

**POTENSI BAKTERI ENDOFIT DALAM MENINGKATKAN  
KETAHANAN TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum*) TERHADAP  
SERANGAN NEMATODA SISTA KUNING (*Globodera rostochiensis*)**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**JUWITA  
NIM. 05520041**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG (UIN)  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2010**

**POTENSI BAKTERI ENDOFIT DALAM MENINGKATKAN  
KETAHANAN TANAMAN KENTANG (*solanum tuberosum* L.) TERHADAP  
SERANGAN NEMATODA SISTA KUNING (*Globodera rostochiensis*)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada :**  
**Fakultas Sains Dan Teknologi**  
**Universitas Islam Negeri (UIN)**  
**Maulana Malik Ibrahim Malang**  
**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam**  
**Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh :**

**JUWITA**  
**NIM. 05520041**

**JURUSAN BIOLOGI**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**2010**

**POTENSI BAKTERI ENDOFIT DALAM MENINGKATKAN  
KETAHANAN TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum*) TERHADAP  
SERANGAN NEMATODA SISTA KUNING (*Globodera rostochiensis*)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**Juwita  
NIM. 05520041**

Telah disetujui oleh :

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Ulfah Utami, M. Si  
NIP. 19650509 199903 2 002**

**Dosen Pembimbing II**



**Dr. Ahmad Barizi, MA  
NIP. 19731212 199803 1 001**

Tanggal, 14 April 2010

Mengetahui ✓

**Ketua Jurusan Biologi**



**Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd  
NIP. 19630114 199903 1 001**

**POTENSI BAKTERI ENDOFIT DALAM MENINGKATKAN  
KETAHANAN TANAMAN KENTANG (*Solanum tuberosum*) TERHADAP  
SERANGAN NEMATODA SISTA KUNING (*Globodera rostochiensis*)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**JUWITA  
NIM. 05520041**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

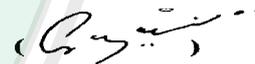
**Tanggal, 23 April 2010**

**Susunan Dewan Penguji**

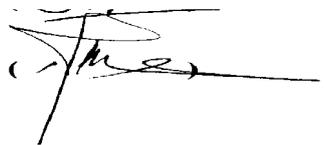
- 1. Penguji Utama : Dwi Suheriyanto, MP  
NIP. 19740325 200312 1 001**
- 2. Ketua : Suyono, MP  
NIP. 19710622 200312 1 002**
- 3. Sekretaris : Dr. Ulfah Utami, M. Si  
NIP. 19650509 199903 2 002**
- 4. Anggota : Dr. Ahmad Barizi, MA  
NIP. 19731212 199803 1 001**

**Tanda Tangan**

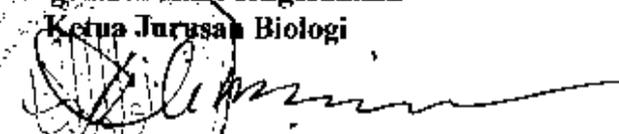
()

()

()

()

**Mengetahui dan Mengesahkan  
Ketua Jurusan Biologi**

()

**Dr. Eko Budi Munarno, M. Pd  
NIP. 19630414 199903 1 001**

**SURAT PERNYATAAN  
ORISINILITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Juwita  
NIM : 05520041  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi  
Judul Penelitian : Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Ketahanan  
Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Terhadap  
Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera  
rostochiensis*)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 14 April 2010

Yang Membuat Pernyataan

Juwita  
NIM. 05520041

## Persembahan

Syukur Alhamdulillah kupanjatkan kepada Illahi Robbi Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kesabaran kepada hamba, dan hamba selalu memohon pertolongan-NYA, sholawat serta salam tercurah kepada junjungan nabi Muhammad SAW yang memberikan tuntunan menuju kepada-NYA

Kedua orang tuaku tercinta ayah handa Muhammad Sali dan ibunda Srinatin beliaulah yang tak bosan-bosannya memberikan doa, kasih sayang serta nasehat-nasehat yang tak terlupakan olehku, terima kasih yang tak terhingga

Kakak-kakak dan adek-adekku tercinta Siti Alifah, Siswanto, Andriono, Riska dan Lina terima kasih atas bantuan dan dukungannya serta kasih sayang yang telah kalian berikan, kalian adalah saudara-saudaraku yang paling hebat dan full pengertian.

Bapak Ibu Guru dan Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu serta nasehat-nasehat kepadaku.

IBU Ulfah, Bpk Barizi, Bpk Suyono, Bpk Dwi terimakasih atas ilmu dan bimbingannya selama saya menimba ilmu di kampus UIN tercinta ini. Semoga apa yang saya dapatkan bermanfaat dalam hidup saya.

Sahabatku Aisyatul Bariza, Edi Suriaman, Afifah dan Ifatul terimakasih atas semangat dan kebersamaannya

selama ini semoga persahabatan kita tetap langgeng dan awet selamanya.

Spesial to my best friend si imut Hilda thanks atas kebersamaanya selama ini terutama thanks atas printnya.

Maz Basyar, Maz soleh, Nia, Ninik, dan wardah terimakasih atas bantuannya selama aku ada di laboratorium mikro.

P. K huri, P. Totok, P. JOK O, Maz Okky makasih telah menemani-q di lab mikro di saat penelitian.

Seseorang yang telah berjasa kepada-Q dan rela meluangkan waktunya buat-q, Mbak Lil-q makasih yach mbak berkat bantuan moe q boleh nyusul ujian.

Spesial buat mbak-q youlie makasih atas doa dan dukungan semangatnya selama ini.

Si cantik Nurul, Mega, Vian dan si tampan Arif dan rizal semangat yach perjalanan kalian tinggal dikit lagi n moga sukses selalu.

Temen-temen KSR-PMI di markaz tercinta UIN MALIKI Malang terimakasih atas kebersamaanya dan kenangan yang tak terlupa.

Serta temen-temenku angkatan 2005 yang telah memberikan kenangan yang "tak terlupakan" dan terimakasih kepada semua orang yang pernah membantu aku dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tak bisa kusebutkan satu persatu.

## MOTTO

وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَىٰ لَنْ نَصْبِرَ عَلَىٰ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ  
لَنَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ مِنْ بَقْلِهَا وَقِثَّائِهَا وَفُومِهَا وَعَدَسِيهَا وَبَصِلِهَا  
قَالَ آتَسْتَبْدِلُونَ الَّذِي هُوَ أَدْنَىٰ بِالَّذِي هُوَ خَيْرٌ أَهْبَطُوا مِصْرًا  
فَإِن لَّكُمْ مَا سَأَلْتُمْ<sup>ط</sup> وَضُرِبَتْ عَلَيْهِمُ الذَّلِيلَةُ وَالْمَسْكَانَةُ وَبَاءُوا بِغَضَبِ  
مِّنَ اللَّهِ<sup>ط</sup> ذَلِكَ بِأَنَّهُمْ كَانُوا يَكْفُرُونَ بِآيَاتِ اللَّهِ وَيَقْتُلُونَ  
النَّبِيِّينَ<sup>ط</sup> بغيرِ الْحَقِّ<sup>ط</sup> ذَلِكَ بِمَا عَصَوْا<sup>ط</sup> وَكَانُوا يَعْتَدُونَ ﴿٦١﴾

Artinya: Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: "Hai Musa, kami tidak bisa sabar (tahan) dengan satu macam makanan saja. Sebab itu mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu, agar Dia mengeluarkan bagi kami dari apa yang ditumbuhkan bumi, yaitu sayur-mayurnya, ketimunnya, bawang putihnya, kacang adasnya, dan bawang merahnya". Musa berkata: "Maukah kamu mengambil yang rendah sebagai pengganti yang lebih baik? Pergilah kamu ke suatu kota, pasti kamu memperoleh apa yang kamu minta". Lalu ditimpahkanlah kepada mereka nista dan kehinaan, serta mereka mendapat kemurkaan dari Allah. Hal itu (terjadi) karena mereka selalu mengingkari ayat-ayat Allah dan membunuh para Nabi yang memang tidak dibenarkan. Demikian itu (terjadi) karena mereka selalu berbuat durhaka dan melampaui batas (QS. Al-Baqarah (2): 61).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Potensi bakteri endofit dalam meningkatkan ketahanan tanaman kentang (*solanum tuberosum* L.) terhadap serangan nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*)”. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan nabi Muhammad SAW.

Selanjutnya penulis skripsi ini tidak lupa mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada:

1. Prof. Dr Imam Suprayogo, selaku rektor UIN Maliki Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro S.U., D.Sc, selaku dekan fakultas Sains dan teknologi UIN Maliki Malang.
3. Dr. Eko Budiminarno, M.Si, selaku ketua jurusan biologi UIN Maliki Malang.
4. Dr. Ulfah Utami, M.Si, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
5. Dr. Ahmad Barizi, MA, selaku dosen pembimbing integrasi sains dan islam, yang telah memberikan arahan dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis.
6. Suyono, MP, selaku dosen wali yang telah memberikan arahan, nasehat dan meluangkan waktunya untuk membimbing penulis selama study di kampus UIN Maliki Malang tercinta.
7. Dwi Suheriyanto, MP, selaku penguji utama terima kasih atas saran, masukan dan bimbingannya.

8. Kedua orang tuaku Bapak Muhammad Sali dan Ibu Srinatin, terimakasih atas bantuan moril dan spiritual serta kasih sayangnya.
9. Semua kakakku dan adekku, terimakasih atas dukungan dan kasih sayangnya.
10. Edi Suriaman dan keluarga besarnya, terima kasih atas dukungan dan semangatnya.
11. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhirnya penulis berharap Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan bagi peneliti khususnya dan bagi pembaca. Amin.

*Wassalammu'alaikum Wr.Wb*

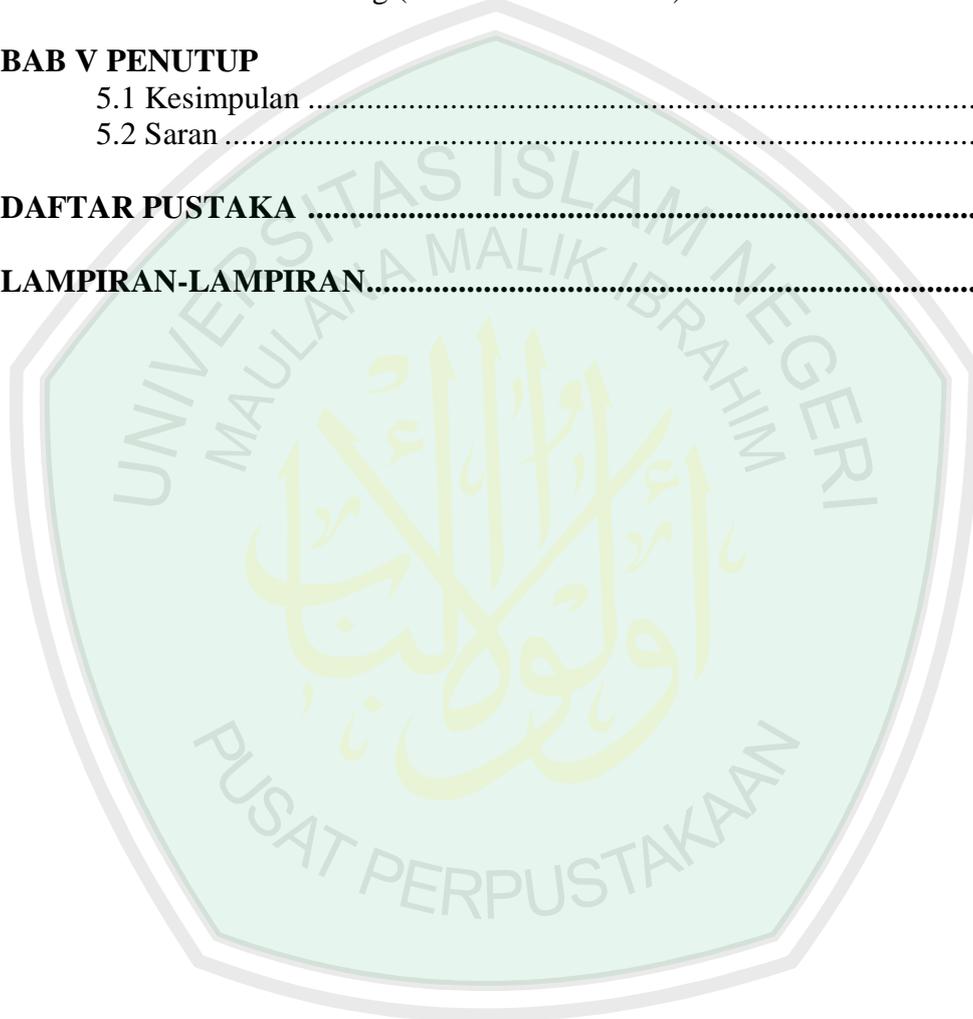
Malang, 14 April 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	7
1.3 Tujuan Penelitian .....	8
1.4 Hipotesis.....	8
1.5 Manfaat Penelitian .....	8
1.6 Batasan Masalah .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Diskripsi Tanaman Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	11
2.1.1 Morfologi Tanaman Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	11
2.1.2 Klasifikasi Tanaman Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	15
2.1.3 Kandungan Senyawa Kimia Tanaman Kentang ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	16
2.2 Deskripsi Nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> .....	16
2.2.1 Bioekologi Nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> .....	16
2.2.2 Klasifikasi Nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> .....	21
2.2.3 Mekanisme Serangan Nematoda Sista Kuning ( <i>Globodera rostochiensis</i> ).....	22
2.2.4 Gejala Serangan Nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> .....	23
2.3 Deskripsi Bakteri Endofit.....	25
2.3.1 Potensi Bakteri Endofit .....	25
2.3.2 Mekanisme Penghambatan Patogen oleh Bakteri Endofit ...	28
2.4 Ketahanan Tanaman .....	31
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Rancangan Penelitian.....	33
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	33
3.3 Alat dan Bahan .....	33
3.4 Variabel Penelitian.....	34
3.5 Prosedur Penelitian .....	34
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan.....	34
3.5.2 Penyiapan dan Pemurnian Isolat Bakteri endofit .....	35
3.5.3 Isolasi Sista <i>Globodera rostochiensis</i> .....	35
3.5.4 Pelaksanaan Percobaan.....	37

3.6 Analisa Data .....	40
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Kemampuan Bakteri Endofit dalam Menghambat Pertumbuhan Nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> pada Akar Tanaman Kentang..	41
4.2 Kemampuan Isolat Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kentang ( <i>Solanum Tuberosum</i> ).....	47
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>75</b>



## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
4.1.	Kemampuan bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning <i>G. rostochiensis</i> .....	42
4.2	Kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan tinggi tanaman kentang..	48
4.3.	Kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan berat basah tanaman kentang .....	52
4.4	Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan berat kering tanaman kentang .....	56
4.5	Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan panjang akar tanaman kentang .....	59
4.6	Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan berat kering akar tanaman kentang .....	61

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
2.1	Bagian-Bagian anatomi Umbi Kentang .....	15
2.2	A. Sista Nematoda <i>G. rostochiensis</i> . B. Telur yang keluar dari sista <i>G. rostochiensis</i> .....	18
2.3	Sista <i>Globodera rostochiensis</i> yang telah "pecah" .....	19
2.4	Nematoda <i>G. Rostochiensis</i> .....	22
2.5	Sista nematoda <i>G. rostochiensis</i> yang terdapat pada akar tanaman kentang	24
2.6	Kerusakan tanaman kentang yang diserang oleh sista nematoda .....	25
2.7	Tempat kolonisasi dan infeksi oleh endofit diazotrophic.....	28
4.1.	Persentase Jumlah sista yang menempel pada akar tanaman kentang .....	43
4. 2.	Grafik hasil analisa regresi polynomial terhadap pengaruh jumlah nematoda terhadap tinggi tanaman .....	49
4. 3	Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat basah tanaman kentang.....	54
4. 4.	Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat kering tanaman kentang yang diaplikasikan isolat bakteri endofit	57
4.5	Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan Panjang akar tanaman kentang yang diaplikasikan isolat bakteri endofit	60
4.6	Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat kering tanaman kentang yang diaplikasikan bakteri endofit .....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Gambar Tinggi Tanaman kentang.....	75
Lampiran 2.	Panjang akar tanaman yang diaplikasikan bakteri endofit .....	79
Lampiran 3.	Uji statistik.....	81
Lampiran 4.	Bahan Penelitian .....	87
Lampiran 5.	Alat penelitian.....	88



## ABSTRAK

Juwita. 2010. **Potensi Isolat Bakteri Endofit dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*).** Pembimbing : Dr. Ulfah Utami, M.Si., Pembimbing Integrasi Sains dan Agama: Dr. Ahmad Barizi, MA

**Kata Kunci:** Bakteri Endofit, Ketahanan, Kentang, Nematoda *G. Rostochiensis*.

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan bahan makanan yang memiliki kandungan nutrisi cukup baik. Kendala utama budidaya tanaman kentang adalah adanya serangan hama, salah satu hama yang menyerang tanaman kentang adalah *Globodera rostochiensis*. Pada serangan yang sangat parah, dapat menyebabkan batang dan daun tanaman mengering dan akhirnya mati. Pengendalian hama menggunakan nematisida kimia memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Sehingga diperlukan alternatif baru yang ramah lingkungan, salah satunya adalah pemanfaatan bakteri endofit. Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman, tanpa menyebabkan kerugian bagi tanaman inang. Bakteri ini mampu menginduksi ketahanan tanaman, meningkatkan pertumbuhan tanaman, menguraikan dinding sel patogen, dan menghambat pertumbuhan patogen dengan menghasilkan senyawa antimikroba seperti *siderophores*.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAL) tunggal. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember sampai dengan April 2010, di laboratorium mikrobiologi dan laboratorium fisiologi tumbuhan Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Teknik analisis data menggunakan *Analysis Of Varians* dan apabila perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan *BNT* (uji Beda Nyata terkecil) dengan taraf signifikansi 5%. Untuk mengetahui pengaruh nematoda *G. rostochiensis* terhadap pertumbuhan tanaman dilakukan uji regresi polinomial.

Semua jenis isolat bakteri endofit (isolat bakteri tunggal *P. pseudomallei*, *B. mycoides*, dan *K. ozaenae*), maupun isolat kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei*, *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*) yang diaplikasikan memiliki kemampuan dalam menghambat serangan nematoda *Globodera rostochiensis* dibandingkan kontrol. Semua jenis isolat bakteri endofit (isolat bakteri tunggal *P. pseudomallei*, *B. mycoides*, dan *K. ozaenae*), maupun isolat kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei*, *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang baik tinggi tanaman, berat basah dan berat kering tanaman, panjang akar dan berat kering akar dibandingkan dengan kontrol.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia untuk menunjang program diversifikasi pangan. Sebagai bahan makanan, kandungan nutrisi umbi kentang dinilai cukup baik, yaitu mengandung protein berkualitas tinggi, asam amino esensial, mineral, dan elemen-elemen mikro, di samping juga merupakan sumber vitamin C (asam askorbat), beberapa vitamin B (tiamin, niasin, vitamin B6), dan mineral P, Mg, dan K (Nurmayulis, 2005).

Kendala utama dalam meningkatkan produksi kentang di Indonesia adalah tidak tersedianya bibit kentang bermutu dan hal ini mengakibatkan bibit yang digunakan lebih mudah terserang hama dan penyakit (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Salah satu hama yang menyerang tanaman kentang adalah *Globodera rostochiensis*. Pada bulan Maret 2003 di Desa Tulung Rejo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Malang, Jawa Timur, dilaporkan terjadi serangan nematoda *G. rostochiensis* pada tanaman kentang. Luas areal serangan waktu itu telah mencapai 25% dari total lahan seluas 800 Ha (Ditlin, 2008).

