



EFEKTIVITAS FORMULASI BAKTERI BERBAHAN AKTIF
Pseudomonas diminuta, *Pseudomonas mallei*, DAN *Bacillus mycoides* PADA
BERBAGAI BAHAN PEMBAWA SEBAGAI BIONEMATISIDA UNTUK
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG
(Globodera rostochiensis)

SKRIPSI

Oleh:

Resti Kusumaningtyas

NIM 101510501007

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER

2015



EFEKTIVITAS FORMULASI BAKTERI BERBAHAN AKTIF
Pseudomonas diminuta, *Pseudomonas mallei*, DAN *Bacillus mycoides* PADA
BERBAGAI BAHAN PEMBAWA SEBAGAI BIONEMATISIDA UNTUK
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG
(Globodera rostochiensis)

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

Resti Kusumaningtyas

NIM 101510501007

PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER

2015

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kupersembahkan skripsi ini kepada:

1. Ayahanda Soedarminto, Ibu Titik Minarsih, serta Ibunda Sudarmi kuhaturkan terima kasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, serta doa yang selalu dipanjatkan yang mungkin tidak dapat terbalas dengan apapun.
2. Kedua kakak dan adik tersayang serta keluarga besar yang selalu memberi semangat dan doa.
3. Semua guru-guru sejak Taman Kanak-Kanak hingga Perguruan Tinggi yang telah mendidik dan memberikan ilmunya.
4. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember

MOTTO

Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan.

Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati

dari yang hidup. (Yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah,

maka mengapa kamu masih berpaling?

(terjemahan Q.S. Al-An'am (6):95*)

Dan suatu tanda (kekuasaan Allah yang besar) bagi mereka adalah bumi yang mati.

Kami hidupkan bumi itu dan Kami keluarkan daripadanya biji-bijian,

maka daripadanya mereka makan

(terjemahan Q.S. Yaasiin (36):33*)

*) Kementerian Agama RI. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahnya dengan Transliterasi*.

Semarang: Karya Toha Putra.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Resti Kusumaningtyas

NIM : 101510501007

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **“Efektivitas Formulasi Bakteri Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* pada Berbagai Bahan Pembawa Sebagai Bionematisida untuk Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*)”** adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap dan etika ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 19 Januari 2015

Yang Menyatakan,

Resti Kusumaningtyas

NIM 101510501007

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS FORMULASI BAKTERI BERBAHAN AKTIF
Pseudomonas diminuta, *Pseudomonas mallei*, DAN *Bacillus mycoides* PADA
BERBAGAI BAHAN PEMBAWA SEBAGAI BIONEMATISIDA UNTUK
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG**

(Globodera rostochiensis)

Oleh:

Resti Kusumaningtyas

NIM 101510501007

Pembimbing

Pembimbing Utama : Ir. Soekarto, MS.

NIP : 19521021 198203 1001

Pembimbing Anggota : Ir. Abdul Majid, MP.

NIP : 19670906 199203 1004

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Formulasi Bakteri Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* pada Berbagai Bahan Pembawa Sebagai Bionematisida untuk Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 19 Januari 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Penguji,

Prof. Dr.Ir. Didik Sulistyanto, M.Ag.Sc.
NIP. 19640326 198803 1002

DPU,

DPA,

Ir. Soekarto, MS.
NIP. 19521021 198203 1001

Ir. Abdul Majid, MP.
NIP. 19670906 199203 1004

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, M.T.
NIP. 19590102 198803 1002

