertas label, kertas

wrap, pupuk kandang sapi, Na-Hipoklorit 10%, *aluminium foil*, alkohol 70% dan medium *Nutrient Agar* (NA).

Alat yang digunakan adalah *autoclave*, *test tube*, *automatic mixer*, *shaker*, cawan petri berdiameter 9 cm, *Erlenmeyer* 250 ml, gelas ukur 500 ml, beaker glass 1000 ml, gelas piala, *vortex*, batang pengaduk, pipet tetes, jarum ose, lampu bunsen, timbangan analitik, termometer, pinset, *laminar air flow cabinet*, inkubator, oven, mikroskop binokuler, *polybag* kecil (ukuran 10 x 12 cm), *polybag* besar (ukuran 35 x 40 cm), *handsprayer*, *colony counter*, meteran, alat suntik ukuran 5 ml, korek api, selotip, plastik, pisau *cutter*, parang, dandang, cangkul, gelas bekas air mineral dan kompor gas.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga terdapat 24 unit penelitian (Lampiran 1). Tiap unit penelitian terdiri dari 4 tanaman sehingga jumlah tanaman seluruhnya adalah 96 tanaman.

Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi inokulum *Bacillus* sp. (B), yaitu :

B<sub>0</sub> = tanpa pemberian *Bacillus* sp.

B<sub>1</sub> = konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>6</sup> cfu/ml

B<sub>2</sub> = konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>7</sup> cfu/ml

B<sub>3</sub> = konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>8</sup> cfu/ml

B<sub>4</sub> = konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>9</sup> cfu/ml

B<sub>5</sub> = konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>10</sup> cfu/ml

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5 %. Model linier yang digunakan adalah:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

dimana : Y<sub>ij</sub> = Hasil pengamatan pada suatu unit percobaan pada perlakuan ke-i yang mendapat ulangan ke-j

μ = Nilai tengah umum

T<sub>i</sub> = Pengaruh konsentrasi *Bacillus* sp.

ε<sub>ij</sub> = Galat percobaan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

## **Pelaksanaan Penelitian**

### **Penyiapan isolat *Bacillus* sp.**

Isolat *Bacillus* sp. yang diperoleh dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Riau direisolasi dengan memindahkan koloni bakteri yang tumbuh pada medium NA (bahan dan cara pembuatan medium NA dapat dilihat pada Lampiran 2) dengan menggunakan jarum ose yang telah disterilkan terlebih dahulu pada nyala api lampu bunsen. Proses isolasi dilakukan di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* dengan menggunakan metode gores dan isolat diinkubasi selama 48 jam. Koloni bakteri yang tumbuh diisolasi dengan memindahkan ke dalam cawan petri yang telah berisi medium NA sampai diperoleh biakan murni (Lampiran 3a), selanjutnya disuspensikan dalam aquades steril sesuai dengan konsentrasi yang akan digunakan untuk perlakuan.

### **Isolasi bakteri *Erwinia caratovora***

Bakteri *E. caratovora* diisolasi dengan menggunakan metode penanaman jaringan (*tissue plating*). Bagian tanaman yang terserang dipotong dengan menggunakan pisau sepanjang 1 cm dengan setengah bagian yang sakit dan setengah bagian yang sehat. Permukaan jaringan selanjutnya disterilkan dengan merendamnya di dalam larutan Na-Hipoklorit 10% selama 3 menit, kemudian dibilas dengan cara merendamnya ke dalam aquades steril sebanyak 2 kali.

Potongan jaringan tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah berisi medium NA steril yang telah padat dan diinkubasi selama 2 hari dalam inkubator. Setelah bakteri tumbuh dilakukan reisolasi untuk mendapatkan biakan murni yakni dengan mengambil 1 ose dari masa koloni bakteri kemudian digoreskan secara zigzag pada medium NA steril yang telah padat dan diinkubasi selama 2 hari di dalam inkubator sehingga diperoleh biakan murni bakteri *E. caratovora* (Lampiran 3b).

#### **Uji patogenisitas *Erwinia caratovora***

Bakteri *E. caratovora* yang berasal dari biakan murni diuji patogenisitasnya. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah bakteri *E. caratovora* yang didapat merupakan patogen atau tidak. Uji patogenisitas tersebut dilaksanakan di laboratorium dan dilakukan pada 4 tanaman sawi yang berumur 1 minggu setelah tanam. Isolat *E. caratovora* pada medium NA mula-mula disuspensikan dengan melakukan seri pengenceran sampai dengan pengenceran  $10^{-8}$ . Permukaan daun sawi terlebih dahulu disterilisasi dengan menggunakan kapas yang diberi larutan Na-Hipoklorit 10% dan dibilas dengan aquades. Selanjutnya suspensi bakteri dengan konsentrasi  $10^8$  cfu disuntikkan pada bagian tulang daun di bawah permukaan daun. Penyuntikan dilakukan pada semua daun yang telah membuka sempurna. Bagian daun yang diinokulasi diberi tanda. Suspensi bakteri juga disemprotkan pada bagian tanaman. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 3 hari hingga terlihat gejala berupa bercak, busuk dan berlendir. Isolat bakteri *E. caratovora* ini dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya.

#### **Persiapan tempat**

Persiapan tempat penelitian diawali dengan membersihkan rumah kaca dari gulma dan sisa tanaman lainnya serta pembuatan naungan dengan menggunakan plastik bening.

#### **Persiapan medium tanam**

Medium tanam yang digunakan adalah tanah lapisan atas yang diambil pada kedalaman 0-20 cm yang belum diolah atau ditanami. Tanah diambil dari kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau.