Gejala awal serangan *G. rostochiensis* sulit diketahui, karena nematoda ini menyerang perakaran tanaman. Setelah serangan berada pada tingkatan sedang atau parah, maka tanaman akan terlihat layu, kemudian menguning dan tumbuh tidak normal (kerdil). Pada serangan yang sangat parah, dapat menyebabkan

batang dan daun tanaman mengering dan akhirnya mati. Tanaman yang terserang pada perakarannya terlihat bintil-bintil atau benjolan berwarna putih kekuningan. Benjolan berdiameter sekitar 0,5 mm. Ada juga yang berwarna coklat keemasan, menandakan nematoda ini telah membentuk sista (Ditlin, 2008).

Pengendalian hama Nematoda sista kuning yang paling banyak dilakukan saat ini adalah menggunakan nematisida kimia. Cara pengendalian nematoda dengan menggunakan nematisida kimiawi dapat menimbulkan dampak negatif berupa keracunan pada manusia dan hewan peliharaan, pencemaran air tanah, serta terbunuhnya organisme bukan sasaran termasuk musuh alami nematoda seperti jamur dan bakteri (Mustika dan Nuryani, 2006).

Segala yang terjadi sekarang, menunjukkan fakta bahwa manusia telah melalaikan tanggung jawabnya sebagai khalifah dengan cara menghancurkan alam ciptaan Allah, manusia cenderung mengeksploitasi kemampuan tanah tanpa memperhatikan keberlanjutan suatu sistem usahatani, misalnya mengatasi serangan hama atau penyakit (Khalid, 1999).

Penggalian manfaat dari alam, harus juga diikuti upaya pelestarian itu sendiri. Artinya, hendaklah dijaga keseimbangan ekologi dan dihindari pencemaran serta diupayakan agar kekayaan itu digunakan sehemat mungkin (Khaelany, 1996).

Salah satu ciri yang menonjol dalam konsep Islam adalah adanya prinsip keseimbangan dan keharmonisan hidup, firman Allah SWT dalam Q.S. Al-Mulk (67):3.

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَّا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ط  
فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ﴿٣﴾

*Artinya: Yang telah menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu sekali-kali tidak melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pemurah sesuatu yang tidak seimbang. Maka lihatlah berulang-ulang, adakah kamu lihat sesuatu yang tidak seimbang ?(Q.S. Al-Mulk (67):3).*

Keseimbangan dan keharmonisan dalam Islam sesuai dengan bentuk dan jenis penciptaan alam raya yang menggambarkan keseimbangan sebagaimana yang diungkapkan Al-qur'an dengan istilah fitrah. Fitrah pada Q.S. Al-Mulk (67):3, menggunakan kata فُطُورٍ yang diartikan seimbang, karena sifat fitrah itu sendiri adalah seimbang dan harmoni (Yusuf, 2006).

Pengendalian patogen bukan merupakan sesuatu yang mustahil untuk dilakukan karena Allah SWT dalam menciptakan segala sesuatu melalui perhitungan yang matang dan tentunya Allah tidak akan membiarkan umatnya dalam permasalahan yang tidak dapat diselesaikan. Allah tidak akan menurunkan penyakit atau patogen dalam lahan pertanian misalnya, melainkan menurunkan pula (obat) penyembuh bagi penyakit tersebut. Hal ini sesuai dengan Sabda Nabi SAW:

عن جابر بن عبد الله رضى الله عنه عن النبي صلى الله عليه وسلم أنه قال لكل

داء دواء فإذا أصيب دواء الداء برأ بإذن الله عز وجل (رواه مسلم)

*Artinya: Dari Jabir bin Abdillah R.A, dari Nabi SAW. Beliau bersabda : “ setiap penyakit pasti ada obatnya, apabila penyakit itu telah bertemu dengan*

*obatnya, maka penyakit itu akan sembuh atas izin Allah, Tuhan yang Maha Perkasa lagi Maha Agung*

Menurut Al-Jauziyah (1994), bunyi hadits tersebut, “*li kulli daa-in dawaa an*” (setiap penyakit ada obatnya) adalah bersifat umum, mencakup segala jenis penyakit dan segala jenis obatnya. Karena sesungguhnya Allah telah menyiapkan segala macam obat penyakit baik penyakit ringan maupun penyakit yang sangat membahayakan. Salah satu contohnya adalah pemanfaatan bakteri endofit untuk menginduksi ketahanan tanaman dari serangan hama nematoda sista kuning *G. rostochiensis*.

Pemanfaatan bakteri endofit dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan nematoda sista kuning *G. rostochiensis* merupakan pengendalian yang tidak menimbulkan efek negatif terhadap kehidupan manusia dan lingkungan. Compant dkk, (2005) dalam Firmansah (2008), melaporkan bahwa bakteri endofit telah diketahui mempunyai kemampuan dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.

Ketahanan tanaman terhadap penyakit didefinisikan sebagai suatu karakter yang memungkinkan tanaman terhindar, mempunyai daya tahan atau daya sembuh dari serangan penyakit dalam kondisi yang akan menyebabkan kerusakan lebih besar pada tanaman oleh patogen (Hammerschmidt dan Dann, 2000 dalam Firmansyah, 2008). Kemampuan bakteri PGPR (Growth Promoting Rhizobacter) dan bakteri endofit sebagai bioprotektan melalui ISR telah dilaporkan dan perlu dipertimbangkan sebagai mekanisme interaksi antara tanaman-PGPB patogen. Beberapa bakteri yang menghasilkan siderofore dan lipopolisakarida telah

dirujuk sebagai agen dalam meningkatkan ketahanan sistemik tanaman (Compant *et al.*, 2005 dalam Firmansah, 2008).

Menurut Hallmann (1999), bakteri endofit didefinisikan sebagai bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman, tanpa menyebabkan kerugian bagi tanaman inang. Hubungan antara tanaman dan bakteri endofit merupakan interaksi secara tertutup, hubungan ini berjalan dengan tanaman menyediakan nutrisi bagi bakteri endofit dan bakteri endofit meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman.

Banyak endofit mampu menghasilkan senyawa bioaktif untuk menghambat pertumbuhan organisme lain. Pada beberapa kasus, mereka mampu mensintesis senyawa alami yang diproduksi oleh tanaman sebagai alat pertahanan (Strobel dan Strobel, 2007). Chandrashekhara dkk (2007), menyatakan bahwa bakteri endofit dari beberapa genera seperti *Pseudomonas*, *Bacillus* dan *Azospirillum*, dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, menguraikan dinding sel patogen, dan menghambat pertumbuhan patogen dengan menghasilkan senyawa antimikroba seperti *siderophores*. Siderofor adalah senyawa organik selain antibiotik yang dapat berperan dalam pengendalian hayati penyakit tumbuhan (Fravel 1988 dalam Hasanudin, 2003).

Hasil penelitian Melliawati dkk (2006), menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat menghasilkan senyawa aktif yang berguna untuk memproteksi serangan mikrobial patogen tanaman, seperti *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas solanacearum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, dan *Fusarium oxysporum*. Hasil analisis menunjukkan bahwa bakteri endofit, ternyata mengandung senyawa aktif (steroid) yang mampu menghambat pertumbuhan mikrobial patogen. Selain itu,

hasil penelitian dari Harni dkk (2006), menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit dari genera *Bacillus* sp, dengan metode perendaman akar mempunyai kemampuan yang tinggi dalam menekan populasi nematoda peluka akar *Pratylenchus brachyurus*, yaitu berturut-turut sebesar 75%, 63% dan 60%.

Hallman *et al.*, (1995) dalam Athman (2006), melaporkan bahwa bakteri endofit mampu dalam mengendalikan nematoda *Meloidogyne incognita* pada tomat. Beberapa bakteri endofit yang diisolasi dari kapas juga mengurangi penyakit akar yang disebabkan oleh *M. incognita*. Bakteri endofit seperti *Pseudomonas fluorescens* menghasilkan metabolit sekunder 2,4-*diacetylpholoroglucinol*, memiliki potensi dalam mengurangi penetrasinya telur dan menyebabkan mortalitas bagi juvenil *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwoodi. Pada *greenhouse*, aplikasi isolat ini dapat mengurangi pembentukan benjolan pada akar tanaman tomat.

Menurut Saikkonen dkk, (1998) dalam Arnold dkk, (2003), keuntungan dengan adanya endofit pada tanaman inang adalah meningkatnya toleransi terhadap logam berat, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan, menekan serangan hama dan meningkatkan resistensi sistemik terhadap patogen. Dubois dkk (2006), menyatakan bahwa keuntungan tambahan menggunakan endofit adalah 1) inokulum endofit tidak perlu di inokulasi lagi ketika tanaman diserang oleh hama dan penyakit, dan 2) inokulum endofit dapat memberikan pengaruh yang sangat besar meski pada dosis yang rendah. Athman (2006), menyatakan bahwa bakteri endofit selain dapat melindungi tanaman terhadap tekanan biotik

dan abiotik, juga mudah diteliti secara *in vitro* dan dapat dikembangkan dalam seed treatment atau dalam pembibitan di lahan.

Menurut Hallmann *et al.* (1997) dalam Harni (2006), untuk aplikasi bakteri endofit dapat dilakukan melalui perlakuan benih, penyiraman ke tanah, injeksi batang, penyemprotan suspensi, dan perendaman akar. Keuntungan dari perlakuan benih, seperti perendaman akar (tanaman kultur jaringan), perendaman bibit, atau introduksi bakteri ke dalam tanah sebelum ditanam merupakan suatu usaha proteksi pada awal pertumbuhan.

Peningkatan ketahanan menggunakan bakteri endofit pada tanaman terhadap serangan patogen dapat menjadi alternatif pengendalian patogen. Sehingga potensinya perlu terus digali dan dikembangkan untuk mendapatkan bibit tanaman kentang yang bebas patogen. Untuk mengetahui potensi bakteri endofit dari tanaman kentang dalam memproteksi tanaman dari serangan Nematoda sista kuning, maka dilakukan penelitian dengan Judul “Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*)”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah bakteri endofit mampu menghambat serangan nematoda *G. rostochiensis* pada akar tanaman kentang ?
2. Apakah bakteri endofit mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yang diserang oleh nematoda *G. rostochiensis* ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam menghambat serangan nematoda *G. rostochiensis* dari akar tanaman kentang.
2. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yang diserang oleh nematoda *G. rostochiensis*.

### 1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Bakteri endofit mampu menghambat serangan nematoda *G. rostochiensis* dari akar tanaman kentang.
2. Bakteri endofit mampu meningkatkan ketahanan tanaman kentang dari serangan nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Memberikan informasi dan wawasan terhadap pengembangan ilmu pengetahuan biologi dan khususnya mata kuliah mikrobiologi dan pengendalian hayati.
2. Bakteri endofit dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian hama dan penyakit secara hayati pada tanaman Kentang.

3. Dapat dijadikan sumber informasi bagi penelitian selanjutnya, untuk mengembangkan bakteri endofit sebagai agen pengendali patogen tanaman.

### 1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Isolat bakteri endofit yang digunakan diperoleh dari laboratorium mikrobiologi UIN MALIKI Malang yang telah diisolasi dari tanaman kentang varietas granola. Bakteri endofit yang digunakan terdiri dari tiga yaitu, *Bacillus mycoides*, *Pseudomonas pseudomallei* dan *Klebsiella ozaenae*.
2. Bakteri endofit yang digunakan terdiri dari Bakteri tunggal terdiri dari *P. pseudomallei*, *B. mycoides* dan *K. ozaenae*, dan Bakteri kombinasi yang terdiri dari *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; *P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*; dan *P. pseudomallei*, *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*.
3. Kentang varietas *Granola* diperoleh dari lahan pertanian Batu.
4. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan polibag.
5. Aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini melalui perendaman benih atau bibit Tanaman kentang.
6. Penelitian ini dilakukan selama 1 siklus hidup nematoda *G. rostochiensis* (9 minggu).

7. Variabel penelitian ini adalah: Populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar tanaman kentang, tinggi tanaman, berat basah tanaman, berat kering tanaman, panjang akar dan berat kering akar.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Deskripsi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

##### 2.1.1 Morfologi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

Allah SWT telah menyatakan adanya keanekaragaman tumbuhan yang telah di ciptakannya. Hal ini dapat dilihat pada Al-qur'an surat An-Nazi'at (79): 30-31).

وَالْأَرْضُ بَعْدَ ذَلِكَ دَحَاهَا ﴿٣٠﴾ أَخْرَجَ مِنْهَا مَاءَهَا وَمَرْعَاهَا ﴿٣١﴾

*Artinya: Dan bumi sesudah itu dihamparkan-Nya. Ia memancarkan daripadanya mata airnya, dan (menumbuhkan) tumbuh-tumbuhannya (QS. An-Nazi'at (79): 30-31).*

Pada ayat di atas terdapat kata Kata “*mar*”. Kata tersebut mencakup semua jenis tumbuhan konsumsi seperti sayuran, rerumputan, umbi-umbian, serta sayur mayur yang tanpa batang, seperti daun kol, melon, buncis dan sebagainya. Al-Qur'an tidak menyebutkan keseluruhan tumbuhan tersebut akan tetapi hanya diringkas dalam kosa kata “*mar*” sebagai bahan makanan bagi umat manusia serta binatang ternak (Phil dan Setiawan, 2009).

Allah SWT memiliki kekuasaan yang mutlak untuk mengatur alam semesta, Allah mengetahui perkara-perkara yang tidak diketahui oleh manusia. Ilmunya meliputi segenap makhluk yang ada di darat dan laut, tiada satu daunpun yang jatuh tanpa sepengetahuan Allah SWT (Mahran dan Mubasyir, 2006).

Firman Allah SWT dalam QS. Yaasiin (36):33).

وَعَايَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةَ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ



*Artinya: Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati. Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan dari padanya biji-bijian, maka daripadanya mereka makan (QS. Yaasiin (36):33).*

Ayat di atas menunjukkan salah satu kemahakuasaan Allah untuk membangkitkan kembali makhluk yang sudah mati dan megumpulkannya. Bumi yang gersang dapat kembali hidup lalu menumbuhkan tetumbuhan ladang yang menghasilkan biji sebagai makanan bagi manusia (Mahran dan Mubasyir, 2006). Pada bidang pertanian, ayat di atas secara tidak langsung juga menjelaskan adanya proses pengolahan tanah, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Pengolahan tanah bertujuan untuk mempersiapkan penanaman dengan memperbaiki sifat fisik tanah dan kimia tanah, hal ini dapat dilakukan dengan mempertahankan kelembaban tanah, dan membenamkan sisa-sisa tanaman dan mengendalikan gulma untuk memudahkan perkembangan perakaran dan perkecambahan benih tanaman (Abidin dan Lando, 1986 dalam Bilman, 2001).

Dunia tumbuh-tumbuhan ciptaan Allah SWT tidak hanya penuh dengan buah-buahan hasil panen lainnya, akan tetapi juga menjaga keseimbangan dan pola yang tetap. Terdapat beraneka ragam warna, buah-buahan, bunga-bunga dan hasil panen, akan tetapi tetap berada di dalam susunan aturan yang ketat dari Allah sebagaimana Firman Allah SWT (Rahman, 2000):

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ



*Artinya: Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran (Al-Hijr (15): 19).*

Pada ayat lain Allah SWT berfirman:

وَإِذْ قُلْتُمْ يَا مُوسَىٰ لَنْ نَصْبِرَ عَلَىٰ طَعَامٍ وَاحِدٍ فَادْعُ لَنَا رَبَّكَ يُخْرِجْ لَنَا مِمَّا تُنْبِتُ الْأَرْضُ مِنْ بَقْلِهَا وَقِثَّائِهَا وَفُؤِهَا وَعَدَسِهَا وَبَصِلِهَا

*Artinya: Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: "Hai Musa, kami tidak bisa sabar (tahan) dengan satu macam makanan saja. Sebab itu mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu, agar Dia mengeluarkan bagi kami dari apa yang ditumbuhkan bumi, yaitu sayur-mayurnya, ketimunnya, bawang putihnya, kacang adasnya, dan bawang merahnya". (QS. Al Baqarah (2):61).*

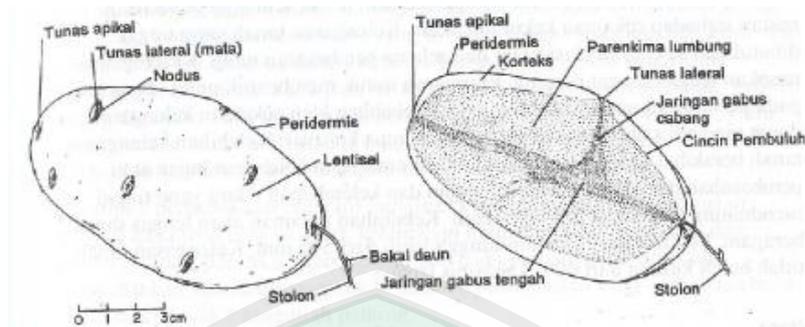
Ayat di atas menjelaskan tentang keanekaragaman tumbuhan ciptaan Allah SWT, berbagai macam tumbuhan yang disebutkan adalah sayur-mayur, ketimun, bawang putih, kacang adas, dan bawang merah. Salah satu jenis tanaman sayur-sayuran ciptaan Allah SWT adalah tanaman kentang yang memiliki kandungan protein cukup tinggi dibandingkan biji sereal dan umbi lainnya. Kandungan asam aminonya juga seimbang sehingga sangat baik bagi kesehatan manusia (Nurmayulis, 2005).

Tanaman kentang merupakan tanaman dikotil semusim, berbentuk semak atau herba dengan filotaksis spiral. Tanaman ini umumnya ditanam dari umbi. Daun-daun pertama tanaman kentang berupa daun tunggal sedangkan daun-daun berikutnya berupa daun majemuk *impartipinnate* (Nurhidayah dkk, 2005). Warna

bunga tanaman ini bermacam-macam, seperti putih, biru, ungu, terdapat pada tukul-tukul dengan percabangan dikotomik dengan ibu tangkai yang panjang. Buahnya buah buni yang bulat dengan kelopak yang tetap (Gembong, 1994).

Batang di atas tanah berdiri tegak, awalnya halus dan akhirnya menjadi persegi serta bercabang jika pertumbuhannya sudah berlanjut. Bentuk pertumbuhan tanaman berkisar dari kompak hingga menyebar. Batang di bawah permukaan tanah (rhizoma), umumnya disebut stolon, menimbun dan menyimpan produk fotosintesis dalam umbi yang membengkak di bagian ujung. Karbohidrat ditranslokasikan sebagai sukrosa ke dalam stolon, yang pembelahan dan pembesaran selnya menyebabkan pertumbuhan umbi; sukrosa yang ditransportasikan dikonversi dan disimpan dalam bentuk butiran pati (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

Secara morfologi, umbi adalah batang pendek, tebal dan berdaging dengan daun yang berubah menjadi kerak atau belang, berdampingan dengan tunas samping (aksilar), yang dikenal dengan "mata". Tunas tersebut membentuk susunan spiral yang tertekan pada permukaan umbi, dengan jumlah yang makin banyak mendekati titik apikal. 'Mata' berada pada belang ketiak daun dan tetap dominan selama perbesaran umbi. Sebenarnya, setiap mata adalah sekelompok tunas, dan setiap tunas mampu tumbuh menjadi batang (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Pembentukan umbi berkorelasi positif dengan luas daun serta berhubungan dengan umur daun (Nurhidayah dkk, 2005).