RINGKASAN

Efektivitas Formulasi Bakteri Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, Dan *Bacillus mycoides* Pada Berbagai Bahan Pembawa Sebagai Bionematisida Untuk Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*): Resti Kusumaningtyas. 101510501007; 2014; 54 halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Nematoda sista kentang (*Globodera rostochiensis*) merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang yang dapat mengurangi hasil panen hingga 80%. Pengendalian yang biasa dilakukan petani adalah dengan menggunakan nematisida sintetik karena lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan cara pengendalian lainnya. Salah satu upaya untuk meminimalisir penggunaan pestisida kimia adalah dengan melakukan pengendalian hayati. Oleh karena itu perlu dibuat nematisida yang ramah lingkungan dengan menggunakan agen hayati berupa bakteri. Bakteri yang digunakan diperoleh dari tanah di daerah perakaran tanaman kentang yang paling baik pertumbuhannya saat terserang nematoda. Bakteri yang diperoleh yaitu *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides*. Ketiga bakteri tersebut termasuk dalam kategori bakteri PGPR dan juga merupakan bakteri pelarut fosfat. Hal yang paling penting dalam kegiatan pembuatan nematisida adalah formulasi. Formulasi yang tepat dapat menentukan suatu agen hayati dapat bertahan hidup dan mampu bekerja dalam bahan pembawa yang tepat. Selain itu waktu penyimpanan formulasi dapat menentukan masih ada atau tidaknya populasi bakteri sebagai agen hayati dalam formulasi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas dan viabilitas formulasi bakteri yang berbahan aktif *P. diminuta*, *P. mallei* dan *B. mycoides* pada berbagai bahan pembawa sebagai bionematisida untuk mengendalikan nematoda sista kentang (*G. rostochiensis*) yang merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang yang dapat mengurangi hasil panen hingga 80% serta untuk mengetahui formulasi bionematisida mana yang paling efektif. Bakteri yang digunakan merupakan bakteri PGPR yang dapat melarutkan fosfat sehingga juga

disebut bakteri pelarut fosfat. Penelitian dilaksanakan selama \pm 6 bulan dimulai bulan Mei 2014 hingga Oktober 2014 di lahan pertanaman kentang di desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Batu, di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, dan di Laboratorium Pengendalian Hayati, Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Bahan yang digunakan yaitu 6 formulasi bakteri diantaranya PDT, PMT, BMT, PDTG, PMTG, dan BMTG, untuk diaplikasikan pada tanaman kentang di dalam polybag yang diberi perlakuan sista terlebih dahulu. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan RAK (Rancangan Acak Kelompok) menggunakan 6 perlakuan, 1 kontrol, dan 4 ulangan dengan parameter pengamatan pengamatan terhadap tinggi tanaman, berat umbi, panjang akar, jumlah juvenil dalam 1 gram akar, dan jumlah sista dalam 100 gram tanah serta pengamatan jumlah populasi bakteri dalam formulasi selama 2 bulan penyimpanan yang dihitung setiap 10 hari, serta Formula bakteri disimpan selama 2 bulan dalam 2 bahan pembawa berbeda yaitu, Talk dan Tepung Gambut.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Formulasi bakteri *P. diminuta*, *P. mallei*, dan *B. mycooides* dapat menurunkan secara nyata jumlah juvenil pada akar tanaman kentang dan jumlah sista dalam tanah. Viabilitas formula bakteri yang terbaik adalah formula yang disimpan dalam tepung gambut dan merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman, berat umbi, dan menurunkan jumlah sista maupun jumlah juvenil dalam akar tanaman kentang. Serta formulasi bakteri *P. diminuta*, *P. mallei*, dan *B. mycooides* berpengaruh tidak nyata terhadap panjang akar tanaman kentang.

SUMMARY

The Effectiveness of Bacterial Formulation Containing Active Ingredients *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, and *Bacillus mycoides* in Several Carriers as An Bionematicide to Controls Potato Cyst Nematodes (*Globodera rostochiensis*): Resti Kusumaningtyas. 101510501007; 2014; 54 pages; Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

Potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) is a major parasitic nematodes in potato plants that can reduce yields up to 80%. Control nthat the farmer can do is to use synthetic nematicides for more effective and efficient compared with other control methods. One attempt to minimize the use of chemical pesticides is to conduct biological control. Therefore, it needs to be made environmentally nematicide using biological agents such as bacteria. The bacteria used were obtained from the soil in the root zone of plants growing potatoes are best when attacked by nematodes. Bacteria obtained by the *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, and *Bacillus mycoides*. All of three bacteria are included in the category of PGPR bacteria. It is most important in the manufacture of nematicides are formulations. Proper formulation can determine a biological agent can survive and be able to work in a proper carrier. In addition, the storage time of the formulation can determine whether or not there are bacterial populations as a biocontrol agent in the formulation.