Tanah tersebut dicampur dengan pupuk kandang sapi dengan perbandingan 2:1 dan disterilisasi dengan cara Tyndalisasi, yaitu memanaskan tanah dengan menggunakan uap air panas dalam dandang pada suhu  $\pm 100^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam dan dilakukan 3 hari berturut-turut. Setelah tanah didiamkan selama 1 minggu, selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam *polybag* kecil untuk pembibitan dan ke dalam *polybag* besar untuk penanaman.

#### **Pembibitan**

Persemaian benih dilakukan dengan memakai *polybag* kecil yang berukuran 10 x 12 cm yang mediumnya berupa tanah yang sudah disterilkan sebanyak 500 g. Benih sawi diambil dengan pinset sebanyak 2 butir/*polybag* dan disemai, kemudian disiram setiap hari dengan menggunakan *handsprayer* untuk menjaga kelembaban tanah. Setelah bibit berumur 3 minggu, bibit siap untuk ditanam di *polybag* besar.

#### **Aplikasi perlakuan *Bacillus* sp.**

Aplikasi bakteri *Bacillus* sp. dilakukan dengan cara menyiramkan suspensi sebanyak 10 ml/*polybag* (sesuai perlakuan) ke permukaan medium tanam secara merata satu minggu sebelum tanam. Suspensi disiapkan dengan cara memperbanyak isolat *Bacillus* sp. pada medium NA (*Nutrient Agar*) kemudian disuspensikan dengan aquades steril dalam *Beaker glass* berukuran 1.000 ml. Suspensi bakteri *Bacillus* sp. yang berada dalam *Beaker glass* diencerkan mulai dari pengenceran  $10^{-1}$  sampai tingkat pengenceran  $10^{-10}$ . Tingkat pengenceran yang digunakan sebagai perlakuan adalah mulai dari pengenceran  $10^{-6}$  sampai  $10^{-10}$ .

#### **Penanaman**

Penanaman dilakukan pada *polybag* besar ukuran 35 x 40 cm yang berisi medium tumbuh yang telah steril sebanyak 6 kg. Penanaman dilakukan pada sore hari untuk mengurangi tingginya laju transpirasi pada bibit. Bibit dipilih yang telah berumur 3 minggu,

pertumbuhannya seragam dan sehat. Penanaman dilakukan dengan cara membuat lubang tanam seukuran *polybag* kecil, kemudian *polybag* tersebut dirobek dengan menggunakan *cutter*. Satu batang bibit dimasukkan dengan hati-hati ke dalam lubang tanam yang telah disiapkan dengan mengikutkan semua tanah yang ada dalam *polybag* kecil, kemudian dilakukan penyiraman dengan air sehingga medium lembab.

### **Inokulasi *Erwinia caratovora***

Inokulasi *E. caratovora* dilakukan dengan menyemprotkan suspensi bakteri pada bagian tanaman dengan konsentrasi  $10^8$  cfu/ml sebanyak 10 ml/tanaman (berdasarkan Yaganza *et al.*, 2004). Bakteri ini diinokulasikan pada saat tanaman berumur 1 minggu setelah tanam di *polybag* besar. Suspensi ini diperoleh dari isolat *E. caratovora* yang telah dimurnikan pada medium NA, dengan cara menambahkan aquades steril sebanyak 10 ml ke dalam cawan petri lalu digoyang sampai tercampur. Suspensi ini kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah berisi 90 ml aquades dan digoyang kembali sampai tercampur rata dan selanjutnya diencerkan beberapa kali hingga diperoleh konsentrasi  $10^8$  cfu/ml.

### **Penyiraman**

Penyiraman dilakukan dengan menyiram tanaman dengan air sebanyak 240 ml/tanaman menggunakan gelas bekas air mineral. Kegiatan penyiraman dilakukan dua kali, yaitu pada pagi dan sore hari. Pada siang hari dilakukan penyemprotan dengan air di sekitar tanaman menggunakan *handsprayer* untuk menjaga kelembaban udara.

### **Pengendalian gulma**

Pengendalian gulma diantara *polybag* dan dan di dalam *polybag* dilakukan dengan mencabut langsung gulma yang tumbuh.

### **Pengendalian hama**

Pengendalian hama dilakukan dengan mengambil dan membunuh langsung hama yang menyerang tanaman sawi.

### **Panen**

Tanaman sawi dipanen pada umur 30-40 hari setelah tanam (HST), dengan kriteria apabila daun yang paling bawah sudah mulai menguning. Pemanenan dilakukan dengan cara mencabut tanaman sawi.

### **Pengamatan**

#### **Saat awal munculnya gejala serangan ( hari )**

Pengamatan terhadap munculnya gejala awal dilakukan setiap hari mulai dari setelah inokulasi hingga munculnya gejala awal serangan pada daun tanaman sawi. Gejala awalnya adalah berupa bercak kecil kebasahan berwarna kecokelatan (Lampiran 3c).

#### **Intensitas serangan penyakit (%)**

Pengamatan intensitas serangan dilakukan pada saat tanaman akan dipanen. Rumus yang digunakan untuk menghitung intensitas penyakit (I) berdasarkan Townsend dan Heiberger, 1943 *cit.* Sinaga (2003) adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{\sum_i^n n_i \times v_i}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan : I = Intensitas penyakit

$n_i$  = Jumlah tanaman dengan skor ke-i

$v_i$  = Nilai skala penyakit dari I =0 - 4

N = Jumlah tanaman yang diamati

Z = Skor tertinggi

Untuk mengukur skala serangan bakteri *E. caratovora* pada tanaman digunakan skor menurut (CIBA-GEIGY, 1997), sebagai berikut :

Skala	Persentase serangan
0	0
1	1 - 25%
2	26-50%
3	51-75%
4	< 75%

Contoh penghitungan intensitas penyakit dapat dilihat pada Lampiran 4a.