Gambar 2.1 Bagian-Bagian anatomi Umbi Kentang (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998)

Pertumbuhan tanaman kentang sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca. Tanaman kentang tumbuh baik pada lingkungan dengan suhu rendah, yaitu 15 sampai 20° C, cukup sinar matahari, dan kelembaban udara 80 sampai 90 % (Sunarjono, 1975 dalam Nurhidayah dkk, 2005).

### 2.1.2 Klasifikasi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

Menurut Gembong (1994), kentang (*Solanum tuberosum* L) diklasifikasikan sebagai berikut:

- Divisio : Spermatophyta
- Subdivisio : Angiospermae
- Klas : Dicotyledoneae
- Ordo : Tubiflorae (Solanales, Personatae)
- Familia : Solanaceae
- Genus : *Solanum*
- Spesies : *Solanum tuberosum* L.

### **2.1.3 Kandungan Senyawa Kimia Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)**

Senyawa kimiawi yang dikandung oleh kentang termasuk dalam golongan glikoalkaloid, dengan dua macam senyawa utama, yaitu solanin dan *chaconine*. Biasanya senyawa ini dalam kentang berkadar rendah dan tidak menimbulkan efek yang merugikan bagi manusia. Meskipun demikian, kentang yang berwarna hijau, bertunas, dan secara fisik telah rusak atau membusuk dapat mengandung kadar glikoalkaloid dalam kadar yang tinggi. Kadar glikoalkaloid yang tinggi dapat menimbulkan rasa pahit dan gejala keracunan berupa rasa seperti terbakar di mulut, sakit perut, mual, dan muntah (BPOM, 2008).

Selain itu, tanaman kentang juga mengandung Phytoalexin. Pada tanaman kentang ditemukan Phytoalexin norsesquiterpenoid dan rishitin. Phytoalexin adalah senyawa antimikroba dengan berat molekul yang kecil yang terakumulasi dalam tanaman sebagai akibat dari adanya infeksi atau cekaman (Kuc, 1995).

## **2.2 Deskripsi Nematoda *Globodera rostochiensis***

### **2.2.1 Bioekologi Nematoda *Globodera rostochiensis***

#### **2.2.1.1 Karakteristik Nematoda *Globodera rostochiensis***

Nematoda sista kuning atau *G. rostochiensis* merupakan organisme berupa cacing berukuran kecil, dengan panjang kurang dari 1 mm, yang tinggal di dalam tanah dan menyerang akar tanaman (Knoxfield, 2006). Nematoda sista kuning umumnya bersifat menetap (sedentary). Spesies ini dapat ditemukan dalam jaringan akar dalam keadaan sudah berubah bentuk dari cacing menjadi membulat (seperti bentuk botol) (Ditlin, 2008).

Sebagian besar spesies *Globodera* sudah membentuk sista yang menempel pada akar tanaman dengan bagian anterior tubuhnya menyusup dalam korteks, sedangkan bagian posteriornya di luar jaringan akar (semi endoparasit). Bentuk sista membulat (globular atau spheroid). (Ditlin, 2008). Sista dari *G. rostochiensis* (nematoda emas) berwarna putih, kuning atau berwarna keemasan ketika pertama kali mereka berada pada akar (sista belum dewasa) dan berubah warna menjadi coklat jika mereka sudah dewasa (Knoxfield, 2006).

Hasil identifikasi *G. rostochiensis* pada tanaman Kentang di Batu, Jawa Timur oleh Mulyadi dkk (2003), menunjukkan bahwa karakteristik dari Nematoda *G. Rostochiensis* adalah sebagai berikut:

a) Sista

Sista berbentuk membulat, kepala dan "leher" relatif kecil tampak menonjol, Sista berwarna cokelat atau cokelat kehitaman (Gambar 5 dan 6). Pada kutikula tampak adanya "gambaran" pola *reticulate ridges*. Antara vulva dengan anus mengandung lebih dari 12 *pararel ridges*. Panjang sista antara 470-1.008  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 638,08  $\mu\text{m}$ . Sedang lebar sista antara 357-744  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 490,33  $\mu\text{m}$ . Panjang kepala termasuk "leher" antara 80-160  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 112,17  $\mu\text{m}$ .



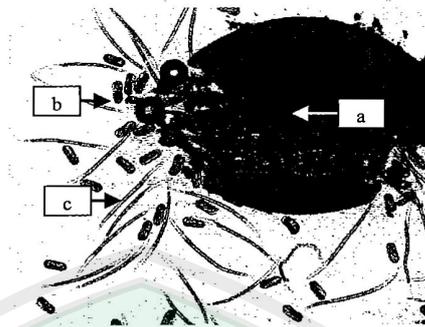
Gambar 2.2 A. Sista Nematoda *G. rostochiensis*. B. Telur yang keluar dari sista *G. rostochiensis* (PADIL, 2006).

b) Telur.

Telur berbentuk oval, massa telur berada di dalam tubuh betina yang telah berubah menjadi sista. Ukuran panjang telur antara 98-109  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 105  $\mu\text{m}$ . Sedang lebar antara 50-59  $\mu\text{m}$ , dengan rata-rata 54.6  $\mu\text{m}$ .

c) Larva stadia dua.

Ketika masih di dalam telur pada umumnya tubuh larva melipat menjadi empat lipatan. Larva berbentuk cacing (*vermiform*), bentuk ekor makin ke ujung-makin mengecil (Gambar 3 dan 4). Kepala sedikit *offset* (bagian kepala dengan bagian tubuh di belakang kepala "dipisahkan" suatu lekukan pada kutikula). Stilet tipe stomatostilet dan berkembang dengan baik. Knob stilet (pangkal stilet) berbentuk membulat yang merupakan ciri dari spesies *Globodera rostochiensis*.



**Gambar 2.3** Sista *Globodera rostochiensis* yang telah "pecah" (a), berisi massa telur (b), dan larva stadia dua (c) (Mulyadi *dkk*, 2003).

Larva stadia dua vermiform dengan panjang tubuh total 531 - 563  $\mu\text{m}$  dan rata-rata 548,4  $\mu\text{m}$ , lebar tubuh maksimum 22 - 26  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 23,6  $\mu\text{m}$ , mempunyai stilet tipe stomatostilet dengan knob stilet berbentuk membulat, dan sebagian tubuh posterior tampak hialin.

#### d) Nematoda Betina

Tubuh berbentuk membulat (*globose*) yang merupakan ciri dari genus *Globodera*. Pada kutikula tampak adanya "gambaran" yang berujud pola *reticulate ridges*. Tubuh berwarna putih kemudian pada perkembangan selanjutnya berubah menjadi kuning keemasan sehingga disebut *golden potato cyst nematode*. Perubahan warna tubuh menjadi kuning keemasan tersebut disebabkan adanya pengaruh pigmen tubuh (Brodie *dkk*, 1993 *dalam* Mulyadi:2003).

### 2.2.1.2 Siklus Hidup Nematoda *Globodera rostochiensis*

Nematoda *G. rostochiensis* dalam perkembangannya melalui tahapan stadium telur, larva, dan dewasa. Siklus hidup dari telur sampai dewasa berlangsung selama 38-48 hari. Nematoda Sista Kuning betina bersifat *amphimictic*, berbentuk bulat (*globose*), sessile, dan motile (bergerak). Sedangkan

Nematoda Sista Kuning jantan berbentuk seperti cacing (vermiform). Daur hidup *G. rostochiensis* antara 5-7 minggu tergantung kondisi lingkungan. Produksi telur 200-500 butir (Ditlin, 2008). Telur *G. rostochiensis* menetas ketika pada kondisi optimal, meskipun beberapa juvenile akan selalu mampu bertahan (dorman) selama beberapa tahun, tanpa harus memperhatikan keadaan, tetapi menetas pada kondisi optimal dilakukan untuk memastikan viabilitas dari populasi (APHIS, 2008).

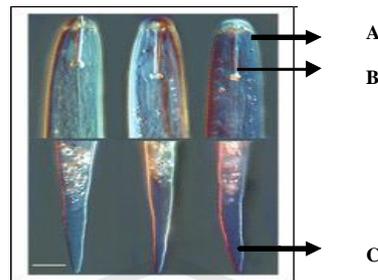
Nematoda *G. rostochiensis* mampu bertahan hidup pada kondisi lingkungan kurang menguntungkan (tidak ada inang, suhu sangat rendah, suhu tinggi, dan kekeringan) dengan membentuk sista. Nematoda aktif kembali setelah kondisi lingkungan sesuai, terutama adanya eksudat akar tanaman inang. Sista dapat bertahan lebih dari 10 tahun. Larva stadium dua aktif pada suhu 10° C. Suhu optimum untuk menginfeksi 16° C. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan antara 15°-21° C. Kisaran pH yang dapat ditoleransi, sesuai dengan tanaman kentang (Ditlin, 2008).

### 2.2.2 Klasifikasi Nematoda *Globodera rostochiensis*

Ferris (2008), mengklasifikasikan Nematoda *G. rostochiensis* sebagai berikut:

Phylum	: Nematoda
Class	: Secernentea
Subclass	: Diplogasteria
Order	: Tylenchida
Superfamily	: Tylenchoidea
Family	: Heteroderidae
Subfamily	: Heteroderinae
Genus	: <i>Globodera</i>
Species	: <i>Globodera rostochiensis</i>

Genus *Globodera*, memiliki 2 jenis spesies yaitu *G. rostochiensis* dan *Globodera pallida*. Perbedaan utama kedua spesies *Globodera* tersebut terletak pada warna sista dewasa betina dan stiletnya. Betina dewasa *G. rostochiensis* berwarna putih kemudian menjadi kuning keemasan, sedangkan *G. pallida* dewasa betinanya berwarna putih tetapi pada beberapa populasi ada yang berubah menjadi krem. Stilet *G. rostochiensis* memiliki pangkal (knob) membulat dan menjorok ke belakang, sedangkan *G. pallida* meruncing ke depan (Ditlin, 2008).



Gambar 2.4 Nematoda *G. Rostochiensis*, A. Kepala, B. Stylet dan C. Ekor (PADIL, 2006).

### 2.2.3 Mekanisme Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*)

Ketika suhu tanah telah cukup panas (diatas  $10^{\circ}\text{C}$ ), dan sinyal kimiawi telah diterima secara tepat, juvenile stadia ke dua keluar dari telur, yang terlepas dari sista dan berpindah ke arah akar tanaman inang. Telur menetas karena adanya rangsangan oleh diffusate akar tanaman (60-80%), dan hanya 5 % yang disebabkan oleh air (Ferris, 2008).

Ketika Juvenil *G. rostochiensis* stadia ke dua menemukan inang, maka akan masuk ke dalam akar melalui ujung pertumbuhan akar atau melalui akar lateral dan menggunakan mulut atau stylet-nya untuk menembus dinding sel. Memakan umbi akar sebagai precursor untuk membentuk syncytium atau transfer gen, dengan demikian dapat memperbesar ukuran lubang sel akar (sel akar membengkak) dan memecah dinding sel akar. Keberadaan Syncytium dapat memudahkan asupan nutrisi bagi nematoda (APHIS, 2008).

Molekul signal nematoda atau elisitor dikeluarkan dari sekresi kelenjar eshopagus nematoda dan diinjeksikan melalui stilet dalam jaringan inang. Sekresi dari kelenjar eshopagus nematoda pada nematoda endoparasit dari genus *Globodera* berhubungan dengan respon inang yang kompatibel yang kemudian

merubah sel inang menjadi *feeding site* yang spesifik seperti *giant cell* dan *sinsitium* sebagai sumber nutrisinya (Williamson dan Richard, 1996).

Nematoda dapat mempertahankan adanya syncytium, kemudian nematoda akan berganti kulit menuju stadia tiga dan empat, berubah menjadi nematoda jantan atau betina dewasa. Pada beberapa kasus lainnya syncytium tidak dapat dipertahankan dan mengakibatkan kekurangan nutrisi, hal ini akan menghasilkan lebih banyak nematoda jantan. Nematoda jantan yang muncul tidak makan dan pada stadia ke empat akan berada dalam kutikula stadia ke tiga sampai selesai pergantian kulit (molting) menuju dewasa. Demikian juga, ketika ketersediaan nutrisi tinggi, maka lebih banyak menghasilkan nematoda betina, sehingga dapat menghasilkan telur karena nutrisi yang dibutuhkan berada pada level yang tinggi (APHIS, 2008).

#### **2.2.4 Gejala Serangan Nematoda *Globodera rostochiensis***

Tanaman yang diserang nematoda *G. rostochiensis* akan kerdil dan menjadi layu, daun berwarna kuning atau warna terlihat pudar. Panjang akar Tanaman yang diserang menjadi berkurang dengan percabangan yang tidak normal dan berwarna kecoklatan. Pada bunga, awalnya berwarna putih, atau kuning atau pada bidangnya berwarna coklat, dan ukuran kepala sistanya nya (0.5 mm) dapat dilihat di luar akar. Kerusakan yang diakibatkan, mulai dari pertumbuhan tanaman yang kerdil sampai pada kegagalan panen. Penyakit pada tumbuhan pertama kali terjadi dalam skala kecil kemudian menjadi besar pada masing-masing tumbuhan baru,

jika kentang secara kontinyu tumbuh pada tempat yang telah diserang (Knoxfield, 2006).



**Gambar 2.5 Sista nematoda *G. rostochiensis* yang terdapat pada akar tanaman kentang (sista berwarna kuning bulat) (Knoxfield, 2006).**

Keberadaan *G. rostochiensis* pada tanaman inang akan mengurangi ukuran akar tanaman dan mengubah total mineral yang telah diambil oleh tumbuhan. Sehingga, pertumbuhan tanaman menjadi berkurang dan akan mengakibatkan stres air, mengubah rasio mineral dan mengakibatkan *senescence* (penuaan) awal. Pengaruh serangannya mengakibatkan peningkatan jumlah nematoda dengan masing-masing 1 gram tanah dapat di temukan 10.000 individu nematoda (APHIS, 2008).



**Gambar 2.6** Kerusakan tanaman kentang yang diserang oleh sista nematoda. Pada gambar (a) tanaman kerdil yang menunjukkan adanya serangan oleh nematoda *G. rostochiensis* dan gambar (b) tanaman yang sehat dan tidak terserang oleh nematoda *G. rostochiensis* (Knoxfield, 2006)

## 2.3 Deskripsi Bakteri Endofit

### 2.3.1 Potensi Bakteri Endofit

Firman Allah SWT dalam QS. Al-Baqarah (2):164.

.....وَبَتْ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ.....

Artinya: .....Dan Dia sebarkan dibumi itu segala jenis hewan... (QS. Al-Baqarah (2):164.).

Menurut Al-Mubarak (2006), Ayat di atas menunjukkan bahwa Allah telah menciptakan makhluk hidup dalam berbagai macam bentuk, warna, dan manfaat, baik besar maupun kecil. Dan Allah SWT mengetahui semua itu dan memberikan rizki kepadanya, tidak ada satupun dari hewan-hewan itu yang tidak terjangkau atau tersembunyi darinya, sebagaimana Allah berfirman dalam Surat QS. Huud (11):6.

﴿ وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا كُلٌّ فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦﴾ ﴾

*Artinya: Dan tidak ada suatu binatang melata<sup>[709]</sup> pun di bumi melainkan Allah-lah yang memberi rezkinya, dan Dia mengetahui tempat berdiam binatang itu dan tempat penyimpanannya<sup>[710]</sup>. Semuanya tertulis dalam Kitab yang nyata (Lauh mahfuzh) (QS. Huud (11):6).*

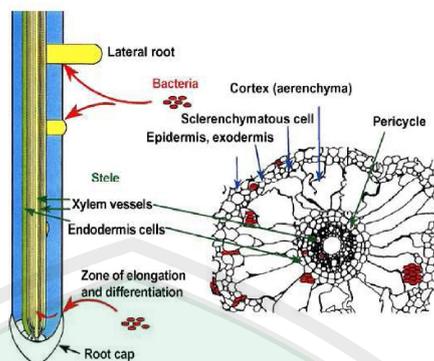
Salah satu jenis makhluk hidup yang telah diciptakan oleh Allah adalah bakteri endofit. Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang sebagian atau seluruh dari siklus hidupnya tinggal dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gejala penyakit. Mereka berada pada jaringan yang sehat seperti berbagai macam jaringan, biji, akar, batang dan daun. Tanaman mendapatkan manfaat dengan kehadiran bakteri endofit ini seperti memacu pertumbuhan tanaman, dan meningkatkan resistensi tanaman pada dari berbagai macam patogen dengan memproduksi antibiotik. Endofit juga memproduksi metabolit sekunder yang sangat penting bagi tumbuhan (Bandara dkk, 2006). Bakteri endofit awalnya berasal dari lingkungan eksternal dan masuk ke dalam tanaman melalui stomata, lentisel, luka (seperti adanya trichoma yang rusak), melalui akar lateral dan akar yang berkecambah (Kaga, 2009). Luka pada tumbuhan yang diakibatkan oleh faktor biotik seperti nematoda juga menjadi faktor utama untuk masuknya bakteri endofit ke dalam tanaman (Athman, 2006).

Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit sekunder yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Tan RX.,et.al. 2001 dalam Radji,

2005). Menurut pandangan evolusi, bakteri endofit mula-mula berasal dari patogen tanaman yang virulensinya hilang dan berada dalam tanaman selama periode pertumbuhan tanaman tersebut atau merupakan patogen yang tidak mampu mengekspresikan gen spesifik penyebab penyakit (Hallmann 1999).

Asosiasi endofit dengan tumbuhan inangnya, oleh Carrol (1988) dalam Worang (2003), digolongkan dalam dua kelompok, yaitu mutualisme konstitutif dan induktif. Mutualisme konstitutif merupakan asosiasi yang erat antara endofit dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini endofit menginfeksi ovula (benih) inang dan penyebarannya melalui benih serta organ penyerbukan inang. Mutualisme induktif adalah asosiasi antara endofit dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetatif inang.

Kolonisasi bakteri endofit pada lapisan luar sel (exodermis, sclerenchyma) dan korteks akar, terjadi secara inter dan intraseluler dalam waktu 2-3 minggu, menyebabkan bagian aerenchyma (korteks) menjadi berair dan ini merupakan tempat terbesar bagi terbentuknya mikrokoloni. Sebagian besar kolonisasi secara interseluler menyebabkan pengambilan nutrient, terutama karbon oleh bakteri. Kadangkala bakteri endofit mampu melakukan penetrasi ke dalam akar sampai pada *Stele*, dan juga terdapat pada parenchyma dan dalam jaringan xylem (Prakamhang, 2007).



**Gambar 2.7 Tempat kolonisasi dan infeksi oleh endofit diazotrophic pada akar, gambar memperlihatkan mekanisme secara longitudinal (kiri) dan transversal (kanan) (Reinhold-Hurek and Hurek, 1998 dalam Prakamhang 2007).**

### 2.3.2 Mekanisme Penghambatan Patogen oleh Bakteri Endofit

Bakteri endofit mampu meningkatkan ketahanan tanaman melalui; 1) secara langsung berfungsi antagonis atau mengeluarkan senyawa tertentu pada relung patogen, 2) menginduksi sistem resistensi, dan 3) meningkatkan toleransi tanaman terhadap tekanan lingkungan biotik (Hallmann, 1999). Oleh karena itu, agar bakteri endofit mampu meningkatkan resistensi tanaman, maka bakteri endofit juga harus *compatibel* dengan tanaman inang sehingga mampu mengkolonisasi jaringan tanaman (Long dkk 2008).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bakteri endofit yang diisolasi dari mentimun dan kapas seperti *Aerococcus viridans*, *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *Pseudomonas chlororaphis*, *P. vasicularis*, *Serratia marcescens* dan *Spingomonas pancimobilis* dapat mengurangi populasi nematoda *Meloidogyne incognita* pada mentimun sampai 50% (Hallmann dkk., 1995 dalam Harni, 2006).