The aim of this study are determine the self life of most good bacteria formulation and best carrier material formulations, as well as determines the bionematicide formulations contain active bacteria *P. diminuta*, *P. mallei*, and *B. mycoides* most effective for controlling NSK and enhances the growth of the potato crop.

The study was conducted in the fields of potatoes in the Sumber Brantas village, Bumiaji, Batu, Laboratory of Microbiology, Faculty of Teacher Training and Education, University of Jember, and in the Biological Control Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Jember. The materials used are 6

formulation bacteria such PDT, PMT, BMT, PDTG, PMTG, and BMTG to be applied to potato crops in the polybag cyst treated first. This study using RAK experimental design (randomized block design) using 6 treatments, 1 control, and 4 replicates with the observation parameter number of bacterial colonies in the formulation for 2 months of storage, calculated every 10 days, and observation of plant height, weight, tuber, root length, the number of juveniles in 1 gram of roots, and number of cyst in 100 grams of soil.

The results of this study indicates that the formulation of bacteria *P. diminuta*, *P. mallei*, dan *B. mycoides* can reduce significantly the number of juveniles in the roots of potato plants and number of cyst in the soil. Viability of the best bacteria formulation was stored in peat flour is the best treatment which can increasing of height and weight of plant and decrease the number of cyst and juveniles in the roots of potato plants. But, the formulation of bacteria *P. diminuta*, *P. mallei*, and *B. mycoides* has no real effect on roots length of potatoes plant,

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT., akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Efektivitas Formulasi Bakteri Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* pada Berbagai Bahan Pembawa Sebagai Bionematisida untuk Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) sebagai sarjana pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Jember. Pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Jani Januar, MT. selaku dekan Fakultas Pertanian dan Ir. Hari Purnomo, M.si., Ph.D., D.I.C selaku Ketua Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jember atas kesempatan yang diberikan untuk menyelesaikan pendidikan Progam Sarjana (S1);
2. Ir. Soekarto, MS selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Akademik, Ir. Abdul Majid, MP. selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Prof. Dr. Ir. Didik Sulistyanto, M..Ag.Sc selaku Dosen Penguji yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian karya ilmiah tertulis ini;
3. Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P., selaku Ketua Tim Peneliti Hibah Bersaing dengan judul “Formulasi Bionematisida Baru Berbahan Aktif *Bacillus alvei*, *B. Stearothermophilus* dan *Pseudomonas diminuta* untuk Mengendalikan Nematoda *Globodera rostochiensis*” yang telah memberikan arahan untuk karya ilmiah tertulis ini;
4. Tim Peneliti Hibah Bersaing dengan judul “Formulasi Bionematisida Baru Berbahan Aktif *Bacillus alvei*, *B. Stearothermophilus* dan *Pseudomonas diminuta* untuk Mengendalikan Nematoda *Globodera rostochiensis*” yang telah mendanai penelitian ini;
5. Segenap Dosen dan Teknisi Laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, yang telah membantu memberikan ilmu, fasilitas, dan semua hal demi memperlancar penelitian dan penulisan skripsi;

6. Bapak Soedarminto, Ibu Titik Minarsih, Ibu Sudarmi, Kedua Kakak dan Adik serta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberi semangat, doa, dan dukungan baik moral maupun materi;
7. Teman-teman seperjuangan skripsi M. Wildan Badikaruma, Annasa Fadhil, Aisy Chandra, Laura yohana, dan Sri Wahyu PT, yang telah memberikan bantuan untuk segera menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi;
8. Seluruh teman-teman ASPG 2010 tercinta atas kebersamaannya selama 4 tahun, terima kasih atas dukungan, bantuan, semangat dan canda tawa yang telah kalian berikan selama ini kepada penulis;
9. Teman-teman Kos Mastrip (Aida, Yunita, Andiani), yang selalu memberikan semangat dan dukungan;
10. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan dan penyelesaian skripsi ini;

Semoga karya ilmiah tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa skripsi ini sangat jauh dari sempurna sehingga kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat diharapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Jember, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanaman Kentang	4
2.2 Nematoda Sista Kentang(<i>Globodera rostochiensis</i>).....	5
2.2.1 Bioekologi Nematoda Sista Kentang (<i>G. rostochiensis</i>)	5
2.2.2 Awal Mula Serangan Nematoda Sista Kentang (<i>G. rostochiensis</i>)	6
2.3 Pengendalian Hayati.....	6
2.4 Penggunaan Agen Hayati Dalam Mengendalikan Nematoda	8
2.5 Formulasi Bakteri Sebagai Bionematisida	9
2.5.1 Pengertian Formulasi	9