#### **Jumlah koloni *Bacillus* sp. (cfu/ml)**

Pengamatan dilakukan pada minggu kedua dan keempat setelah aplikasi *Bacillus* sp. pada medium tanam. Sampel diambil dari satu *polybag* yang dipilih secara acak pada tiap unit penelitian. Caranya adalah dengan mengambil sampel tanah dari medium tanam di sekitar perakaran tanaman sawi pada kedalaman 5-7 cm dari permukaan tanah sebanyak 10 gram dan disuspensikan dengan 90 ml aquades steril, selanjutnya dihomogenkan dengan *automatic mixer* selama 1 menit. Selanjutnya dibuat pengenceran seri sampai  $10^{-5}$ . Suspensi sebanyak 1 ml dari pengenceran ini diratakan pada medium NA dan diinkubasi selama 2 x 24 jam. Koloni bakteri yang tumbuh dihitung populasinya.

Koloni bakteri yang tumbuh dihitung dengan menggunakan rumus menurut Apriani (2012), sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Sel Bakteri} = \sum \text{koloni} \times 1/\text{faktor pengenceran} \times 1/\text{volume}$$

Contoh penghitungan jumlah koloni *Bacillus* sp. dapat dilihat pada Lampiran 4b.

#### **Tinggi tanaman sawi (cm)**

Tinggi tanaman diukur mulai dari pangkal batang sampai daun tertinggi. Untuk konsistensi pengukuran dibuat ajir setinggi 2 cm dekat pangkal batang. Pengukuran dilakukan pada semua tanaman saat tanaman dipanen.

#### **Bobot basah tanaman sawi (g)**

Bobot basah tanaman dihitung setelah tanaman dipanen. Tanaman ditimbang secara keseluruhan mulai dari daun sampai akar.

#### **Bobot tanaman layak konsumsi (g)**

Berat bagian tanaman layak konsumsi dihitung pada akhir penelitian. Parameter dihitung dengan cara menimbang tanaman dari pangkal batang sampai ke daun dengan kriteria warna daun yang masih segar, lebar, tidak kuning dan tidak berlobang.

#### **Pengamatan pendukung**

Pengamatan ini tidak dianalisis secara statistik, tapi ditampilkan secara deskriptif sebagai pendukung. Faktor-faktor yang diamati adalah:

#### **Suhu medium tumbuh**

Pengukuran suhu medium tumbuh dalam *polybag* dilakukan dengan menancapkan bagian ujung termometer ke dalam tanah sedalam 10 cm. Termometer dibiarkan selama 10 menit kemudian diamati suhunya. Pengukuran suhu tanah dilakukan setiap hari, yaitu pagi pukul 07.00 WIB, siang pukul 12.00 WIB dan sore pukul 17.00 WIB. Hasil pengukuran ditambahkan dan dicari suhu rata-rata hariannya ( $Tr$ ) dengan rumus:

$$Tr = \frac{2 \times \text{pagi} + \text{siang} + \text{sore}}{4}$$

#### **Suhu dalam naungan ( $^{\circ}C$ )**

Pengukuran suhu di dalam naungan dilakukan dengan cara menggantungkan termometer di dalam naungan. Pengukuran dilakukan setiap hari, yaitu pagi pukul 07.00 WIB, siang pukul 12.00 WIB dan sore hari pukul 17.00 WIB dan dihitung suhu rata-rata hariannya dengan rumus:

$$Tr = \frac{2 \times \text{pagi} + \text{siang} + \text{sore}}{4}$$

### Kelembaban relatif dalam naungan (%)

Pengukuran kelembaban dilakukan setiap hari pada pukul 07.00 WIB, siang pukul 12.00 WIB dan sore pada pukul 17.00 WIB, dengan menggunakan Termohyrometer. Kelembabannya dihitung dengan rumus :

$$Tr = \frac{2xpagi + siang + sore}{4}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Saat Awal Munculnya Gejala Serangan (hari)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap saat awal munculnya gejala serangan bakteri *E. caratovora* pada tanaman sawi (Lampiran 5a). Rerata saat awal munculnya gejala serangan setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMR pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Saat awal munculnya gejala serangan (hari)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata saat awal munculnya gejala serangan (hari)
0	8,00 f
10 <sup>6</sup>	11,31 e
10 <sup>7</sup>	14,06 d
10 <sup>8</sup>	16,50 c
10 <sup>9</sup>	18,56 b
10 <sup>10</sup>	21,12 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMR pada taraf 5%.

Tabel 1 menunjukkan bahwa rerata saat awal munculnya gejala serangan bakteri *E. caratovora* pada tanaman sawi berbeda nyata antar sesama konsentrasi *Bacillus* sp. yang diberikan. Saat awal munculnya gejala serangan paling lama terlihat pada pemberian konsentrasi 10<sup>10</sup> cfu/ml (21,12 hari) dan lebih cepat seiring menurunnya konsentrasi *Bacillus* sp. Hal ini dapat disebabkan dengan tingginya konsentrasi *Bacillus* sp. yang diaplikasikan dapat menyebabkan tingginya jumlah populasi mikroba antagonis tersebut dalam medium tanam, sehingga daya mengkolonisasinya pada akar tanaman akan meningkat sehingga kemampuannya dalam menginduksi ketahanan tanaman juga akan meningkat. Tanaman yang telah terinduksi ketahanan ini akan lebih lambat terinfeksi oleh *E. caratovora* sehingga saat munculnya gejala awal menjadi lebih lambat. Hal ini sesuai dengan pendapat Cambell (1989) bahwa semakin besar jumlah konsentrasi mikroba yang diinkubasikan akan meningkatkan kemampuannya dalam mengkolonisasi daerah sekitar perakaran tanaman.