Menurut Van Vuurde dan Recuenco (2005) dalam Firmansah (2008), bakteri endofit dapat mengkolonisasi apoplas pada ruang antar sel (inter selular), terutama jaringan korteks, jaringan pembuluh, bahkan ke bagian antar sel (intraselular), sehingga dapat secara sistemik menyebar keseluruh jaringan tanaman. Bakteri endofit juga dapat menghasilkan zat antimikroba seperti antibiotik atau HCN yang berperan penting dalam mekanisme melawan patogen tanaman (Reiter dkk, 2002).

Sturz (2006), menyatakan bahwa bakteri endofit ditemukan mampu melawan invasi pitopatogen. Adapun lima mekanisme penghambatan patogen oleh bakteri yang sering disebutkan adalah:

- i) Kompetisi sumber daya (unsur hara). Sebagai contoh *siderophore* (*chelator*), dihasilkan oleh bakteri dalam jumlah yang sangat banyak, untuk bersaing memanfaatkan unsur-unsur mineral spesifik sehingga dapat menghambat phytopatogen untuk memenuhi unsur-unsur kebutuhannya pada mineral-mineral yang terbatas.
- ii) Menghasilkan antibiosis; pada mulanya diketahui bahwa bakteri mampu memproduksi metabolit antibakteri, antijamur dan antinematoda. Beberapa antibiotik telah diidentifikasi, seperti yang dihasilkan oleh *Pseudomonas* sp., zat yang berfungsi sebagai antibiotik tersebut diantaranya adalah *phloroglucinols*, *phenazine derivative*, *pyoluteorin*, *pyrrolnitrin*, siklis *lipopeptides* dan *sianida hydrogen*, dan zat antibiotic lainnya adalah *agrocin 84* (*Agrobacterium* sp.), *Herbicolin A* (*Erwinia* sp.), *Iturin A*,

surfactin, dan zwittermicin A (*Bacsil* sp.) dan xanthobacin (*Stenotrophomonas* sp.).

- iii) Aktivitas enzim lytic: Beberapa jenis bakteri yang berfungsi sebagai agen pengendali terbukti benar, dan biasanya mengakibatkan degradasi dinding sel patogen atau mengakibatkan gangguan pada bagian-bagian tertentu. Sebagai contoh enzim kitinase yang diproduksi oleh *Serratia plymuthica* dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan spora dan elongasi jaringan (germ-tube) pada *Botrytis cinerea*. Sedangkan enzim  $\beta$ -1,3-glucanase yang disintesis dari *Paenibacillus* sp. and *Streptomyces* sp. dapat menyebabkan lisis pada dinding sel jamur *Fusarium oxysporum* dan enzim lain yang diproduksi oleh bakteri tersebut meliputi hydrolase, laminarinase and protease.
- iv) Sistem resistensi pada tanaman: bakteri mempengaruhi gen ketahanan dengan melalui produksi *jasmonate* yang disandikan, peroxidase atau enzim yang terlibat dalam sintesis phytoalexins. Sampai sekarang bukti keterlibatan liposakarida, siderophores dan phloroglucinols telah banyak diketahui.
- v) Kamufase akar. Hal ini berarti bahwa beberapa bakteri yang bersifat resisten pada beberapa jenis penyakit meminimalkan “ketertarikan alami” pada sistem akar inang dengan meningkatkan kepadatan populasi untuk menghindari kehadiran patogen tanaman.

Siderophore merupakan suatu zat yang memiliki berat molekul rendah, yang dapat terikat erat dengan besi (Fe). Siderophore dihasilkan oleh berbagai

mikroorganisme sehingga dapat menjamin bahwa mikroorganisme bersangkutan dapat memperoleh cukup Fe dari lingkungan tumbuhnya. Beberapa strain RPTT seperti *Pseudomonas fluorescens* B10 mampu menghasilkan *yellow-green fluorescent siderophores* (disebut pseudobactin) yang dapat menghambat perkembangan jamur patogen *Erwinia caratovora* penyebab busuk pada kentang (Husen, 2006).

Siderofor diproduksi secara ekstrasel, senyawa dengan berat molekul rendah dengan affinitas yang sangat kuat terhadap besi (III). Kemampuan siderofor mengikat besi (III) merupakan pesaing terhadap mikroorganisme lain, banyak bukti-bukti yang menyatakan bahwa siderofor berperan aktif dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen (Hasanudin, 2003:5).

#### **2.4 Ketahanan Tanaman**

Untuk mendapatkan resistensi tanaman dapat dilakukan usaha menginduksi resistensi sistemik terinduksi (RST) dengan pengaplikasian bahan penginduksi eksternal (Suganda, 2008). Induksi resistensi sistemik dapat dilakukan dengan agens penginduksi secara fisik, kimia ataupun biologik (Agrios, 1998 dalam Hadiwiyono dkk, 2006).

Induksi resistensi sistemik merupakan salah satu cara pengendalian penyakit tanaman dengan menstimulasi aktivitas mekanisme resistensi melalui inokulasi mikroorganisme non patogenik atau patogen avirulen maupun strain hipovirulen serta perlakuan substansi dari mikroorganisme dan tumbuhan pestisida nabati. Prainokulasi dengan agens penginduksi dapat mengaktifkan secara cepat berbagai

mekanisme resistensi tanaman, diantaranya akumulasi fitoaleksin, dan peningkatan aktivitas beberapa jenis enzim penginduksi seperti  $\beta$ -1,4-glukosidase, chitinase dan  $\beta$ -1-3-glukanase (Tombe, 2009).

Mekanisme induksi resistensi (imunisasi) menyebabkan kondisi fisiologis yang mengatur sistem ketahanan menjadi aktif atau menstimulasi mekanisme resisten yang dimiliki oleh tanaman. Imunisasi tidak menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan dapat meningkatkan produksi pada beberapa tanaman meskipun tanpa adanya patogen dan memberikan suatu cara untuk bertahan terhadap stres lingkungan (Tombe, 2009). Secara umum, sistem pertahanan tanaman terhadap patogen dapat terjadi melalui satu atau kombinasi cara struktural dan reaksi biokimia. Ketahanan secara struktural dengan membentuk penghambat fisik yang menyebabkan patogen tidak dapat melakukan penetrasi dan berkembang. Adapun ketahanan secara biokimia dengan menghasilkan senyawa yang bersifat toksik atau menghambat pertumbuhan patogen (Hammerschmidt dan Dann, 2000 *dalam* Firmansyah, 2008).

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Rancangan Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok (RAL) tunggal, dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan pada penelitian ini adalah kontrol, bakteri endofit tunggal (*Pseudomonas pseudomallei*, *Bacillus mycooides* dan *Klebsiella ozaenae*) dan bakteri endofit kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*; *P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei*, *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*)

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2009 sampai dengan April 2010, di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Fisiologi Tumbuhan. UIN MALIKI Malang. Tanaman kentang ditanam dalam polibag dan disimpan dalam ruangan yang memiliki AC dengan suhu 16°C (Laboratorium Fisiologi Tumbuhan).

#### **3.3 Alat dan Bahan**

##### **3.3.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laminar flow cabinet, autoklaf, oven, cawan petri, jarum ose, bunsen, kompor gas, pengaduk kaca,

pinset, incubator, aluminium foil, gelas ukur, tabung reaksi, pipet volume, erlenmeyer, penggaris, botol media, incubator, timbangan analitik dan polibag.

### 3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media TSA (*Tryptic Soy Agar*), aquades steril, bibit atau umbi tanaman kentang (*Solanum tuberosum*), tanah dan sista nematoda *Globodera rostochiensis*.

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas : Suspensi bakteri endofit dan Sista nematoda *G. rostochiensis*.

Varibel terikat : Populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar tanaman kentang, tinggi tanaman, berat basah tanaman, berat kering tanaman, panjang akar dan berat kering akar.

### 3.5 Prosedur Penelitian

#### 3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan dengan cara membungkus alat-alat dengan aluminium foil, kemudian memasukkannya ke dalam autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 15 psi (*per square inchi*) selama 15 menit.

### 3.5.2 Penyiapan dan Peremajaan Isolat Bakteri endofit

Penyiapan dan pemurnian bakteri endofit dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Meremajakan isolat bakteri endofit yang tumbuh pada medium TSA masing-masing pada medium lempeng agar dan medium TSA miring.
2. Menginkubasi selama 24-48 jam pada suhu 35° C.
3. Melakukan pengamatan terhadap bentuk dan warna koloni pada medium TSA sampai diperoleh koloni murni.
4. Kemudian memperbanyak bakteri endofit yang telah diperoleh untuk perlakuan.

### 3.5.3 Isolasi Sista *Globodera rostochiensis*

Metode pengambilan sampel dan isolasi sista *G. rostochiensis* berdasarkan metode Ditlin (2008).

#### A. Cara pengambilan sampel:

Cara pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah (sista, larva stadium dua, dan jantan) di daerah perakaran lebih kurang 500ml/0,5 kg.
2. Sampel akar (stadium belum dewasa, stadium dewasa, dan sista):  
Tanaman dicabut hati-hati agar tidak banyak akar yang putus, kemudian dipotong di pangkal batang. Kalau diduga ada “nematoda berwarna kuning keemasan” menempel pada akar, diberi tanda khusus.
3. Bahan yang telah diperoleh lalu diberi label.

## **B. Isolasi Nematoda:**

Cara isolasi Isolasi sista *G. rostochiensis* berdasarkan metode Ditlin (2008) adalah sebagai berikut:

### **1. Sampel tanah:**

Sampel tanah dibersihkan, dikeringanginkan, diambil 20 ml atau 20 g tanah dimasukkan dalam gelas piala, diaduk, kemudian disaring (diameter mata saringan 1 mm) di atas gelas piala. Hasil saringan dalam gelas piala disaring pada saringan ke dua berikutnya (diameter mata saringan 500 mikron). Hasil saringan dalam saringan ke dua dituang pelan-pelan ke dalam kertas “tisu” yang dibentangkan pada saringan ke tiga (diameter mata saringan 1 mm) dan ditaruh diatas gelas piala. Partikel tanah di atas tisu diletakkan di atas piring. Sista pada tanah diambil / dihitung dengan bantuan alat pembesar.

### **2. Sampel akar**

Sampel akar dicuci hati-hati, lalu dikering anginkan dan diamati di bawah alat pembesar. Nematoda betina atau sista yang menempel diambil dengan jarum preperat dan dikumpulkan.

### 3.5.4 Pelaksanaan Percobaan

Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan Aplikasi perendaman akar sebagai berikut:

#### A. Persiapan Awal

##### 1. Perbanyak dan Pembuatan Suspensi Bakteri

Bakteri endofit yang digunakan di perbanyak pada media Tryptic Soy Agar (TSA) selama 48 jam pada suhu kamar. Koloni yang terbentuk selanjutnya disuspensi dalam air steril, untuk mendapatkan suspensi bakteri. Untuk keperluan inokulasi benih, suspensi bakteri dibuat dengan cara menambahkan 25 ml air ke dalam satu cawan petri biakan isolat bakteri. Kemudian bakteri yang tumbuh dikorek dengan menggunakan jarum ose, kemudian dituangkan ke dalam beaker glas.

##### 2. Pemilihan benih atau bibit kentang

Bibit atau umbi yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi tanaman kentang yang rentan terhadap serangan nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*). Bibit atau umbi tanaman kentang yang digunakan dengan berat antara 100-120 gram dengan 3-5 mata tunas, kemudian dicuci hingga bersih kemudian dibilas dengan air steril.

##### 3. Perendaman umbi tanaman kentang dalam suspensi bakteri endofit

Perendaman benih atau umbi tanaman dilakukan sesuai dengan prosedur Coombs *et al.*, (2003 dalam Firmansah, 2008).

Setelah suspensi diperoleh, kemudian masing-masing benih atau umbi tanaman kentang direndam dalam suspensi bakteri (25 ml per umbi tanaman)

selama 30 menit . Untuk kontrol bibit atau umbi tanaman kentang direndam dengan air steril.

## **B. Penanaman**

Penanaman bibit kentang dilakukan sebagai berikut:

1. Bibit umbi kentang ditanam dalam pot yang berisi tanah steril (tanah:pasir, 2 : 1) sebanyak 2 kg/polibag, dimasukkan dalam polibag berukuran 15 x 35 cm.
2. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman 8-10 cm. Bibit dimasukkan ke lubang tanam, ditimbun dengan tanah dan tekan tanah di sekitar umbi. Bibit akan tumbuh sekitar 10-14 hari.
3. Tiap polibag tanaman kentang terdiri dari 1 tanaman, sehingga polibag yang memiliki tanaman lebih dari 1 akan dicabut. Untuk mengganti tanaman yang kurang baik, maka dilakukan penyulaman. Penyulaman dapat dilakukan setelah tanaman berumur 10 hari. Bibit sulaman merupakan bibit cadangan yang telah disiapkan bersamaan dengan bibit produksi. Penyulaman dilakukan dengan cara mencabut tanaman yang mati/kurang baik tumbuhnya dan ganti dengan tanaman baru pada lubang yang sama. Tanaman kentang yang ditanam tidak diberi perlakuan pupuk.

### C. Inokulasi Nematoda *G. rostochiensis*

Inokulasi nematoda *G. rostochiensis* dilakukan 2 minggu setelah perlakuan di tanam, dengan cara:

1. Menginokulasikan sista nematoda *G. rostochiensis* di sekeliling tanaman pada kedalaman 1 cm.
2. Menginokulasikan sista nematoda *G. rostochiensis* sebanyak adalah 3 sista/opolibag (Harni, 2006).

### D. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kentang dilakukan sebagai berikut:

1. Penyiangan dilakukan minimal dua kali selama masa penanaman. Penyiangan harus dilakukan pada fase kritis yaitu vegetatif awal dan pembentukan umbi.
2. Tanaman kentang sangat peka terhadap kekurangan air. Pengairan harus dilakukan secara rutin tetapi tidak berlebihan. Pemberian air yang cukup membantu menstabilkan kelembaban tanah. Pemberian air selang waktu 7 hari sekali secara rutin sudah cukup untuk tanaman kentang. Pengairan dilakukan dengan cara disiram sampai areal lembab.
3. Tanaman kentang yang sudah ditanam disimpan dalam ruangan laboratorium Fisiologi Tumbuhan dengan pencahayaan 16 jam dan suhu 16 °C.
4. Pengamatan dilakukan sebagai berikut:

Lima minggu setelah inokulasi sista *G. rostochiensis*, tanaman dibongkar dan dilakukan pengamatan terdiri dari:

- a. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam menghambat serangan nematoda *G. rostochiensis*. Variabel yang diamati adalah populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar tanaman kentang.
- b. Untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yang diserang oleh nematoda *G. rostochiensis*, variabel yang diamati adalah tinggi tanaman; berat basah dan berat kering tanaman kentang; serta panjang akar dan berat kering akar tanaman.

### 3.6 Analisa Data

Analisis penelitian ini melalui Uji Anova satu arah menggunakan batas kepercayaan 95% ( $\alpha = 0,05$ ). Jika terdapat perbedaan nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan BNT. Untuk mengetahui pengaruh jumlah nematoda terhadap pertumbuhan tanaman maka dilakukan uji analisis regresi polynomial.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Kemampuan Bakteri Endofit dalam Menghambat Pertumbuhan Nematoda *Globodera rostochiensis* pada Akar Tanaman Kentang

Berdasarkan hasil *Analysis Of Varians* (ANOVA) menunjukkan bahwa  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05, yang berarti bahwa aplikasi bakteri endofit mampu menurunkan populasi nematoda *G. rostochiensis* pada akar tanaman kentang. (lampiran 3). Berdasarkan uji lanjut dengan BNT pada taraf 5% (tabel 4.1), menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memberikan nilai terendah, hal ini dikarenakan pada perlakuan kontrol tidak ada penambahan suspensi bakteri endofit. Populasi nematoda *G. rostochiensis* pada akar tanaman kontrol dengan tanaman yang diaplikasikan bakteri endofit menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri endofit (isolat bakteri tunggal *P. pseudomallei*, *B. mycoides*, dan *K. ozaenae*), maupun isolat kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei*, *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*) dapat digunakan sebagai perlakuan untuk menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning. Sedangkan antara isolat bakteri endofit tidak berbeda nyata, hal ini menunjukkan bahwa antara isolat memiliki kemampuan yang sama dalam menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning.

Tabel 4.1. Kemampuan bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning *G. rostochiensis*

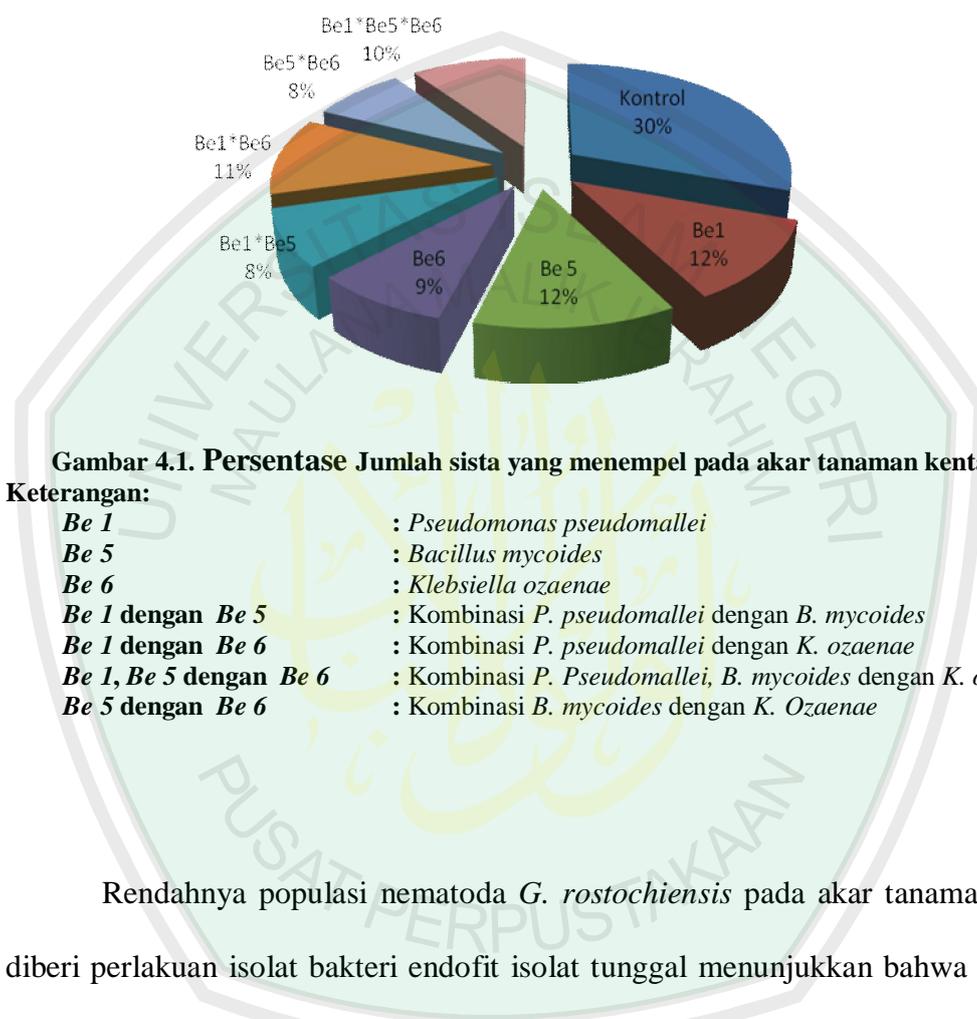
Perlakuan	Rata-Rata Jumlah sista (buah) / Akar tanaman
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	68,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	69,667 <sup>a</sup>
<i>K. ozaenae</i>	71,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> , <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. Ozaenae</i>	85 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	95,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	99 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	105,33 <sup>a</sup>
Kontrol	258,67 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Adapun persentase kehidupan nematoda *G. rostochiensis* pada akar tanaman kentang yang diberi perlakuan dengan bakteri endofit dan tanpa perlakuan menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Pada kontrol persentase populasi nematoda *G.rostochiensis* 30% lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan endofit.

Tingginya jumlah sista yang terdapat pada akar tanaman kontrol menunjukkan bahwa nematoda sista kuning yang diinokulasikan telah menetas dan tanaman tersebut telah diserang oleh nematoda sista kuning. APHIS (2008), menyatakan bahwa menetasnya telur terjadi ketika faktor lingkungan dalam kondisi yang tepat dan kehadirannya akan tersebar pada akar tanaman inang suku *Solanaceae*, termasuk pada tanaman kentang. Telur menetas ketika pada kondisi optimal. Ketika juvenil stadia ke dua menemukan inang, maka akan masuk ke dalam akar melalui ujung pertumbuhan akar atau melalui akar lateral dan menggunakan mulut atau stylet-nya untuk menembus dinding sel dan membentuk

Synctium. Selain itu, adanya air dan senyawa kimia yang dikeluarkan oleh tanaman inang dapat meningkatkan serangan nematoda *G. rostochiensis*.



**Gambar 4.1. Persentase Jumlah sista yang menempel pada akar tanaman kentang.**

**Keterangan:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <i>Be 1</i>                          | : <i>Pseudomonas pseudomallei</i>  |
| <i>Be 5</i>                          | : <i>Bacillus mycoides</i>   |
| <i>Be 6</i>                          | : <i>Klebsiella ozaenae</i>  |
| <i>Be 1</i> dengan <i>Be 5</i>       | : Kombinasi <i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycoides</i>                     |
| <i>Be 1</i> dengan <i>Be 6</i>       | : Kombinasi <i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>                      |
| <i>Be 1, Be 5</i> dengan <i>Be 6</i> | : Kombinasi <i>P. Pseudomallei</i> , <i>B. mycoides</i> dengan <i>K. ozaenae</i> |
| <i>Be 5</i> dengan <i>Be 6</i>       | : Kombinasi <i>B. mycoides</i> dengan <i>K. Ozaenae</i>                          |

Rendahnya populasi nematoda *G. rostochiensis* pada akar tanaman yang diberi perlakuan isolat bakteri endofit isolat tunggal menunjukkan bahwa adanya senyawa-senyawa kimia tertentu yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit. Sedangkan pada isolat kombinasi, rendahnya populasi nematoda dikarenakan makin banyaknya senyawa kimia tertentu yang dihasilkan oleh isolat bakteri tersebut. Guetsky (2001), perlakuan kombinasi bakteri dalam mengendalikan hama atau penyakit dikarenakan makin bervariasi dan banyaknya senyawa yang dikeluarkan oleh bakteri tersebut dalam menyaeng nematoda tersebut. Kombinasi

agen biokontrol dapat memperluas tingkat efektifitasnya serangannya dan menekan penyakit atau hama tanaman pada berbagai macam kondisi. Hal ini dikarenakan pada masing-masing mikroorganisme membutuhkan lingkungan yang berbeda-beda, sehingga lebih mendukung efektifitasnya dibandingkan dengan mikroorganisme tunggal.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bakteri endofit isolat tunggal yang berpotensi dalam menghambat membunuh atau menghambat pertumbuhan nematoda *G. rostochiensis* adalah *K. ozaenae* dan isolat kombinasi yang berpotensi dalam menghambat pertumbuhan nematoda *G. rostochiensis* adalah *K. ozaenae*, *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*, dan *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*. Meningkatnya kemampuan isolat bakteri endofit kombinasi juga bisa disebabkan oleh adanya perpaduan senyawa kimia yang dihasilkan menjadi lebih kompleks.

Terhambat atau terbunuhnya nematoda kemungkinan disebabkan oleh adanya senyawa kimia yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Hallman *dkk.*, (1995) dalam Athman (2006), menyatakan bahwa bakteri endofit berperan dalam mengendalikan *Meloidogyne incognita* pada tomat. Beberapa bakteri endofit yang diisolasi dari kapas juga mengurangi penyakit akar yang disebabkan oleh *M. incognita*. Bakteri endofit seperti *Pseudomonas fluorescens* yang menghasilkan metabolit sekunder 2,4-diacetylphloroglucinol, mampu mengurangi menetasnya telur dan menyebabkan mortalitas bagi juvenil *M. javanica* (Treub) Chitwoodi. Pada *greenhouse*, aplikasi isolat ini dapat mengurangi pembentukan root-knot pada tanaman tomat.

Bakteri endofit yang berperan dalam menginduksi sistem ketahanan tanaman, memiliki ciri khusus misalnya, memproduksi *siderophores* dan menghasilkan enzim *lipopolysaccharides*. Laporan terbaru menunjukkan bahwa senyawa organik juga memainkan peranan dalam menginduksi sistem ketahanan. Induksi sistem ketahanan berhubungan dengan peningkatan sensitivitas menghasilkan hormon pertumbuhan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan mendorong pengaktifan gen pertahanan secara parsial (Compant, 2005).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bakteri endofit yang diisolasi dari mentimun dan kapas seperti *Aerococcus viridans*, *Bacillus megaterium*, *B. subtilis*, *Pseudomonas chlororaphis*, *P. vasicularis*, *Serratia marcescens* dan *Spingomonas pancimobilis* dapat mengurangi populasi *Meloidogyne incognita* pada mentimun sampai 50% (Hallmann dkk., 1995 dalam Harni dkk, 2006).

Isolat bakteri endofit *pseudomonas* dan *Bacillus* baik isolat tunggal maupun isolat kombinasi memiliki kemampuan yang baik dalam menghambat pertumbuhan nematoda. Menurut Sastrosuwignyo (1988) dalam Chrisnawati dkk (2009), bahwa *Bacillus* spp. dapat menghasilkan antibiotik polipeptida-subtilin, gramisidin, bacitracin, polimiksin, fitoaktin dan bulbiformin. Begitu pula dengan strain *Pseudomonad fluorezen* juga dapat menghasilkan antibiotik seperti *Pseudomonas fluorescens* CHAO dapat menghasilkan antibiotik pyoluteorin (Plt) dan 2-4-diacetyl phyloroglucinol (Phl) yang dapat menghambat *Erwinia carotovora* dan *Gaeunannomyces graminis*. Hasil penelitian Chrisnawati dkk (2009), menunjukkan bahwa kombinasi bakteri *Bacillus* dan *Pseudomonas* mampu

meningkatkan perlindungan tanaman nilam lebih lama dari serangan penyakit layu bakteri dibandingkan dengan isolat tunggal.

Hasil penelitian Sachdev dkk (2009), menunjukkan bahwa bakteri *Klebsiella pneumoniae* yang diinkubasi selama 72 jam mampu menghasilkan mampu menghasilkan hormon IAA sebesar 22,7 mg/l. Menurut Kremer (2006), adanya hormon auksin (IAA) dapat mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit. Adanya respon tanaman terhadap sintesis auksin secara mikrobiologi dipengaruhi oleh konsentrasi yang dilepaskan ke rizosfer. Bakteri yang mendukung pertumbuhan tanaman secara tidak langsung memproduksi senyawa antagonis berupa *siderophores* atau menginduksi sistem pertahanan tanaman terhadap patogen.

Tingginya kemampuan isolat bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan nematoda juga bisa disebabkan oleh adanya senyawa tertentu seperti fitoaleksi yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit yang berasosiasi dengan kentang. Kuc (1995), menyatakan bahwa pada tanaman kentang ditemukan Phytoalexin norsesquiterpenoid dan rishitin. Habazar dan Rivai (2000) dalam Yanti dan Resti (2008), menyatakan bahwa produksi fitoaleksin skala besar hanya terdapat pada kombinasi ras bakteri.

Muncul hama dan penyakit pada tanaman merupakan salah satu peringatan kepada umat manusia untuk selalu memperhatikan keseimbangan dan kelestarian makhluk hidup. Pada QS. Al-A'raf ayat 56 Allah telah memperingatkan bahwa:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ  
 اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

*Artinya: Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik (QS. Al-A'raf ayat 56).*

Kata-kata ba'da islahiha pada ayat diatas dengan jelas menunjukkan adanya hukum keseimbangan (equilibrium) dalam tatanan lingkungan hidup yang harus diusahakan agar tetap terpelifara kelestariannya (Khalid, 2006). Salah satu rahmat yang diturunkan oleh Allah SWT adalah bakteri endofit untuk membantu menjaga keseimbangan di alam. Hal ini dikarenakan endofit menempati relung ekologi yang sama dengan hama, hal ini menyebabkan terjadinya kontak antara hama dan endofit semakin dekat sehingga endofit dapat digunakan sebagai agen pengendalian secara biologi (Athman, 2006).

## **4.2 Kemampuan Isolat Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum*)**

### **A. Tinggi Tanaman Kentang**

Berdasarkan hasil analysis of varians (ANOVA) menunjukkan bahwa  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  0,05, yang berarti bahwa perlakuan isolat bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (lampiran 4). Hasil uji lanjut dengan menggunakan BNT 5%, menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit yang berpotensi dalam meningkatkan tinggi tanaman adalah isolat tunggal *K. ozaena*, isolat kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; kombinasi *P.*

*pseudomallei*, *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*, dan kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*. Hal ini bisa dilihat pada tabel 4.2.

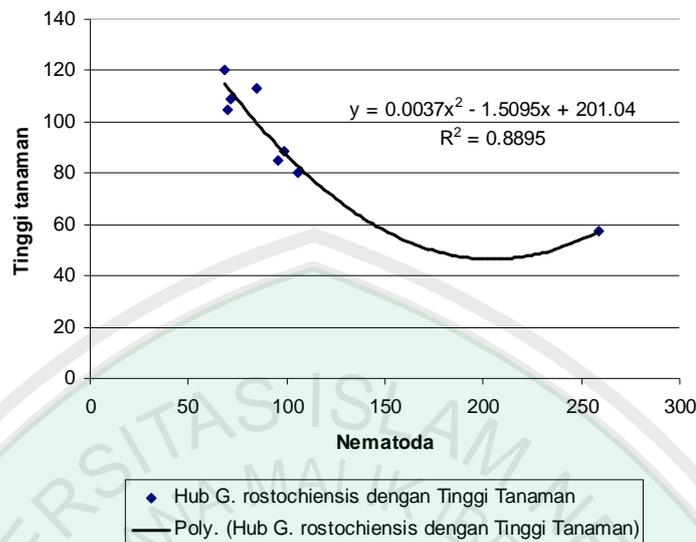
Tabel 4.2 Kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan tinggi tanaman kentang

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman (cm) dan notasi
Kontrol	57,33 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	80,33 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	85 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	88,33 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	105 <sup>c</sup>
<i>K. ozaenae</i>	109 <sup>c</sup>
<i>P. pseudomallei</i> , <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	113 <sup>c</sup>
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	120 <sup>c</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Hasil analisa pengaruh nematoda terhadap tanaman tinggi tanaman menunjukkan bahwa, 88,95% tinggi tanaman di dipengaruhi oleh semakin banyaknya jumlah nematoda yang hidup (gambar 4.2). Knoxfield (2006), menyatakan bahwa tanaman yang diserang nematoda *G. rostochiensis* akan menjadi kerdil.

Hasil penelitian Susilowati (2003), menyatakan bahwa tinggi tanaman merupakan salah satu peubah dari pertumbuhan vegetatif yang dapat diamati untuk melihat pengaruh inokulasi dan pemupukan nitrogen. Hasil uji menunjukkan bahwa dengan pemberian perlakuan bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman Jagung dan mampu meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol.



**Gambar 4. 2. Grafik hasil analisa regresi polynomial terhadap pengaruh jumlah nematoda terhadap tinggi tanaman**

Tinggi kemampuan bakteri endofit tunggal *K. ozaenae*; kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*; kombinasi *P. pseudomallei*, *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*, dalam meningkatkan tinggi tanaman kemungkinan berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut dalam menghambat pertumbuhan nematoda *G. rostochiensis* dan menghasilkan hormon pertumbuhan. Hasil penelitian Aryantha dkk (2004), menunjukkan bahwa *Bacillus* mampu menghasilkan hormon IAA sebesar 34, 44 sampai 54,7 µg/ml pada media *Potato Dextrose Broth*, setelah diinkubasi selama 25 jam. Hasil penelitian Karnwal (2009), menyatakan *P. fluorescens* dan *P. aeruginosa* masing-masing mampu menghasilkan hormon IAA 4,0 µg/ml setelah diinkubasi selama 3 jam dan 3.9 µg/ml setelah diinkubasi 4 jam. Sachdev dkk (2009), melaporkan bahwa bakteri *K. pneumoniae* strain K8 mampu menghasilkan hormon IAA sebesar 22,7 mg/l setelah diinkubasi selama 72 jam.

Zinniel dkk (2002), menyatakan bahwa selain mampu melindungi tanaman dari serangan patogen, kemampuan bakteri endofit dalam memfiksasi nitrogen juga membantu dalam meningkatkan tinggi tanaman. Adanya kemampuan isolat bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman disebabkan karena bakteri endofit mampu memproduksi fitohormon, meningkatkan produksi penyerapan mineral, fiksasi nitrogen, mengurangi kerusakan akibat perubahan cuaca dan meningkatkan ketahanan tanaman dari penyakit.

Peningkatan tinggi dan berat kering tanaman yang lebih tinggi pada tanaman merupakan konsekuensi logis dari semakin meningkatnya ketersediaan nitrogen yang dimediasi oleh isolat yang digunakan (Hindersah dan Simarmata, 2008). Selain itu, nitrogen adalah unsur makro primer yang merupakan komponen utama berbagai senyawa dalam tubuh tanaman. Tanaman yang tumbuh harus mengandung nitrogen dalam membentuk sel-sel baru. Fotosintesis menghasilkan karbohidrat dan  $O_2$ , namun proses tersebut tidak bias berlangsung untuk menghasilkan protein dan asam nukleat jika nitrogen tidak tersedia. Nitrogen yang tersedia bagi tanaman dapat mempengaruhi pembentukan protein, dan disamping itu juga merupakan bagian integral dari klorofil (Nyakpa dkk, 1988 dalam Tirta, 2005).

Tanaman yang diberi fitohormon mendorong ukuran tanaman menjadi lebih tinggi karena terjadi pembelahan sel yang lebih banyak dan pengembangan jaringan meristem pada ujung batang dan pada interkalar yang lebih baik (Krishnawati 2003). Pertumbuhan tinggi dan diameter tanaman merupakan suatu ukuran sebagai dasar penentuan produktivitas (volume) tanaman. Semakin besar

tinggi dan diameter tanaman maka kuantitas (volume) yang didapat juga semakin besar (Muslimin dkk, 2006).

Hasil penelitian Desnoues dkk (2003), menyatakan bahwa kemampuan fiksasi nitrogen ditentukan oleh karakteristik gen *nif* dan enzim nitrogenase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *Pseudomonas stutzeri* memiliki karakteristik yang sama dengan gen yang dimiliki oleh *Klebsiella* dan *Azoarcus*. Hasil penelitian Hino dan Wilson (1957), juga menunjukkan bahwa bakteri dari genus *Bacillus* mampu memfiksasi nitrogen. Pada *Bacillus* memiliki enzim nitrat reduktase, enzim ini bertindak sebagai akseptor elektron.

Selain menyebabkan tinggi tanaman, aplikasi dengan bakteri endofit juga mengakibatkan batang tanaman menjadi lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Lakitan (1996) dalam Kusumaningrum dkk (2007), mengatakan bahwa pertumbuhan tidak berlangsung secara seragam pada seluruh bagian tanaman. Pertumbuhan dimungkinkan terfokus pada jaringan meristem batang sehingga pembesaran sel yang dihasilkan dari pembelahan sel tersebut yang menyebabkan penambahan ukuran tanaman.

## B. Berat Tanaman Kentang

### 1. Berat Basah tanaman Tanaman Kentang

Hasil analisis statistik dengan *Analisis Of Variance*, menunjukkan  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  0,05, yang berarti ada pengaruh inokulasi bakteri endofit terhadap peningkatan berat basah tanaman kentang (lampiran 5), yang kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara berbagai macam jenis isolat yang digunakan dalam mempengaruhi berat basah tanaman dibandingkan dengan kontrol. Bakteri endofit yang berpotensi dalam meningkatkan laju berat basah tanaman ada 3 jenis isolat yaitu bakteri tunggal *K. Ozaenae*; kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*; dan kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*.

Tabel 4.3. Kemampuan bakteri endofit dalam meningkatkan berat basah tanaman kentang

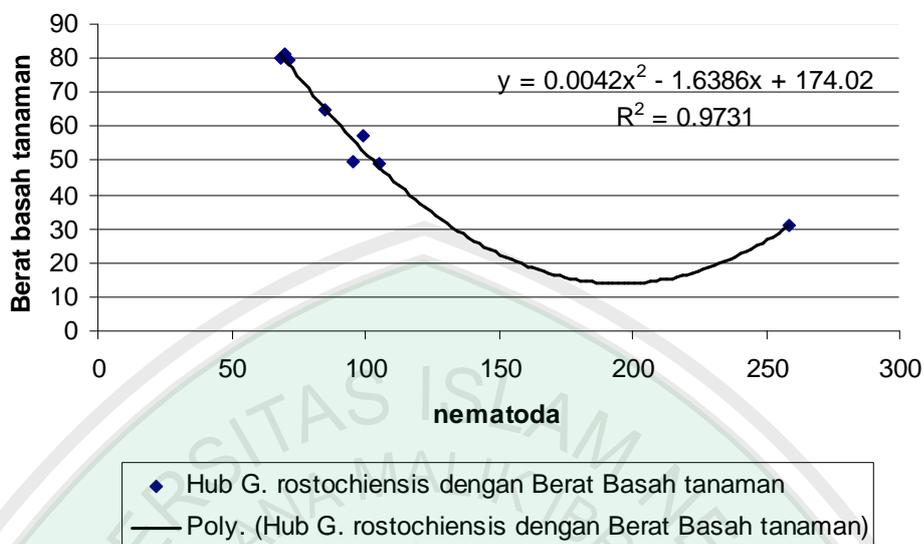
Perlakuan	Rata-Rata berat basah tanaman dan notasi
Kontrol	30,69 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	49,133 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	49,446 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	57,19 <sup>bc</sup>
<i>P. pseudomallei</i> , <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	64,583 <sup>cd</sup>
<i>K. ozaenae</i>	79,603 <sup>de</sup>
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	80,086 <sup>e</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	81,09 <sup>e</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Tingginya kemampuan bakteri endofit tunggal *K. ozaenae*; kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycoides*; dan kombinasi *B. mycoides* dengan *K. ozaenae*, dalam meningkatkan berat basah tanaman kemungkinan berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut dalam menghambat pertumbuhan nematoda *G. rostochiensis*, sehingga tanaman dapat lebih banyak menyerap unsur hara yang diperlukan di dalam tanah. Berat basah tanaman kentang antar perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Jadi dapat dikatakan bahwa pada tanaman tersebut kandungan air dan unsurnya berbeda-beda.