Tingginya populasi mikroba antagonis yang mengkolonisasi pada perakaran tanaman sawi diduga akan berhubungan dengan kemampuannya dalam menginduksi ketahanan tanaman dengan cara penebalan dinding sel dan secara kimiawi dengan meningkatkan senyawa fenol dan fitoaleksin. Penebalan dinding sel pada tanaman menyebabkan patogen terhambat dalam proses penetrasinya ke dalam jaringan tanaman sehingga munculnya gejala awal serangan patogen menjadi lebih lama. Desmawati (2006) melaporkan bahwa keberadaan *Bacillus* sp. dapat menginduksi ketahanan sistemik tanaman terhadap serangan patogen yang selanjutnya akan mempengaruhi masa inkubasi atau munculnya gejala pada tanaman.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa saat awal munculnya gejala paling cepat terdapat pada tanaman yang tidak diberi *Bacillus* sp., ini dapat terjadi karena dengan tidak adanya daya hambat terhadap infeksi *E. caratovora*, bakteri ini dapat menyerang sel-sel tanaman secara lebih cepat dan menimbulkan penyakit pada tanaman sawi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sastrahidayat (1992) bahwa pada tanah yang telah disterilkan, yang tidak mengandung mikroba-mikroba termasuk mikroba antagonis, patogen yang diinokulasikan akan lebih cepat menginfeksi dengan serangan yang lebih hebat.

### Intensitas Serangan Penyakit (%)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap intensitas serangan penyakit busuk basah oleh bakteri *E. caratovora* pada tanaman sawi setelah dianalisis ragam (Lampiran 5b). Rerata intensitas serangan penyakit setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Intensitas serangan penyakit (%)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata intensitas serangan penyakit (%)
0	11,89 c
10 <sup>6</sup>	4,49 ab
10 <sup>7</sup>	6,58 b
10 <sup>8</sup>	4,27 ab
10 <sup>9</sup>	4,14 ab
10 <sup>10</sup>	3,12 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5% setelah ditransformasi  $\bar{Y}$

Data pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa intensitas serangan bakteri *E. caratovora* pada tanaman sawi menunjukkan hasil yang berbeda nyata antara konsentrasi 10<sup>10</sup> dengan 10<sup>7</sup> dan tanpa pemberian konsentrasi *Bacillus* sp., namun berbeda tidak nyata dengan konsentrasi 10<sup>9</sup>, 10<sup>8</sup> dan 10<sup>6</sup>. Tanaman yang tidak diberi *Bacillus* sp., intensitas serangan penyakit lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi *Bacillus* sp. Hal ini dapat dihubungkan dengan hasil pengamatan saat awal munculnya gejala (Tabel 1) dimana pada perlakuan tanpa pemberian *Bacillus* sp. munculnya gejala awal serangan *E. caratovora* adalah lebih cepat karena tidak adanya efek induksi ketahanan pada tanaman akibat tidak adanya *Bacillus* sp. yang diberikan. Agrios (1997) menjelaskan bahwa faktor waktu (saat munculnya gejala) dapat mempengaruhi perkembangan (intensitas) suatu penyakit, dimana semakin cepat saat munculnya gejala awal maka intensitas serangan penyakit akan lebih tinggi.

Tabel 2 juga memperlihatkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. menunjukkan hasil berbeda tidak nyata antara konsentrasi 10<sup>9</sup>, 10<sup>8</sup>, 10<sup>7</sup> dan 10<sup>6</sup>. Hal ini dapat diduga karena pada saat pengamatan intensitas penyakit pada umur 40 hari setelah tanam tanaman sudah mampu mengembangkan sistem pertahanan karena adanya pemberian *Bacillus* sp. yang telah mengkolonisasi akar tanaman. Kolonisasi *Bacillus* sp. pada perakaran ini diduga dapat menimbulkan induksi resisten sistemik dengan memicu peningkatan senyawa fenolik pada tanaman yang dapat menghambat perkembangan penyakit. Hal ini telah dilaporkan oleh Harni dan Ibrahim (2011) bahwa *Bacillus* sp. dapat menginduksi ketahanan pada tanaman lada dari serangan nematoda *Meloidogyne incognita* melalui peningkatan senyawa asam salisilat, peroksidase, fitoaleksin dan senyawa fenolik. Hasil penelitian Lusyantri (2011) juga menyatakan bahwa bahan pengimbas berupa sel bakteri hidup *Bacillus* sp. dapat digunakan untuk menginduksi ketahanan bibit kelapa sawit terhadap serangan jamur *G. boninense* di pembibitan.

Rerata intensitas serangan penyakit pada tanaman sawi setelah diberi beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. menunjukkan bahwa pada konsentrasi mulai 10<sup>6</sup> sampai 10<sup>10</sup> cfu/ml mampu menurunkan intensitas serangan penyakit, namun konsentrasi 10<sup>10</sup> cfu/ml (B<sub>5</sub>) memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap intensitas serangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *E. caratovora* dimana intensitas penyakit lebih rendah yaitu 3,12 %. Hal ini karena tingginya konsentrasi *Bacillus* sp. yang diaplikasikan sehingga jumlah koloni akan lebih banyak (Tabel 3), dengan demikian kemampuan agen hayati tersebut dalam mengendalikan serangan *E. caratovora* secara tidak langsung akan lebih tinggi dan intensitas penyakit cenderung lebih rendah. *Bacillus* sp. mengendalikan patogen secara tidak langsung yaitu melalui kemampuannya dalam menginduksi ketahanan tanaman. Hal ini didukung oleh

Benhamou *et al.* (1996) yang melaporkan bahwa rhizobakteria termasuk *Bacillus* sp. dapat menginduksi ketahanan fisik dengan cara penebalan dinding sel atau secara kimiawi dengan meningkatkan senyawa fenol dan fitoaleksin yang dapat memberikan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.