Sitompul dan Guritno (1995) dalam Kusumaningrum dkk (2007), menyatakan bahwa berat basah tanaman dipengaruhi oleh kandungan air pada sel-sel tanaman yang kadarnya dipengaruhi oleh lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara.

Hasil analisa secara regresi polinomial menunjukkan bahwa, jumlah nematoda dapat mempengaruhi berat basah tanaman kentang sebesar 97,31% (gambar 4.3).



**Gambar 4.3 Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat basah tanaman kentang**

Proses pertumbuhan tanaman memiliki kaitan yang erat dengan pertumbuhan akar dan merupakan proses yang saling berkaitan satu sama lain. Apabila terjadi gangguan pada salah satunya maka akan menyebabkan gangguan pada bagian lainnya. Misalnya pada kondisi kekurangan air dan nitrogen, pertumbuhan bagian atas tanaman lebih mengalami hambatan daripada bagian akar. Hal ini disebabkan akar bertugas lebih banyak untuk mencari air dan sumber N dari dalam tanah untuk didistribusikan ke bagian atas tanaman. Pada saat ketersediaan air memadai maka pertumbuhan tanaman kembali ke arah normal sehingga distribusi fotosintat ke akar juga kembali normal (Dewi, 2007).

Selain itu, adanya kemampuan dari isolat bakteri endofit untuk menghasilkan senyawa IAA juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dewi (2007), menyatakan bahwa Organ tanaman merespon macam-macam konsentrasi PGR dengan cara yang berbeda. Pertumbuhan bagian atas tanaman dipacu oleh

auksin dalam kisaran konsentrasi yang luas, sedangkan akar terhambat kecuali untuk kisaran konsentrasi yang sempit.

## 2. Berat Kering Tanaman Kentang

Hasil analisis statistik dengan *Analisis Of Variance*, menunjukkan  $F_{hitung} > F_{tabel}$  0,05, yang berarti ada pengaruh inokulasi bakteri endofit terhadap peningkatan berat kering tanaman kentang, yang kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara berbagai macam jenis isolat yang digunakan dalam mempengaruhi berat kering tanaman kentang (lampiran 3).

Hasil analisa lebih lanjut menggunakan BNT taraf 5% (Tabel 4.6), menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit berpotensi dalam meningkatkan laju berat kering tanaman ada 3 jenis isolat yaitu *K. ozaenae*; kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*. Ketiga isolat bakteri endofit ini berbeda nyata dengan isolat lainnya dan kontrol.

Berat kering tanaman yang berbeda nyata menunjukkan adanya akumulasi senyawa organik yang berhasil disintesis tanaman antar perlakuan. Jumlah daun yang sedikit dan berukuran kecil menyebabkan produk fotosintesis yang dihasilkan sebagai komponen tanaman sedikit (Kusumaningrum dkk, 2007). Tanaman dengan perlakuan *K. ozaenae*; kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides* menunjukkan jumlah daun terbanyak sehingga akan tumbuh lebih baik dan mampu menghasilkan bahan kering yang lebih banyak.

Pujiswanto dan Pangaribuan (2008), mengatakan bahwa pertumbuhan tanaman adalah penimbunan bahan kering tanaman per satuan luas per satuan waktu. Bahan kering tanaman merupakan gambaran dari tranlokasi hasil fotosintesis (fotosintat) ke seluruh bagian tanaman sehingga dapat dikatakan laju tumbuh tanaman sangat ditentukan oleh luas daun tanaman yang mampu mengintersepsi sinar matahari langsung secara maksimum dan laju fotosintesis tanaman selanjutnya.

Tabel 4.4 Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan berat kering tanaman kentang

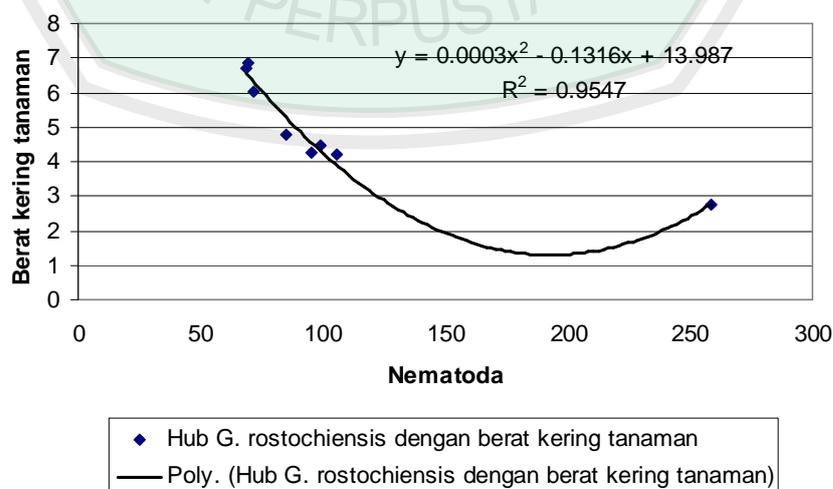
<b>Perlakuan</b>	<b>Rata-Rata berat kering dan notasi</b>
Kontrol	2,76 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	4,2 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. Ozaenae</i>	4,28 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	4,48 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. Ozaenae</i>	4,8 <sup>b</sup>
<i>K. ozaenae</i>	6,04 <sup>c</sup>
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	6,7 <sup>c</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	6,86 <sup>c</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Long dkk (2007), menyatakan bakteri endofit mampu mempercepat perkecambahan, menjaga laju pertumbuhan pada berbagai kondisi yang tidak menguntungkan, dan memacu laju pertumbuhan. Bakteri endofit memacu laju pertumbuhan tanaman melalui dua cara, pertama secara langsung membantu tanaman mendapatkan nutrient, melalui fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, atau chelation zat besi, mencegah infeksi patogen dengan menghasilkan agen

antibakteri dan antijamur, berkompetisi dengan patogen memperoleh nutrisi dengan menghasilkan *siderophore*, atau dengan menjaga resistensi tanaman. Kedua secara tidak langsung menghasilkan fitohormon seperti auksin atau sitokinin, menghasilkan enzim 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase, sehingga menurunkan level senyawa ethylene tanaman. Sebagai tambahan, untuk meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, bakteri endofit juga harus kompatibel dengan tanaman inang dan mampu mengkolonisasi jaringan tanaman inang tanpa bersifat sebagai patogen. Beberapa bakteri kemungkinan memberikan pengaruh bagi pertumbuhan tanaman dan perkembangannya menggunakan satu atau lebih mekanisme, dan juga menggunakan cara yang berbeda-beda selama siklus hidupnya dalam mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa jumlah nematoda mempengaruhi berat kering tanaman kentang sebesar 95,47%.



**Gambar 4. 4. Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat kering tanaman kentang yang diaplikasikan isolat bakteri endofit**

Pertumbuhan tanaman selama 9 minggu, ternyata berat kering dan berat basah tanaman sangat dipengaruhi oleh populasi nematoda yang berkembang. Berat basah dan berat kering tanaman kontrol cukup rendah dibandingkan dengan berat kering tanaman yang diaplikasikan dengan bakteri endofit. Menurut Swibawa dkk (2000), penurunan berat basah dan berat kering yang terjadi pada tanaman merupakan akibat infeksi nematoda yang tampaknya erat kaitannya dengan kerusakan akar tanaman tersebut. Serangan nematoda dapat sampai merusak jaringan pengangkut pada akar tanaman. Dengan demikian, tanaman akan mengalami gangguan dalam transportasi air dan unsur hara dari dalam tanah. Ayuob (1977) dalam Swibawa dkk (2000), menyebutkan bahwa gangguan pada pengangkutan unsur hara dan air oleh akar tanaman dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

### **C. Panjang dan Berat Akar Tanaman Kentang**

#### **1. Panjang Akar Tanaman Kentang**

Hasil analisis statistik dengan *Analisis Of Variance*, menunjukkan  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  0,05, yang berarti ada pengaruh inokulasi bakteri endofit terhadap peningkatan panjang akar tanaman kentang, yang kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara berbagai macam jenis isolat yang digunakan dalam mempengaruhi panjang tanaman kentang (lampiran 7).

Hasil uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara

beberapa macam isolat yang digunakan, dan isolat yang berpotensi dalam meningkatkan panjang akar tanaman adalah kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. Pseudomallei* dengan *B. mycooides*. Kedua jenis isolat mampu meningkatkan panjang akar tanaman kentang dikarenakan tingginya kemampuan kedua jenis isolat tersebut dalam menghambat pertumbuhan nematoda *G. rostochiensis* dengan menghasilkan senyawa-senyawa kimia tertentu dan menghasilkan hormon pertumbuhan.

Tabel 4.5 Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan panjang akar tanaman kentang

Isolat	Rata-rata panjang akar tanaman kentang (cm) dan notasi
Kontrol	13,667 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	16,167 <sup>ab</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	18,667 <sup>abc</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	20,167 <sup>abc</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	21,667 <sup>bc</sup>
<i>K. ozaenae</i>	23,333 <sup>bc</sup>
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	28,667 <sup>cd</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	30,333 <sup>d</sup>

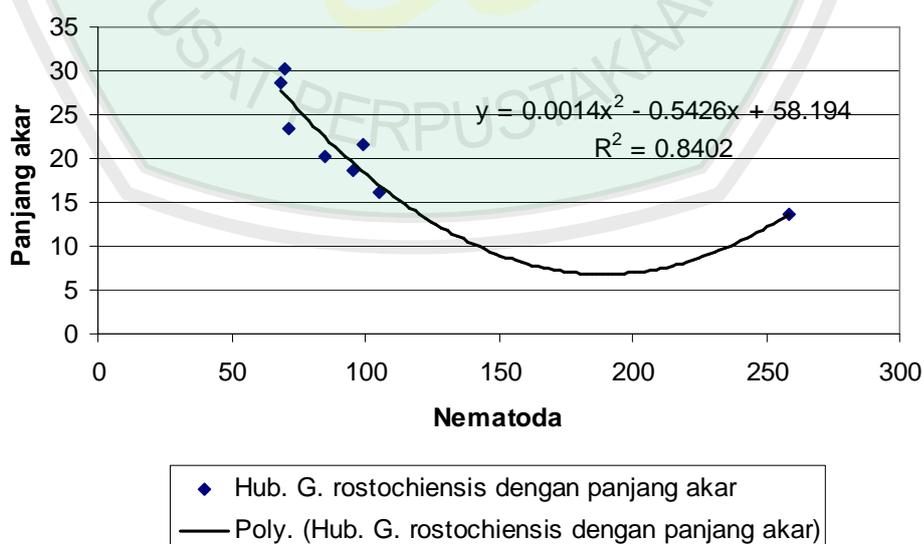
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Hasil penelitian Mattos dkk (2008), menunjukkan bahwa bakteri endofit *Burkholderia kururiensis* mampu meningkatkan jumlah akar lateral dan rambut akar tanaman padi.

Hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa semakin jumlah nematoda mempengaruhi panjang akar tanaman sebesar 84,02%.

APHIS (2008), melaporkan bahwa tingginya jumlah sista yang terdapat pada akar akan mempengaruhi pertumbuhan laju pertumbuhan tanaman dan perkembangan akar.

Athman (2006), menyatakan bahwa peningkatan panjang akar menunjukkan bahwa bakteri endofit tersebut mampu menginduksi ketahanan akar, dengan menghasilkan senyawa-senyawa kimia tertentu. Selain menghasilkan beberapa senyawa kimia, bakteri endofit dapat menginduksi mekanisme ketahanan tanaman, karena dengan mengkolonisasi jaringan dalam tanaman, maka endofit dapat berhubungan dengan baik sampai periode yang sangat lama dengan tanaman inang. Respon induksi ketahanan tanaman terjadi melalui peningkatan ketahanan secara fisik dan mekanis pada dinding sel tanaman, seperti halnya juga perubahan reaksi biokimia dalam tanaman inang, yang mengarah pada proses sintesis bahan-bahan kimia yang berkaitan dengan pertahanan.



**Gambar 4.5** Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan Panjang akar tanaman kentang yang diaplikasikan isolat bakteri endofit

## 2. Berat Kering Akar Tanaman Kentang

Hasil analisis statistik dengan *Analisis Of Variance*, menunjukkan  $F_{hitung} \geq F_{tabel}$  0,05, yang berarti ada pengaruh inokulasi bakteri endofit terhadap peningkatan berat kering akar tanaman kentang, yang kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara berbagai macam jenis isolat yang digunakan dalam mempengaruhi berat kering akar tanaman kentang.

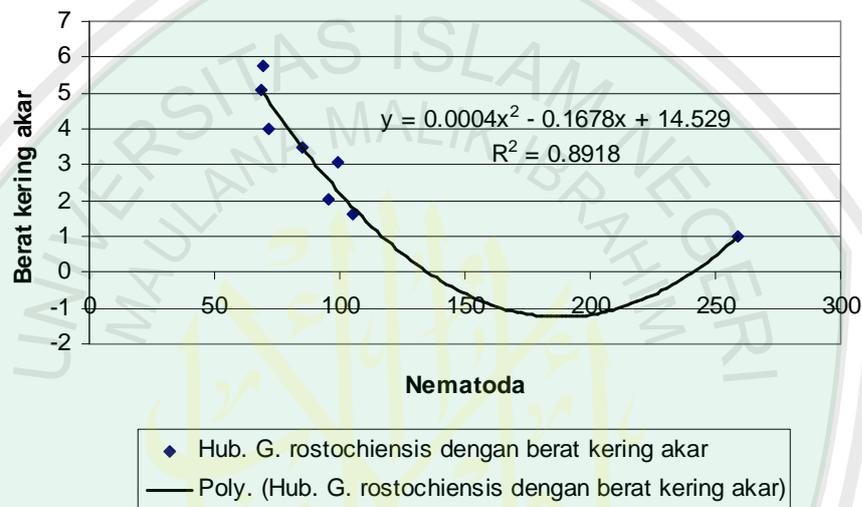
Hasil uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara beberapa macam isolat yang digunakan, dan isolat yang berpotensi adalah bakteri kombinasi *B. mycooides* dengan *K. ozaenae* dan kombinasi *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides* (tabel 4.6). kemampuan kedua jenis isolat tersebut dalam meningkatkan berat kering akar, dikarenakan oleh adanya senyawa kimia atau antibiotik tertentu yang dihasilkan. Sehingga bakteri endofit mampu melindungi tanaman dari serangan nematoda *G. rostochiensis*.

Tabel 4.6 Pengaruh bakteri endofit dalam meningkatkan berat kering akar tanaman kentang

Perlakuan	Rata-rata berat kering akar (g) dan notasi
Kontrol	0.977 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	1.603 <sup>ab</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	2.05 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	3.053 <sup>c</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	3.467 <sup>c</sup>
<i>K. ozaenae</i>	3.987 <sup>c</sup>
<i>B. mycooides</i> dengan <i>K. ozaenae</i>	5.097 <sup>d</sup>
<i>P. pseudomallei</i> dengan <i>B. mycooides</i>	5.78 <sup>d</sup>

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Hasil analisa regresi polynomial menunjukkan bahwa adanya jumlah populasi nematoda mempengaruhi berat akar tanaman kentang sebesar 89,18%



**Grafik 4.6** Grafik hasil analisa regresi polynomial hubungan jumlah nematoda dengan berat kering tanaman kentang yang diaplikasikan bakteri endofit

Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air, pertumbuhannya ditentukan oleh area daun yang aktif melakukan fotosintesis karena akar bergantung pada penangkapan energy oleh daun. Pada saat suplai energi terbatas, maka energi yang ada digunakan oleh jaringan tanaman yang paling dekat dengan lokasi fotosintesis. Oleh karena itu akar menerima energi hanya pada saat ada kelebihan energi yang diproduksi melalui fotosintesis yang tidak digunakan untuk pertumbuhan bagian atas dari tanaman (Dewi, 2007).

Besarnya nilai panjang akar dan berat kering akar yang diinokulasikan dengan bakteri endofit dibandingkan kontrol menunjukkan adanya proses

ketahanan yang dibangun oleh bakteri endofit bagi tanaman inang. Hal ini Secara tidak langsung menunjukkan bahwa bakteri terlebih dahulu menekan pertumbuhan mikroorganisme pengganggu melalui mekanisme kompetisi, predasi, dan antibiotik yang dihasilkannya (Kloepper *dkk.* 1991 dalam Harni et a, 2007). Chrisnawati *dkk* (2009), menyatakan tingginya produksi daun nilam yang diperlakukan dengan *Bacillus* spp. dan *Pseudomonad fluoresen* dapat dihubungkan dengan kematian tanaman sangat rendah dan produksi yang tinggi, sebagai akibat adanya kemampuan yang tinggi strain *Bacilus* spp. dan *Pseudomonas* dalam menghambat patogen yang menyerang nilam. Selain itu adanya enzim seperti kitinase juga dapat mempengaruhi pertumbuhan nematoda.

Dewi (2008), menyatakan bahwa kemampuan bakteri untuk memproduksi kitinase sangat bervariasi, mungkin disebabkan perbedaan pada gen yang mengkodennya. Variasi ini tidak saja terlihat dari jumlah aktifitas kitinase total yang diproduksi setiap speciesnya, tetapi juga pada jenis kitinase yang dihasilkan. Genus bakteri yang sudah banyak dilaporkan menghasilkan kitinase antara lain *Aeromonas*, *Alteromonas*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Ewingella*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Serratia*,. Beberapa spesies yang telah dipelajari antara lain *Aeromonas* sp, *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *Clostridium* sp, *Enterobacter liquefaciens*, *Flavobacterium indoltheticum*, *Klebsiella* sp, *Micrococcus colpogenes*, *Pseudomonas* sp, *Serratia marcencens*, *Vibrio parahaemaluticus*, *V. alginolyticus*, *Bacillus* dan *Pyrococcus*.

Rendahnya berat akar tanaman yang diinokulasi nematoda, disebabkan oleh kerusakan akibat penusukan stilet dan sekresi enzim yang dikeluarkan nematoda

sewaktu nematoda makan. Agrios (1997) dalam Harni (2007), melaporkan bahwa nematoda yang mengkonsumsi sel akar mampu menurunkan kemampuan tumbuhan menyerap air dan hara dari tanah sehingga menyebabkan gejala seperti kekurangan air dan hara. Disamping itu, nematoda juga menyebabkan berkurangnya konsentrasi zat pengatur tumbuh tanaman seperti auksin, sitokinin, dan giberelin yang banyak terdapat di ujung akar. Berkurangnya zat pengatur tumbuh dapat terjadi karena nematoda mengeluarkan enzim selulase dan pektinase yang mampu mendegradasi sel sehingga ujung akar luka dan pecah, hal ini menyebabkan auksin tidak aktif. Tidak aktifnya auksin menyebabkan pertumbuhan akar terhambat.

Pada tanaman kentang yang mampu tumbuh dengan baik setelah di aplikasikan bakteri endofit dan terjadinya penurunan nematoda jumlah nematoda, selain disebabkan oleh kemampuan bakteri endofit menghasilkan senyawa kimia juga disebabkan oleh kemampuan bakteri endofit dalam menghasilkan enzim kitinase.