### Jumlah Koloni *Bacillus* sp.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap jumlah koloni *Bacillus* sp. 2 minggu dan 4 minggu setelah tanam (MST) pada medium tumbuh tanaman sawi setelah dianalisis ragam (Lampiran 5c). Rerata jumlah koloni *Bacillus* sp. setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Jumlah koloni *Bacillus* sp. (cfu/ml)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata jumlah koloni <i>Bacillus</i> sp. (10 <sup>5</sup> cfu/ml)	
	2 MST	4 MST
0	0,00 d	0,00 d
10 <sup>6</sup>	2,92 c	7,70 c
10 <sup>7</sup>	3,07 c	8,25 bc
10 <sup>8</sup>	3,70 b	8,50 ab
10 <sup>9</sup>	7,12 a	8,95 ab
10 <sup>10</sup>	7,77 a	9,32 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5% setelah ditransformasi dengan log Y + 1

Data pengamatan pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa pada minggu ke 2 setelah tanam jumlah koloni *Bacillus* sp. pada tanah sekitar perakaran sawi dengan pemberian *Bacillus* sp. pada konsentrasi 10<sup>10</sup> cfu/ml dan 10<sup>9</sup> cfu/ml menunjukkan hasil yang berbeda nyata dengan pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. lainnya tetapi berbeda tidak nyata dengan sesamanya. Pengamatan pada minggu ke 4 setelah tanam, menunjukkan bahwa jumlah koloni *Bacillus* sp. pada konsentrasi 10<sup>10</sup> cfu/ml berbeda nyata dengan tanpa pemberian *Bacillus* sp., 10<sup>6</sup> cfu/ml dan 10<sup>7</sup> cfu/ml tetapi berbeda tidak nyata dengan konsentrasi 10<sup>9</sup> cfu/ml dan 10<sup>8</sup> cfu/ml. Jumlah koloni yang lebih tinggi terdapat pada pemberian konsentrasi 10<sup>9</sup> cfu/ml dan 10<sup>10</sup> cfu/ml. Hal ini dapat disebabkan karena semakin tinggi jumlah konsentrasi awal inokulum yang diberikan, maka jumlah koloni bakteri pada tanah di sekitar perakaran tanaman juga akan semakin tinggi. Jumlah koloni bakteri *Bacillus* sp. yang tinggi akan dapat meningkatkan kemampuannya dalam mengkolonisasi rhizosfer tanaman sawi. Hal ini sesuai dengan pendapat Cambell (1989), bahwa semakin tinggi konsentrasi mikroba yang diinkubasikan akan meningkatkan kemampuannya dalam mengkolonisasi daerah sekitar perakaran tanaman.

Jumlah koloni *Bacillus* sp. pada minggu ke 4 lebih banyak dan terjadi peningkatan dibandingkan pada minggu ke 2 setelah tanam. Hal ini diduga bahwa pada minggu ke 4 pertumbuhan *Bacillus* sp. telah memasuki fase eksponensial sehingga dapat berkembang baik dan didukung ruang dan lingkungan yang optimal bagi perkembangannya (Hajoeningtias, 2012). Hal ini didukung pula oleh Arwiyanto *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa *Bacillus* sp. dapat hidup pada suhu tinggi antara 40-75<sup>0</sup> C dengan suhu optimum 25-40<sup>0</sup> C dan kelembaban yang tinggi yaitu 85 %. Rata-rata suhu medium tanam selama penelitian berkisar antara 24-27<sup>0</sup> C, suhu di dalam naungan 28-33<sup>0</sup> C dan kelembaban 73-85 % (Lampiran 6). Rata-rata suhu dan kelembaban ini berada pada suhu dan kelembaban yang optimum bagi perkembangan *Bacillus* sp.

### Tinggi Tanaman Sawi (cm)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman sawi setelah dianalisis ragam (Lampiran 5d). Rerata tinggi tanaman sawi setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Tinggi tanaman sawi (cm)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata tinggi tanaman sawi (cm)
0	41,73 c
10 <sup>6</sup>	44,12 bc
10 <sup>7</sup>	44,50 bc
10 <sup>8</sup>	46,06 ab
10 <sup>9</sup>	46,62 ab
10 <sup>10</sup>	49,00 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil uji lanjut pada Tabel 4 terlihat bahwa tinggi tanaman yang diberi konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>10</sup> cfu/ml menunjukkan hasil berbeda nyata dengan konsentrasi 10<sup>7</sup> cfu/ml, 10<sup>6</sup> cfu/ml dan tanpa pemberian *Bacillus* sp, tetapi berbeda tidak nyata dengan yang diberi konsentrasi 10<sup>8</sup> cfu/ml dan 10<sup>9</sup> cfu/ml. Tanaman yang diberi konsentrasi 10<sup>10</sup> cfu/ml memperlihatkan pertumbuhan yang lebih tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena konsentrasi *Bacillus* sp. yang diaplikasikan terhadap tanaman sawi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pemberian konsentrasi yang tinggi dapat menyebabkan jumlah koloni bakteri *Bacillus* sp. pada medium tumbuh semakin banyak, sehingga agen antagonis ini lebih mampu menekan intensitas penyakit (Tabel 2) dan tanaman dapat tumbuh lebih baik (Lampiran 7a). Selain itu pertambahan tinggi tanaman sawi juga dapat disebabkan karena adanya senyawa pemacu pertumbuhan tanaman atau PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang dihasilkan oleh isolat *Bacillus* sp. yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman dan pertumbuhannya. Hal ini didukung oleh pernyataan Desmawati (2006) bahwa *Bacillus* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang dikenal juga sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) karena menghasilkan senyawa pendorong atau hormon pertumbuhan tanaman.

Hormon pertumbuhan yang dihasilkan oleh PGPR adalah seperti giberellin, auksin dan sitokinin serta *Indol Acetic acid* (Wardanah, 2007), sehingga tanaman yang diberi PGPR umumnya memiliki pertumbuhan yang lebih baik. Hormon pertumbuhan ini dapat merangsang pertumbuhan akar lateral (Vasundevan *et al.*, 2001). Hormon pertumbuhan yang dihasilkan oleh bakteri ini dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk meningkatkan pertumbuhan. Selanjutnya Bustamam (2006) menambahkan pula bahwa *Bacillus* sp. dapat membantu dekomposisi bahan organik dalam tanah sehingga dihasilkan nutrisi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi.

### Bobot Basah Tanaman Sawi (g)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap bobot basah tanaman sawi setelah dianalisis ragam (Lampiran 5e). Rerata bobot basah tanaman sawi setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Bobot basah tanaman sawi (g)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata bobot basah tanaman sawi (g)
0	107,83 c
10 <sup>6</sup>	112,01 c
10 <sup>7</sup>	115,85 bc
10 <sup>8</sup>	144,31 abc
10 <sup>9</sup>	155,44 ab
10 <sup>10</sup>	169,43 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%.

Tabel 5 menunjukkan bahwa rerata bobot basah tanaman sawi dengan pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. 10<sup>10</sup> cfu/ml berbeda nyata dengan pemberian konsentrasi 10<sup>7</sup> cfu/ml, 10<sup>6</sup> cfu/ml dan tanpa pemberian *Bacillus* sp., tetapi berbeda tidak nyata dengan pemberian 10<sup>8</sup> cfu/ml dan 10<sup>9</sup> cfu/ml. Hal ini dapat disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi yang diberikan maka semakin banyak jumlah koloni yang dihasilkan di dalam medium tanam (Tabel 3) yang mengakibatkan kemampuannya dalam mendekomposisi bahan organik di dalam tanah akan lebih baik sehingga ketersediaan unsur bagi pertumbuhan tanaman akan lebih baik. Hal ini sejalan dengan pendapat Bustaman (2006) yang menyatakan bahwa *Bacillus* sp. dapat berperan dalam membantu penguraian bahan organik di dalam tanah sehingga tersedianya nutrisi bagi tanaman.

Tabel 5 juga memperlihatkan bahwa dengan pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. yang tinggi cenderung memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan bobot basah tanaman sawi. Hal ini dapat disebabkan karena intensitas serangan penyakit pada konsentrasi ini lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pemberian konsentrasi *Bacillus* sp. Sesuai dengan hasil penelitian Sudarsono dan Malik (2006) bahwa penurunan intensitas penyakit dapat meningkatkan berat basah tanaman karena keberadaan penyakit dapat menurunkan pertumbuhan tanaman.

Peningkatan berat basah tanaman dapat pula disebabkan oleh peranan *Bacillus* sp. sebagai pemacu pertumbuhan atau PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Sulistiani (2009) menjelaskan bahwa mekanisme PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah dengan menghasilkan beberapa hormon yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman seperti giberellin, auksin dan sitokinin. *Bacillus* sp. juga memiliki kemampuan sebagai pelarut fosfat (Joseph, 2004) sehingga menyebabkan unsur fosfat lebih tersedia untuk diserap oleh tanaman sehingga pertumbuhan tanaman menjadi optimal dan akan meningkatkan berat tanaman.

#### **Bobot Tanaman Layak Konsumsi (g)**

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian beberapa konsentrasi *Bacillus* sp. berpengaruh nyata terhadap bobot tanaman sawi layak konsumsi setelah dianalisis ragam (Lampiran 5f). Rerata bobot tanaman layak konsumsi setelah diuji lanjut dengan menggunakan DNMRT pada taraf 5 % dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Bobot tanaman layak konsumsi (g)**

Konsentrasi <i>Bacillus</i> sp. (cfu/ml)	Rerata bobot layak konsumsi (g)
0	96,46 c
10 <sup>6</sup>	104,46 bc
10 <sup>7</sup>	102,90 bc
10 <sup>8</sup>	130,38 abc
10 <sup>9</sup>	139,79 ab
10 <sup>10</sup>	160,56 a

Angka-angka pada lajur yang diikuti oleh huruf kecil yang tidak sama berbeda nyata menurut uji DNMRT pada taraf 5%.

Tabel 5 menunjukkan bahwa rerata bobot tanaman layak konsumsi dengan pemberian konsentrasi *Bacillus* sp.  $10^{10}$  cfu/ml berbeda nyata dengan pemberian konsentrasi  $10^7$  cfu/ml,  $10^6$  cfu/ml dan tanpa pemberian *Bacillus* sp, tetapi berbeda tidak nyata dengan pemberian  $10^8$  cfu/ml dan  $10^9$  cfu/ml. Berat tanaman layak konsumsi yang lebih baik terdapat pada konsentrasi *Bacillus* sp.  $10^{10}$  cfu/ml (Lampiran 7b). Hal ini dapat dihubungkan dengan intensitas serangan bakteri *E. caratovora* yang rendah pada perlakuan tersebut (Tabel 2) sehingga kerusakan daun akibat penyakit lebih kecil dan tanaman dapat melakukan kegiatan fotosintesis yang optimal. Kegiatan fotosintesis yang optimal dapat meningkatkan jumlah fotosintat (karbohidrat) pada tanaman sehingga mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Nyakpa *et al.* (1998) menjelaskan bahwa aktivitas fotosintesis yang optimal akan menghasilkan fotosintat lebih banyak yang dapat meningkatkan berat tanaman.