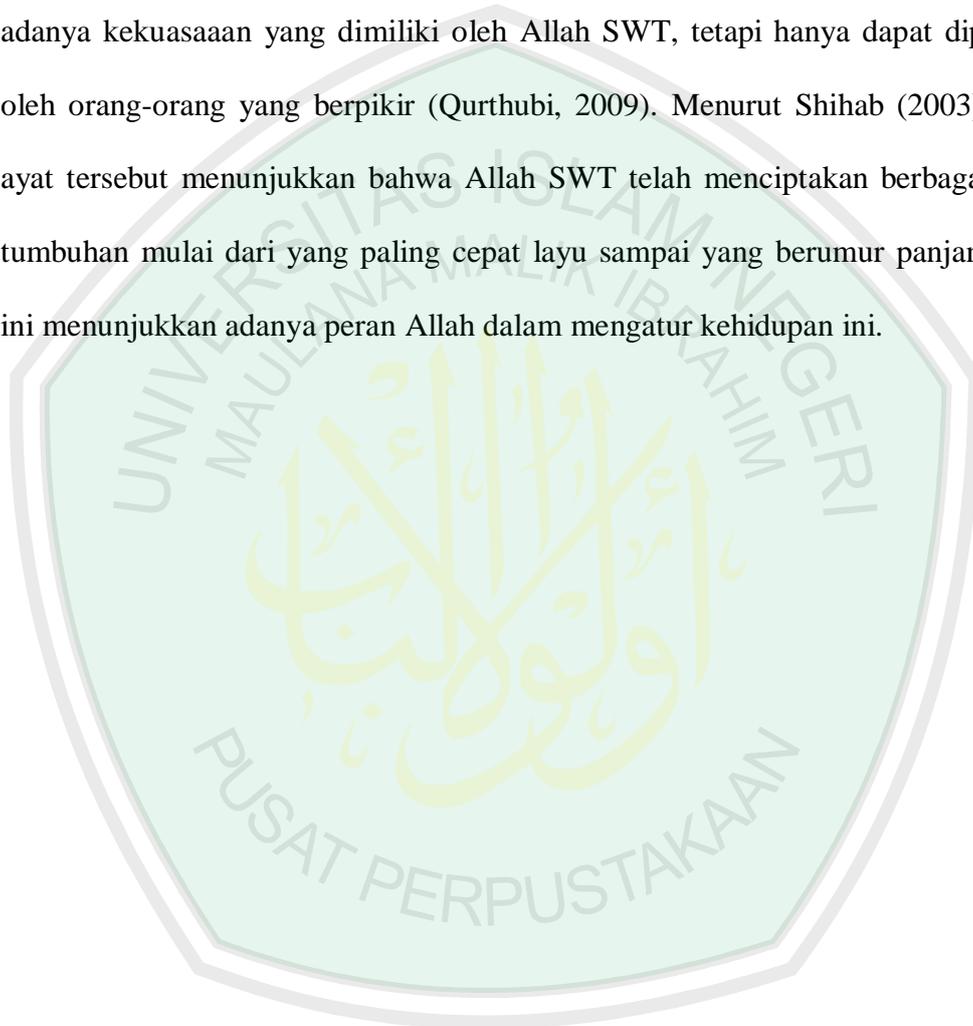
Isyarat proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan telah banyak disinggung dalam Al-qur'an, terutama faktor-faktor yang menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik. Salah satu yang disebutkan dalam firman Allah SWT adalah air. Firman Allah SWT dalam QS. An-Nahl (16):11

يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ  
كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

*Artinya: Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya*

*pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan (QS. An-Nahl : 11).*

Al-Qur'an surat An-Nahl ayat 11 di atas menunjukkan bahwa Allah telah menumbuhkan segala macam tanaman dibantu oleh air. Hal ini menunjukkan adanya kekuasaan yang dimiliki oleh Allah SWT, tetapi hanya dapat dipahami oleh orang-orang yang berpikir (Qurthubi, 2009). Menurut Shihab (2003), pada ayat tersebut menunjukkan bahwa Allah SWT telah menciptakan berbagai jenis tumbuhan mulai dari yang paling cepat layu sampai yang berumur panjang. Hal ini menunjukkan adanya peran Allah dalam mengatur kehidupan ini.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Semua jenis isolat bakteri endofit (isolat bakteri tunggal *P. pseudomallei*, *B. mycooides*, dan *K. ozaenae*), maupun isolat kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*; *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei*, *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*) yang diaplikasikan memiliki kemampuan dalam menghambat serangan nematoda *Globodera rostochsiensis* dibandingkan kontrol.
2. Semua jenis isolat bakteri endofit (isolat bakteri tunggal *P. pseudomallei*, *B. mycooides*, dan *K. ozaenae*), maupun isolat kombinasi (*P. pseudomallei* dengan *K. ozaenae*; *P. pseudomallei* dengan *B. mycooides*; *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*; dan kombinasi *P. pseudomallei*, *B. mycooides* dengan *K. ozaenae*) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang baik tinggi tanaman, berat basah dan berat kering tanaman, panjang akar dan berat kering akar secara dibandingkan dengan kontrol.

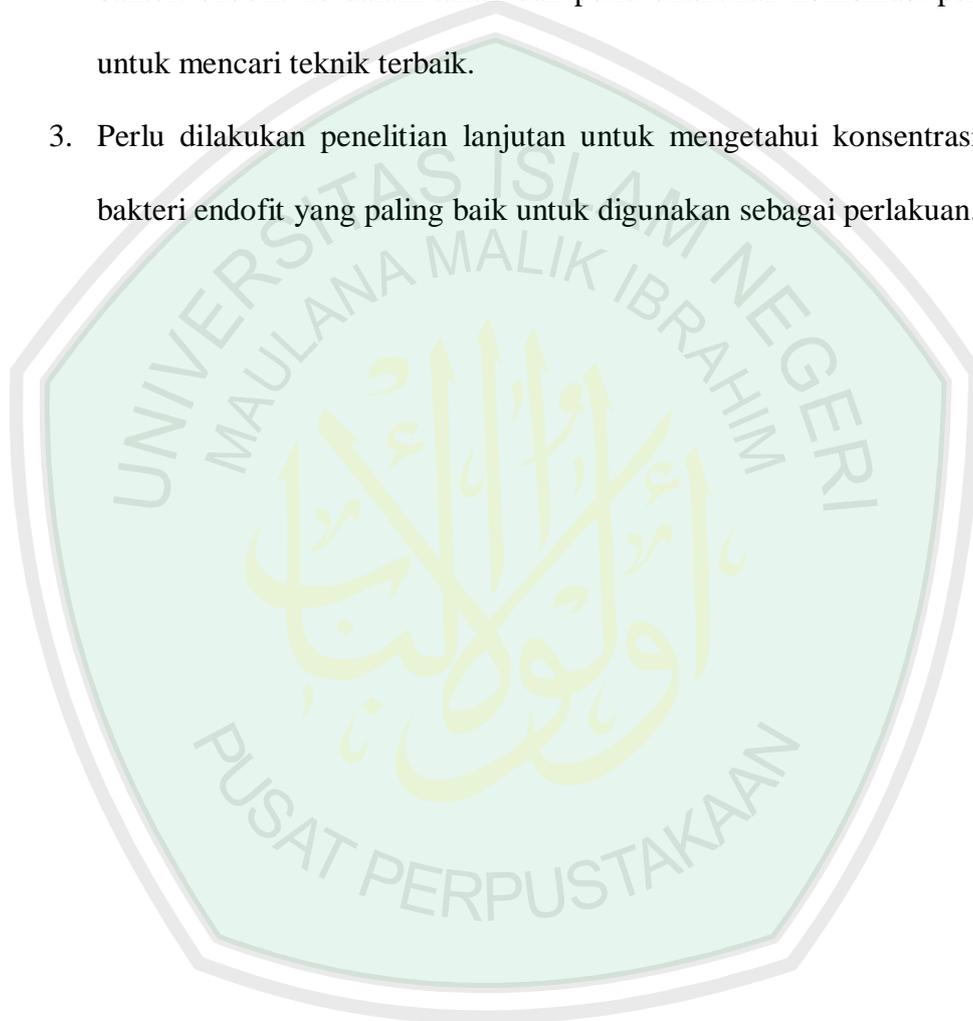
#### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dikemukakan saran yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan melakukan aplikasi secara langsung dilapangan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri endofit

yang ada dalam menghambat serangan atau membunuh nematoda *G. rostochsiensis*.

2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melakukan aplikasi lain isolat bakteri endofit ke dalam tanah dan perlu dilakukan kombinasi perlakuan untuk mencari teknik terbaik.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui konsentrasi isolat bakteri endofit yang paling baik untuk digunakan sebagai perlakuan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jauziyah, Ibnu Qayyim. 1994. *Sistem Kedokteran Nabi: Kesehatan dan Pengobatan Menurut Petunjuk Nabi Muhammad SAW*. Diterjemahkan oleh Dr. H. Said. Agil Husin al-Munawwar, M. Semarang: PT. Karya Toha Putra
- Al-Mubarak, Shafiyurrahman. 2006. *Shahih Tafsir Ibnu Katsir Jilid 1*. Bogor: Pustaka Ibnu Katsir. Penerjemah Abu Ihsan Al-Atsari.
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service). 2008. *Golden Nematode Ro2 Eradication in Livingston and Suffolk Counties*, New York. [http://www.aphis.usda.gov/plant\\_health/ea/downloads/golden-nematode - ea-9-08-pdf](http://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/golden-nematode-2008-09-08.pdf). Akses 7 Mei 2009.
- Aryantha, N. P., Lestari, D. P dan Pangesti, N. P. D. 2004. *Potensi Isolat Bakteri Penghasil IAA dalam Peningkatan Pertumbuhan Kecambah Kacang Hijau pada Kondisi Hidroponik*. Jurnal Mikrobiologi Indonesia. Vol. 9, No. 2
- Arnold, A. E. 2003. *Fungal Endophytes Limit Pathogen Damage In a Tropical Tree*. PNAS vol. 100 No. 26: 15649 – 15654.
- Athman, S. Y. 2006. Review of the role of endophytes in biological control of plant-parasitic nematodes with special reference to the banana nematode, *Radopholus similis* (Cobb) Thourne. University of Pretoria. Pp 5-28. [http://www.upetd.up.ac.za/thesis/available/etd - 12072006 - 105803/unrestricted/01\\_chapter\\_1](http://www.upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-12072006-105803/unrestricted/01_chapter_1). Akses 7 Mei 2009.
- Bandara, W. M. M. S., Seneviratne, G dan Kulasooriya, S. A. 2006. *Interactions Among Endophytic Bacteria and Fungi: Effects and Potentials*. J. Biosci. 31(5), December 2006, 645–650, © Indian Academy of Sciences. <http://www.ias.ac.in/jbiosci>. Akses 24 April 2009.
- Bilman, WS. 2001. *Analisis Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata), Pergeseran Komposisi Gulma pada Beberapa Jarak Tanam*. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia. Vol. 3. No. 1.
- BPOM (Badan Pengawas Obat dan Minuman). 2008. Racun Alami Pada Tanaman Pangan <http://perpustakaan.pom.go.id/KoleksiLainnya/InfoPOM/0308.pdf>. Akses 19 Mei 2009.
- Chandrashekhara. 2007. Endophytic Bacteria from Different Plant Origin Enhance Growth and Induce Downy Mildew Resistance in Pearl Millet. [http://www.scialert.net/qredirect.php?doi=ajppaj.2007.1.11&linkid=pdf - similarby-SN-Chandrashekhara-2007](http://www.scialert.net/qredirect.php?doi=ajppaj.2007.1.11&linkid=pdf-similarby-SN-Chandrashekhara-2007). Akses 25 Mei 2009

- Chrisnawati, Nasrun dan Arwiyanto, Triwidodo. 2009. Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Nilam Menggunakan *Bacillus* spp. dan *Pseudomonad fluoresen*. JURNAL LITTRI VOL. 15 NO. 3, ISSN 0853-8212
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clement, C dan Barka, E. A. 2005. Use of Plant Growth-Promoting Bacteria for Biocontrol of Plant Diseases: Principles, Mechanisms of Action, and Future Prospects. APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY. Vol. 71, No. 9
- Dewi, Intan Ratna. 2007. Fiksasi N Biologis pada Ekosistem Tropis. [http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/rhizobia\\_mklh\\_1.pdf](http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/rhizobia_mklh_1.pdf). Akses 1 Mei 2009.
- Dewi, Iche Marina. 2008. Isolasi Bakteri Dan Uji Aktivitas Kitinase Termofilik Kasar dari Sumber Air Panas Tinggi Raja, Simalungun Sumatera Utara. Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan
- Desnoues, N., Lin, M., Guo, X., Ma, L., Carreno-Lopez, R., dan Elmerich, C. 2003. *Nitrogen Fixation Genetics and Regulation in a Pseudomonas stutzeri strain Associated With Rice*. Microbiology (2003), 149, 2251–2262. DOI 10.1099/mic.0.26270-0
- Ditlin. 2008. Pengenalan dan Pengendalian NSK (Nematoda Sista Kuning). [http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/makalah/nsk\\_kentang.html](http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/makalah/nsk_kentang.html). Akses 7 Mei 2008.
- Dubois, T., Coyne1, D., Kahangi, E., Turoop, L., Nsubuga, E.W.N. 2006. Endophyte-Enhanced Banana Tissue Culture: Technology Transfer Through Public-Private Partnerships in Kenya and Uganda in ATDF Journal Vol 3 Issue 1 TOT.
- Ferris, Howard. 2008. *The Nematoda Plant Expert Information System. Globodera rostochiensis*. <http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxadata/G053S2.HTM>. Akses 25 Mei 2009.
- Firmansah, Ramdan. 2008. Effectiveness of Endophyte and Phylloplen Bacteria Of *Mucuna pruriens* Linn Leaves in Promoting Plant Growth and Suppressing Leaf Spot Disease (*Cercospora* sp.) on Peanut (*Aravhis hypogaea* L.). <http://www.docstoc.com/docs/2324531>. Akses 25 Mei 2009.
- Guetsky, Ruth., Shtienberg, D., Elad, Y dan Dinoor, A. 2001. *Combining Biocontrol Agents to Reduce the Variability of Biological Control*. PHYTOPATHOLOGY. Department of Plant Pathology, ARO, The Volcani Center, Bet Dagan 50250, Israel.

- Hallmann, Johannes. 1999. *Plant Interactions with Endophytic Bacteria*. <http://www.bspp.org.uk/archives/bspp1999/session3.php>. Akses 25 Mei 2009.
- Harni, R., Munif, A., Mustika, I. 2006. *Potensi Metode Aplikasi Bakteri Endofit terhadap Perkembangan Nematoda Peluka Akar (Pratylenchus brachyurus) pada Tanaman Nilam*. Jurnal Littri 12(4), ISSN 0853 – 8212.
- Harni, Rita., Munif, Abdul., Supramana., Mustika, Ika. 2007. *Potensi Bakteri Endofit Pengendali Nematoda Peluka Akar (Pratylenchus Brachyurus) Pada Nilam*. HAYATI Journal of Bioscience. Vol. 14, No. 1
- Hino, S dan Wilson, P. W. 1957. *Nitrogen fixation by a facultative Bacillus*. Department of Bacteriology, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Husen, Edi Saraswati, Rasti dan Hastuti, Ratih Dewi. 2006. *Rizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman*. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/pupuk9.pdf>. Akses 25 Mei 2009.
- Kaga, Hiroko., Mano, Hironobu., Tanaka, Fumiko., Watanabe, Asuka., Kaneko, Satoshi dan Morisaki, Hisao. 2009. *Rice Seeds as Sources of Endophytic Bacteria*. *Microbes Environ.* Vol. 24, No. 2, 154–162. <http://www.soc.nii.ac.jp/jsme2/>. Akses 06 Mei 2009.
- Karnwal, A. 2009. *Production Of Indole Acetic Acid By Fluorescent Pseudomonas in the Presence of L-Tryptophan And Rice Root Exudates*. *Journal of Plant Pathology* (2009), 91 (1).
- Khaelany. 1996. *Islam Kependudukan dan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Khalid, Fazlan M. 1999. *Al-Qur'an: Ciptaan dan konservasi*. Jakarta: Conservation International Indonesia
- Knoxfield, Berg Gordon. 2006. *Potato Cyst Nematode*. <http://www.dpi.vic.gov.au/DPI/nreninf.nsf/childdocs/71E8091F577D52D24A2568B30004F3B2?open>. Akses 24 April 2009.
- Kremer, Robert J. 2006. *The Role of Allelopathic Bacteria In Weed Management in Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*
- Krishnawati, Desiree. 2003. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kascing terhadap*

- Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*). KAPPA (2003) Vol. 4, No.1, 9-12. ISSN 1411-4046
- Kuc, J. 1995. Phytoalexins, Stress Metabolism, and Disease Resistance in Plants. Annual Review of Phytopathology. Terjemahan Willy Bayuardi Suwarno. <http://willy.situshijau.co.id>. Akses 21 Mei 2009.
- Kusumaningrum, Indri., Hastuti, Rini Budi., dan Haryanti, Sri. 2007. Pengaruh Perasan *Sargassum crassifolium* dengan Konsentrasi yang Berbeda terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). Buletin Anatomi dan Fisiologi, Vol. XV, No. 2.
- Long, Hoang Hoa., Schmidt, Dominik D., Baldwin, Ian T. 2008. Native Bacterial Endophytes Promote Host Growth in a Species-Specific Manner; Phytohormone Manipulations Do Not Result in Common Growth Responses. <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0002702>. Akses 29 Mei 2009.
- Mahran, Jamaluddin dan Mubasyir, Abdul Azhim Hafna. 2006. *Al-Qur'an Bertutur Tentang Makanan dan Obat-Obatan*. Jakarta: Mitra Pustaka
- Mattos, Katherine A., Pádua, Vania L.M., Romeiro1, Alexandre., Hallack, Leticia F., Neves, Bianca C., Ulisses, Tecia M.U., Barros, Claudia F., Todeschini1, Adriane R., Previato, José O., dan Mendonça-Previato, Lucia. 2008. Endophytic Colonization of Rice (*Oryza sativa* L.) by the Diazotrophic Bacterium *Burkholderia kururiensis* and Its Ability to Enhance Plant Growth. <http://www.scielo.br/aabc>. Akses 5 April 2009.
- Mustika, Ika dan Nuryani, Yang. 2006. Strategi Pengendalian Nematoda Parasit pada Tanaman Nilam. Jurnal Litbang Pertanian, 25(1). <http://www.pustaka-deptan.go.id/publikasi/p3251062.pdf>. Akses 7 Mei 2009.
- Melliawati, Ruth. 2006. *Pengkajian Bakteri Endofit Penghasil Senyawa Bioaktif untuk Proteksi Tanaman*. Biodiversitas. ISSN: 1412-033X Volume 7, Nomor 3.
- Nurhidayah dkk. 2001. Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Sekitar Kawah Sikidang Dataran Tinggi Dieng. Biosmart Vol. 3, No. 1. <http://www.scribd.com/doc/13095034/b030107>. Akses 7 Mei 2009.
- Nurmayulis. 2005. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) yang Diberi Pupuk Organik Difermentasi, *Azospirillum* sp., dan Pupuk Nitrogen di Pangalengan dan Cisarua. Disertasi Tidak

Diterbitkan. Bandung: Magister Ilmu Pertanian Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran Bandung.