Lebih banyaknya jumlah koloni pada konsentrasi *Bacillus* sp. (Tabel 3) juga dapat mempengaruhi berat layak konsumsi tanaman sawi, yaitu dengan adanya senyawa pendorong atau hormon pertumbuhan tanaman yang dihasilkan dalam jumlah yang diduga akan lebih besar. Elfianti (2007) menegaskan bahwa *Bacillus* sp. dapat menghasilkan hormon pertumbuhan yang dapat menginduksi pertumbuhan tanaman karena termasuk ke dalam kelompok bakteri PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang mampu menstimulasi pertumbuhan tanaman dengan merangsang pertumbuhan akar lateral yang berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi yang lebih optimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Pemberian *Bacillus* sp. dengan konsentrasi  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$  dan  $10^{10}$  cfu/ml mampu mengurangi intensitas serangan bakteri *Erwinia caratovora* pada tanaman sawi masing-masingnya sebesar 7,4 %, 5,31 %, 7,62 %, 7,75 % dan 8,77 % dibandingkan dengan tanpa pemberian *Bacillus* sp.
2. Konsentrasi *Bacillus* sp.  $10^8$ ,  $10^9$ ,  $10^{10}$  cfu/ml menghasilkan jumlah koloni yang lebih banyak dalam medium tumbuh dan mampu memacu pertumbuhan tanaman melalui penambahan tinggi, berat basah dan berat tanaman layak konsumsi yang lebih baik.

### Saran

1. Konsentrasi *Bacillus* sp. yang dianjurkan untuk mengendalikan penyakit busuk basah oleh bakteri *Erwinia caratovora* pada tanaman sawi adalah  $10^8$  cfu/ml.
2. Perlu adanya penelitian lanjut untuk aplikasi pada skala luas dalam bentuk formulasi serta frekuensi pemberian *Bacillus* sp.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. 1997. **Plant Pathology**. Fourth Edition. Academic Press. New York.
- Anonim. 2010. **Khasiat Sawi Hijau**. <http://khasiatbuah.com/sawi-hijau.htm>. Diakses tanggal 22 April 2011.
- \_\_\_\_\_. 2012. **Bakteri**. <http://id.wikipedia.org/wiki/Bakteri>. Diakses pada tanggal 13 Desember 2011.
- Apriani, I. 2012. **Perhitungan Bakteri Dengan Metode Hitungan Cawan**. <http://itaapriani.blogspot.com/2012/03/perhitungan-bakteri-dengan-metode.html>. Diakses tanggal 3 November 2012.
- Arwiyanto, T. dan I. Hartana. 1999. **Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau, percobaan rumah kaca**. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 5(1): 50–59.
- Arwiyanto T., R. Asfanudin, A. Wibowo, T. Martoredjo dan G. Dalmadiyo. 2007. **Penggunaan *Bacillus* isolat lokal untuk menekan penyakit lincat tembakau temanggung**. Berkala Penelitian Hayati, Volume 13 :79-84.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2010. **Riau Dalam Angka**. Pekanbaru.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2012. **Riau Dalam Angka**. Pekanbaru

- Benhamou, N., J.W Kloepper, A.Q., Hallmann, S. Tuzun. 1996. **Introduction of defence-related ultrastructural modifications in pea root tissues inoculated with endophytic bacteria.** *Plant Physiology*. 112 : 919-929.
- Bustamam, H. 2006. **Seleksi mikroba rizosfer antagonis terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman jahe di lahan tertindas.** *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 8 (1):12-18.
- Cahyono, B. 2003. **Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau (Petai).** Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.
- Campbell, R. 1989. **Biological Control of Microbial Plant Pathogens.** Cambridge University Press. 218 pp.
- CIBA-GEIGY. 1997. **Field Trial Manual Basle.** Switzerland.
- Chrisnawati, Nasrun, Arwiyanto, T. 2009. **Pengendalian penyakit layu bakteri nilam menggunakan *Bacillus* spp. dan *Pseudomonad fluoresen*.** *Jurnal Littri* 15 (3) : 116 – 123.
- Cook, R.J. and K.F. Baker. 1989. **The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens.** APS Press, St. Paul, Minnesota. 505 pp.
- Desmawati. 2006. **Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Prospek Yang Menjanjikan Dalam Berusaha Tani Tanaman Holtikultura.** Direktorat Perlindungan Tanaman Holtikultura. Jakarta.
- Elfianti, D. 2007. **Penggunaan Rhizobium dan Bakteri Pelarut Fosfat pada Tanah Mineral Masam untuk Memperbaiki Pertumbuhan Bibit Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen).** [http://www. USU%20Library %20%20Perpustakaan %20Universitas%20 Sumatera%20Utara.htm](http://www.USU%20Library%20%20Perpustakaan%20Universitas%20Sumatera%20Utara.htm). Diakses pada tanggal 17 November 2008.
- Endah, J. dan Novizan. 2002. **Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman.** Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Ernawati. 2003. **Kemampuan Mikroba Lokal dalam Mengendalikan Penyakit.** <http://randifarm.blogspot.com/2003/12/indigenous-microorganisme-imo-bakteri.html>. Diakses pada tanggal 2 Juli 2011.
- Habazar, T. 1993. **Bioteknologi Dalam Menunjang Program Pengendalian Hama dan Penyakit Terpadu.** Penelitian Bidang Bioteknologi. Depdikbud Dikti. Cisarua. Bogor. 15-18 November.
- Habazar T. dan F. Rivai. 2003. **Bakteri Patogen Tumbuhan.** Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang.
- Hajoeningtias, O. D. 2012. **Mikrobiologi Pertanian.** Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Harni, R dan M.S.D. Ibrahim. 2011. **Potensi bakteri endofit menginduksi ketahanan tanaman lada terhadap infeksi *Meloidogyne incognita*.** *Jurnal Littri* 17(3) : 118 – 123.
- Haryanto, E., T. Suhartini, dan E. Rahayu. 2001. **Sawi dan Selada.** Penebar Swadaya. Jakarta.
- \_\_\_\_\_. 2003. **Sawi dan Selada.** Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hatmanti, A. 2000. **Pengenalan *Bacillus* sp.** *J Oseana* (25) (1) : 31-41.
- Joseph, W. 2004. **Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp.** *Phytopathology* (94):1259-1266.
- Katz, E. and A. L. Demain. 1977. **"The peptide antibiotics of *Bacillus*: chemistry, biogenesis, and possible functions"**. *ASM Bacteriological Review*, 41,(2),450.
- Kloepper and Schroth. 1978. **Enhanced plant-growth by siderophores produce by plant growth-promoting rhizobacteria.** *Nature* 286:885-886.
- Krieg, N.R. dan J.G. Holt. 1984. **Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.** MacMillan, Baltimore. 765 p.