PADIL (Pests and Diseases Image Library). 2006. Potato Cyst Nematodes (*Globodera* spp.) <http://www.padil.gov.au/pbt/index.php?q=node/15&pbtID=149> - 30k. Akses 7 Mei 2009.

Phil dan Setiawan. 2008. Tafsir Sebagai Resepsi Al-Qur'an; Ke Arah Pemahaman Kitab Suci dalam Konteks Keindonesiaan. UIN Sunan Kalijaga, Visiting Professor GEI, Braunschweig, Germany.

Pujisiswanto, Hidayat dan Pangaribuan, Darwin. 2008. Pengaruh Dosis Kompos Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Buah Tomat. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung

Prakamhang, Janpen. 2007. Microbial Communities and Their *nifh* Gene Expression in Rice Endophytic Diazotroph Bacteria. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Biotechnology Suranaree University of Technology. Thailand

Rahman, Afzalur. 2000. *Al-Qur'an Sumber Ilmu Pengetahuan*. Jakarta: Rineka Cipta.

Radji, Maksum. 2005. *Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit dalam Pengembangan Obat Herbal*. Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi. Vol. II. Departemen Farmasi, FMIPA-UI, Kampus UI Depok. 113 – 126. Departemen Farmasi, FMIPA-UI, Kampus UI Depok 16424 Majalah Ilmu Kefarmasian, No.3, Desember 2005, 113 – 126

Sachdev, Dhara P., Chaudhari, Hemangi G., Kasture, Vijay M., Dhavale, Dilip D., Chopade, Balu A. 2009. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing *Klebsiella pneumoniae* strains from rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum*) and their effect on plant growth. Indian Journal of Experimental Biology Vol. 47.

Strobel, Scott A dan Strobel, Gary A. 2007. *Plant Endophytes as a Platform for Discovery-Based Undergraduate Science Education*. NATURE CHEMICAL BIOLOGY VOLUME 3. <http://www.nature.com/naturechemicalbiology>. Akses 25 Mei 2009.

Suganda, Tarkus. 2008. Penginduksian Resistensi Tanaman Kacang Tanah terhadap Penyakit Karat (*Puccinia arachidis* Speg.) dengan Pengaplikasian Asam Salisilat, Asam Asetat Etilendiamintetra, Kitin

Asal Kulit Udang, Air Perasan Daun Melati, dan Dikaliunhidrogenfosfat. <http://digilib.biologi.lipi.go.id/view.html?idm=39908>. Akses 22 Juli 2009.

- Sturz, Antony V. 2006. *Bacterial Root Zone Communities, Beneficial Allelopathies and Plant Disease Control in Allelochemicals: Biological Control of Plant Pathogens and Diseases*. Netherlands. Published by Springer.
- Swibawa, I Gede., Amaliah, Irma., dan Aeny, Titik Nur. Pengaruh Infestasi Nematoda *Pratylenchus* terhadap Pertumbuhan Tanaman Nenas [*Ananas comosus* (L.) Merr.]. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* Vol. 1, No. 1: 24-27 (2000) ISSN 1411-7525.
- Tirta, I Gede. 2007. Pengaruh Beberapa Jenis Media Tanam dan Pupuk Daun terhadap Pertumbuhan Vegetatif Anggrek Jamrud (*Dendrobium macrophyllum* A. Rich.). *B I O D I V E R S I T A S*.
- Tombe, Mesak. 2009. *Meningkatkan Antibodi Tanaman Melalui Teknologi Imunisasi*. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. [http://ditjenbun.deptan.go.id/perbenpro/index.php?option=com\\_content&view=article&id=92:meningkatkan-antibodi-tanaman-melalui-teknologi-imunisasi-&catid=6:iptek&Itemid=47](http://ditjenbun.deptan.go.id/perbenpro/index.php?option=com_content&view=article&id=92:meningkatkan-antibodi-tanaman-melalui-teknologi-imunisasi-&catid=6:iptek&Itemid=47). Akses 22 Juli 2009.
- Williamson. V.M & Richard. S.H. 1996. Nematode pathogenesis and Resistance in Plant. *The Plant Cell*. 8 : 1735-1745. <http://plantpath.caes.uga.edu/personnel/faculty/documents/Plantcell.pdf>. Akses 22 Juli 2009.
- Worang, Rantje Lilly. 2003. Fungi Endofit Sebagai Penghasil Antibiotika [http://tumoutou.net/702\\_07134/rantje\\_worang.htm-55k](http://tumoutou.net/702_07134/rantje_worang.htm-55k). Akses 25 Mei 2009.
- Yanti, Yulmira dan Resti, Zurai. 2008. Produksi Senyawa Anti Mikroba terhadap Mutan Pisang Raja Sereh yang Tahan Blood Deases Bacterium (BDB). [http://fisika.brawijaya.ac.id/bss-ub/PDF%20FILES/BSS\\_271\\_1.pdf](http://fisika.brawijaya.ac.id/bss-ub/PDF%20FILES/BSS_271_1.pdf). Akses 04 Januari 2010.
- Yusuf, Ali Anwar. 2006. *Islam dan Sains Modern: Sentuhan Islam terhadap berbagai Disiplin Ilmu*. Bandung: CV. Pustaka Setia.
- Zinniel, Denise K., Lambrecht, Pat., Harris, N. Beth., Feng, Zhengyu., Kuczarski, Daniel., Higley, Phyllis., Ishimaru, Carol A., Arunakumari, Alahari., Barletta, Raúl G., dan Vidaver1, Anne K. 2002. *Isolation and Characterization of Endophytic Colonizing Bacteria from Agronomic Crops and Prairie Plants*. *Applied And Environmental Microbiology*,

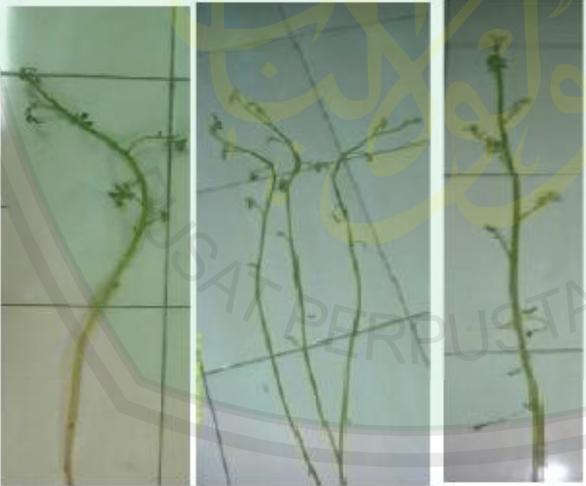
Vol. 68, no. 5. American Society for Microbiology. Plant Pathology  
Department Papers in Plant Pathology.



## Lampiran 1. Gambar Tinggi Tanaman kentang

Gambar	Tinggi tanaman (Ulangan) / cm
<p style="text-align: center;"><b>Kontrol</b></p>  <p style="text-align: center;">1      2      3</p> <p><b>Ket: 1, 2 dan 3: Ulangan</b></p>	<p>(1) 56</p> <p>(2) 58</p> <p>(3) 58</p>
<p style="text-align: center;"><b><i>Pseudomonas pseudomalei</i></b></p>  <p style="text-align: center;">1      2      3</p>	<p>(1) 95</p> <p>(2) 95</p> <p>(3) 75</p>

<p><b>Bacillus mycoides</b></p>  <p>1 2 3</p>	<p>(1) 74 (2) 82 (3) 85</p>
<p><b>Klebsiella ozaenae</b></p>  <p>1 2 3</p>	<p>(1) 120 (2) 102 (3) 105</p>

<p><b>P. pseudomalei+B. mycoides</b></p>  <p>1 2 3</p>	<p>(1) 97 (2) 117 (3) 101</p>
<p><b>P. pseudomalei +K. ozaenae</b></p>  <p>1 2 3</p>	<p>(1) 80 (2) 90 (3) 85</p>

<p><b>B. mycoides + K. ozaenae</b></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 115 (2) 120 (3) 125</p>
<p><b>P.pseudomalei+B.mycoides+K. ozaenae</b></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 121 (2) 97 (3) 121</p>

**Lampiran 2. Panjang akar tanaman yang diaplikasikan bakteri endofit**

Gambar	Panjang Akar tanaman (cm)
<p>1. Akar tanaman kentang (Kontrol)</p>  <p>1                      2                      3</p> <p><b>Ket: 1, 2, dan 3: Ulagan</b></p>	<p>(1) 13,5 (2) 14,5 (3) 13</p>
<p>2. <i>Pseudomonas pseudomalei</i></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 21 (2) 23 (3) 21</p>
<p>3. <i>Bacillus mycoides</i></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 16 (2) 16 (3) 16,5</p>
<p>4. <i>Klebsiella ozaenae</i></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 23 (2) 23 (3) 24</p>
<p>5. <i>P. pseudomalei</i>+<i>B. mycoides</i></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 21 (2) 34 (3) 36</p>
<p>6. <i>P. pseudomalei</i> +<i>K. ozaenae</i></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 17 (2) 22 (3) 17</p>

<p><b>7. <i>B. mycoides</i> + <i>K. ozaenae</i></b></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 29 (2) 32 (3) 25</p>
<p><b>8. <i>P. pseudomalei</i>+<i>B. mycoides</i>+<i>K. ozaenae</i></b></p>  <p>1                      2                      3</p>	<p>(1) 15 (2) 21,5 (3) 24</p>



### Lampiran 3. Uji statistik

#### a. Jumlah populasi nematoda sista kuning yang menempel pada akar tanaman kentang

Perlakuan	Ulangan			tot	Rata2
	1	2	3		
Kontrol	210	397	169	776	258,67
<i>P. pseudomallei</i>	101	99	97	297	99
<i>B. mycooides</i>	121	83	112	316	105,33
<i>K. ozaenae</i>	67	63	85	215	71,667
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	50	64	95	209	69,667
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	80	109	98	287	95,667
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	65	63	78	206	68,667
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	78	99	78	255	85

#### ANOVA

DATA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	83378.958	7	11911.280	5.858	.002
Within Groups	32532.000	16	2033.250		
Total	115911.0	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut menggunakan BNT 5%

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 \text{ (Galat)}) \times \frac{\sqrt{2} \text{ KT galat}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 2033,25}}{3} \\
 &= 2,12 \times \frac{\sqrt{2 (2033,25)}}{3} \\
 &= 78,05
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-Rata Jumlah sista / Akar tanaman
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	68,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	69,667 <sup>a</sup>
<i>K. ozaenae</i>	71,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	85 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	95,667 <sup>a</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	99 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	105,33 <sup>a</sup>
Kontrol	258,67 <sup>b</sup>

### b. Uji statistik Data Tinggi Tanaman

Perlakuan	Ulangan (cm)			Rata2	Total
	1	2	3		
Kontrol	56	58	58	57,33	172
<i>P. pseudomallei</i>	95	95	75	88,33	265
<i>B. mycooides</i>	74	82	85	80,33	241
<i>K. ozaenae</i>	120	102	105	109	327
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	97	117	101	105	315
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	80	90	85	85	255
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	115	120	125	120	360
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	121	121	97	113	339

#### ANOVA

DATA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	9068.500	7	1295.500	16.879	.000
Within Groups	1228.000	16	76.750		
Total	10296.500	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut BNT 5%

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 \text{ (Galat)}) \times \frac{\sqrt{2 \text{ KT galat}}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 75,75}}{3} \\
 &= 2,12 \times \frac{\sqrt{2 (76,75)}}{3} \\
 &= 15,16
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-rata tinggi tanaman dan notasi
Kontrol	57,33 <sup>a</sup>
<i>B. mycooides</i>	80,33 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	85 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i>	88,33 <sup>b</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	105 <sup>c</sup>
<i>K. ozaenae</i>	109 <sup>c</sup>
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	113 <sup>c</sup>
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	120 <sup>c</sup>

**c. Uji statistik Berat basah Tanaman Kentang**

Perlak	Ulangan (gram)			Total	Rata-2
	1	2	3		
Kontrol	35,56	36,2	20,31	92,07	30,69
<i>P. pseudomallei</i>	50,94	50,87	69,76	171,57	57,19
<i>B.mycooides</i>	50,99	48,1	48,31	147,4	49,13333
<i>K. ozaenae</i>	74,38	90,2	74,23	238,81	79,60333
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i>	75,11	76,12	92,04	243,27	81,09
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	48,34	45,61	54,39	148,34	49,44667
<i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	75,91	76	88,35	240,26	80,08667
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	68,81	71	53,94	193,75	64,58333

**ANOVA**

DATA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6997.546	7	999.649	14.977	.000
Within Groups	1067.961	16	66.748		
Total	8065.508	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 (\text{Galat})) \times \frac{\sqrt{2 \text{KT galat}}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 66,748}}{3} \\
 &= 2,12 \times 6,67 \\
 &= 14,14
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
Kontrol	30,69	a
<i>B.mycooides</i>	49,133	b
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	49,446	b
<i>P. pseudomallei</i>	57,19	bc
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	64,583	cd
<i>K. ozaenae</i>	79,603	de
<i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	80,086	e
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i>	81,09	e

**d. Uji statistik berat kering tanaman kentang**

Perlak	Ulangan (gram)			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	3,1	3,16	2,02	8,28	2,76
<i>P. pseudomallei</i>	4,24	4,19	5,01	13,44	4,48
<i>B.mycooides</i>	4,26	4,16	4,18	12,6	4,2
<i>K. ozaenae</i>	6,02	7,03	5,08	18,13	6,043
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i>	6,38	6,72	7,48	20,58	6,86
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	4,18	3,87	4,78	12,83	4,277
<i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	6,57	6,57	6,97	20,11	6,703
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	4,68	5,05	4,66	14,39	4,797

**ANOVA**

DATA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.821	7	5.974	21.631	.000
Within Groups	4.419	16	.276		
Total	46.240	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 (\text{Galat})) \times \frac{\sqrt{2 \text{ KT galat}}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 0,276}}{3} \\
 &= 2,12 \times 0,428 \\
 &= 0,909
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-Rata berat kering tajuk dan notasi
Kontrol	2,76 a
<i>B.mycooides</i>	4,2 b
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	4,28 b
<i>P. pseudomallei</i>	4,48 b
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	4,8 b
<i>K. ozaenae</i>	6,04 c
<i>B.mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	6,7 c
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B.mycooides</i>	6,86 c

**e. Data dan uji statistik Panjang tanaman kentang**

Isolat	Ulangan (cm)			Jumlah	Rata2
	1	2	3		
Kontrol	13,5	14,5	13	41	13,667
<i>P. pseudomallei</i>	21	23	21	65	21,667
<i>B. mycooides</i>	16	16	16,5	48,5	16,167
<i>K. ozaenae</i>	23	23	24	70	23,333
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	21	34	36	91	30,333
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	17	22	17	56	18,667
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	29	32	25	86	28,667
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	15	21,5	24	60,5	20,167

**ANOVA**

data

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	697.000	7	99.571	7.182	.001
Within Groups	221.833	16	13.865		
Total	918.833	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 (\text{Galat})) \times \frac{\sqrt{2 \text{KT galat}}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 13,865}}{3} \\
 &= 2,12 \times 3,04 \\
 &= 6,445
 \end{aligned}$$

Isolat	Rata-rata panjang akar tanaman kentang dan notasi
Kontrol	13,667 a
<i>B. mycooides</i>	16,167 ab
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	18,667 abc
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	20,167 abc
<i>P. pseudomallei</i>	21,667 bc
<i>K. ozaenae</i>	23,333 bc
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	28,667 cd
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	30,333 d

**f. Uji statistik berat kering akar tanaman kentang**

Isolat	Ulangan (gram)			Total	Rata-Rata
	1	2	3		
Kontrol	0,6	1,18	1,15	2,93	0,977
<i>P. pseudomallei</i>	2,12	3,8	3,24	9,16	3,053
<i>B. mycooides</i>	1,62	1,63	1,56	4,81	1,603
<i>K. ozaenae</i>	3,6	5,12	3,24	11,96	3,987
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	5,35	5,37	6,62	17,34	5,78
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	2,1	2	2,05	6,15	2,05
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	4,45	4,86	5,98	15,29	5,097
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	3,6	3	3,8	10,4	3,467

**ANOVA**

DATA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	59.277	7	8.468	21.385	.000
Within Groups	6.336	16	.396		
Total	65.613	23			

F tabel = 2,66

Uji lanjut BNT

$$\begin{aligned}
 \text{BNT}_{0,05} &= t(0,05 (\text{Galat})) \times \frac{\sqrt{2 \text{KT galat}}}{\text{ulangan}} \\
 &= t(0,05 (16)) \times \frac{\sqrt{2 \times 0,396}}{3} \\
 &= 2,12 \times 0,513 \\
 &= 1,089
 \end{aligned}$$

Perlakuan	Rata-Rata	Notasi
Kontrol	0,977	a
<i>B. mycooides</i>	1,603	ab
<i>P. pseudomallei</i> + <i>K. ozaenae</i>	2,05	b
<i>P. pseudomallei</i>	3,053	c
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	3,467	c
<i>K. ozaenae</i>	3,987	c
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i>	5,097	d
<i>P. pseudomallei</i> + <i>B. mycooides</i>	5,78	d

#### Lampiran 4. Bahan Penelitian



a.



b.

**Gambar 1. Bahan penelitian.**

**Keterangan:**

- a. Teknik perendaman benih tanaman kentang dalam isolat bakteri endofit
- b. Tanaman yang dikeringkan dalam oven selama 2 x 24 jam pada suhu 70 °C

**Lampiran 5. Alat penelitian**

Gambar 2. Alat-Alat Penelitian: a. Autoklav b. Hot Plate c. Laminar Air Flow d. Alata gelas ukur, corong, dan lain-lain. e. Media TSA, f. Autoklaf manual



**DEPARTEMEN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Gajayana 50 Malang Telp. (0341) 551354 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI**

Nama : Juwita  
NIM : 05520041  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi  
Pembimbing : Dr. Ulfah Utami, M.Si  
Judul : Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) terhadap Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*).

No.	Tanggal	Hal yang dikonsultasikan	Tanda Tangan
1.	30 Agustus 2009	Pengajuan Bab I, II, III	1.
2.	22 September 2009	Revisi Bab I, II, III	2.
3.	5 Oktober 2009	Revisi Bab I, II, III	3.
4.	20 Oktober 2009	Acc Bab I, II, III	4.
5.	13 November 2009	Seminar Proposal	5.
6.	13 April 2010	Pengajuan Bab IV dan V	6.
7.	14 April 2010	Revisi Bab IV dan V	7.
8.	14 April 2010	Acc Bab IV dan V	8.

Malang, 30 April 2010  
Mengetahui  
Ketua Jurusan Biologi

**Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd**  
NIP. 196301141999031001



**DEPARTEMEN AGAMA RI**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI**  
**MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Gajayana 50 Malang Telp. (0341) 551354 Fax. (0341) 572533

**BUKTI KONSULTASI**

Nama : Juwita  
NIM : 05520041  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi  
Pembimbing : Dr. Ahmad Barizi, MA  
Judul : Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Ketahanan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) terhadap Serangan Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*).

No	Tanggal	Hal yang dikonsultasikan	Tanda Tangan
1.	12 April 2010	Pengajuan Bab I, II, III, IV dan V	1.
2.	14 April 2010	Revisi Bab I, II, III, IV dan V	2.
3.	16 April 2010	Revisi Bab I, II, III, IV, dan V	3.
4.	17 April 2010	Acc Keseluruhan	4.

Malang, 30 April 2010

Mengetahui  
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Eko Budi Minarno, M. Pd  
NIP. 196301141999031001