- Lusiyantri, N. 2011. **Uji pengimbasan ketahanan dengan *Bacillus* sp. dan kultur filtratnya terhadap serangan jamur *Ganoderma boninense* dan pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan awal.** Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru. (Tidak Dipublikasikan).
- Machmud, M., M. Sudjadi dan Y. Suryadi. 2003. **Seleksi dan Karakterisasi Mikroba Antagonis.** [http://www. Bacillus subtilis/Seleksi dan Karakterisasi Mikroba Antagonis.html](http://www.Bacillus subtilis/Seleksi dan Karakterisasi Mikroba Antagonis.html). Diakses pada tanggal 17 November 2008.
- Mahaffe, W. F. and P.A. Backman. 1993. **Effets of seed factors on spermosphere and rhizosphere colonization of cotton by *Bacillus subtilis* GB03.** *Phytopathology* 83 (10), 1120-1129.
- Misaghi, I. J. 1982. **Physiology and Biochemistry of Plant-Pathogen Interaction.** Plenum Press, New York.
- Nazaruddin. 2003. **Budidaya dan Pengaturan Panen Sayuran Dataran Rendah.** Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nyakpa M. Y., A. M Lubis, M. A. Pulungan, A. Munawar, G. B. Hong dan N. Hakim. 1998. **Kesuburan Tanah.** Universitas lampung Press. Bandar Lampung.
- Puspita, F. 2010. **Potensi *Bacillus* sp Lokal Riau sebagai rhizobakteria pemacu pertumbuhan dan biofungisida pada pembibitan kelapa sawit.** Laporan Penelitian Insidentil. Pusat Penelitian Bioteknologi. Lembaga Penelitian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Puspita, F., Yetti. E.S dan S. Yanti. 2005. **Identifikasi Penyakit Pada tanaman Sawi dan Tingkat Serangannya di Lokasi Pengembangan Sayur Ekspor BBI Hortikultura dan SPMA Padang Marpoyan Pekanbaru.** Kumpulan Hasil Penelitian Unggulan Universitas Riau. Lembaga Penelitian Universitas Riau (tidak dipublikasikan).
- Pracaya. 1991. **Hama dan Penyakit Tanaman.** Penebar Swadaya. Jakarta
- Qiqi. 2008. **Mikroum Pewarnaan Gram.** [http://www. Bacillus subtilis\ Mikroum Pewarnaan Gram << Rizqi Fajriana Blog's . Htm](http://www.Bacillus subtilis\Mikroum Pewarnaan Gram << Rizqi Fajriana Blog's . Htm). diakses pada tanggal 7 November 2008.
- Rukmana, R. 1994. **Bertanam Sayuran Petsai dan Sawi.** Kanisius. Yogyakarta.
- Sastrahidayat, R. I. 1992. **Ilmu Penyakit Tumbuhan.** Usaha Nasional. Surabaya.
- Schaechter, M. 2004. **The Desk Encyclopedia of Microbiology.** California U.S.A : Elsevier Academic Press.
- Semangun, H. 2000. **Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia.** Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sinaga, M.S. 2003. **Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan.** Penebar Swadaya. Yogyakarta.
- Sudarsono dan A. Malik. 2006. **Efektivitas bakteri antagonis yang dikombinasikan dengan EM4 dan bokashi terhadap penyakit layu bakteri pada tanaman kentang.** *Agros* 8 (1) : 1-8.
- Sulistiani. 2009. **Formulasi spora *Bacillus subtilis* sebagai agens hayati dan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) pada berbagai bahan pembawa.** Skripsi Institut Pertanian Bogor. Diakses tanggal 12 Mei 2012.
- Susanti, Y. 2009. **Pengendalian hayati penyakit hawar daun bakteri (HDB) yang menyerang anakan semai *Acacia crassicarpa* Cunn. Ex Benth.** Thesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor (Tidak Dipublikasikan).
- Trubuson. 2008. **Bakteri Jadi Pestisida Aman.** [http://www.Bakteri% 20 Jadi %20 Pestisida% 20Aman %20-%20Majalah %20Trubus.htm](http://www.Bakteri%20Jadi%20Pestisida%20Aman%20-%20Majalah%20Trubus.htm). Diakses pada Tanggal 6 Febuari 2009.
- Vasundevan P., M.S. Reddy., S. Kavitha., P. Velusamy., and R.S.D Paulraj. 2002. **Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield.** *Curr. Sci.* 83 : 1140-1143.

- Wardanah, T. 2007. **Pemanfaatan bakteri perakaran pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*) untuk mengendalikan penyakit mosaik tembakau (*Tobacco Mosaic Virus*) pada tanaman cabai.** Skripsi. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Diakses tanggal 9 Mei 2012.
- Yaganza, E.S., D. Rioux and M. Simard. 2004. **Ultrastructural alterations of *Erwinia caratovora* subsp. *Atroseptica* caused by treatment with aluminium chloride and sodium metabisulfite.** *Americans Society for Microbiology*. Vol. 70, No. 11.