2.5.2	Bahan Pembawa.....	10
	a. Talk	10
	b. Tepung Gambut	12
2.5.3	Macam Bakteri.....	13
	a. <i>Pseudomonas diminuta</i>	15
	b. <i>Pseudomonas mallei</i>	16
	c. <i>Bacillus mycoides</i>	18
2.6	Hipotesis	19
BAB 3.	METODE PENELITIAN	20
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2	Bahan dan Alat	20
	3.2.1 Bahan	20
	3.2.2 Alat.....	20
3.3	Metode Penelitian	20
	3.3.1 Rancangan Percobaan	20
3.4	Tahapan Penelitian	21
	3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri	21
	3.4.2 Preparasi Senyawa atau Bahan Pembawa.....	21
	3.4.3 Preparasi Bakteri.....	22
	3.4.4 Pembuatan Formula.....	23
	3.4.5 Komposisi Formula	23
3.5	Parameter Penelitian	24
	3.5.1 Uji Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Tanaman Kentang dan Nematoda Sista Kentang	24
	3.5.2 Uji Viabilitas Jumlah Bakteri	25
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Efektivitas Formulasi Bakteri	26
	4.1.1 F-Hitung Parameter Uji Efektivitas Formulasi Bakteri	26
	4.1.2 Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Jumlah Juvenil dalam Akar.....	26

4.1.3 Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Jumlah Sista dalam Tanah	29
4.1.4 Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Tinggi Tanaman Kentang	31
4.1.5 Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Berat Umbi.....	33
4.1.6 Efektivitas Formulasi Bakteri terhadap Panjang Akar.....	36
4.2 Viabilitas Jumlah Bakteri dalam Formulasi.....	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Tanaman kentang	4
2.2 Sista di perakaran tanaman	5
2.3 Talk	11
2.4 Tepung Gambut.....	12
2.5 <i>Pseudomonas diminuta</i>	16
2.6 <i>Pseudomonas mallei</i>	18
2.7 <i>Bacillus mycoides</i>	19
4.1 Nematoda sista kentang.....	28
4.2 Sista dan Telur NSK	30
4.3 Grafik rata-rata tinggi tanaman	31
4.4 Umbi kentang yang dihasilkan tanaman	35
4.5 Panjang akar	37
4.6 Formulasi bakteri dalam kemasan.....	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 F-Hitung Parameter Uji Efektivitas Formulasi Bakteri	26
4.2 Rata-rata jumlah juvenil tiap 1 gram akar	26
4.3 Rata-rata jumlah sista per 100 gram tanah	29
4.4 Rata-rata tinggi tanaman 10 MST	32
4.5 Rata-rata berat umbi kentang	33
4.6 Rata-rata panjang akar tanaman kentang	36
4.7 Jumlah Bakteri dalam Formula	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	48
2. Data jumlah juvenil dalam akar	49
3. Data jumlah sista	50
4. Data tinggi tanaman	51
5. Data berat umbi	52
6. Data panjang akar	53
7. Data jumlah koloni bakteri	54

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nematoda sista kentang (*Globodera rostochiensis*) merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang yang dapat mengurangi hasil panen hingga 80%. Pengendalian yang biasa dilakukan petani adalah dengan menggunakan nematisida sintetik karena lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan cara pengendalian lainnya. Salah satu nematisida yang efektif dalam mengendalikan NSK adalah fumigasi lahan dengan metil bromida. Metil bromida mampu mengendalikan NSK secara total pada tanaman tomat atau kentang dengan dosis 488-1464 kg per ha yang diaplikasikan di bawah penutup polietilen yang kedap gas (Whitehead dan Turner, 1998).

Penggunaan pestisida kimia untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) telah menimbulkan banyak dampak negatif, baik itu pada kesehatan lingkungan maupun kesehatan manusia. Pestisida kimia juga telah menyebabkan terjadinya resistensi pada OPT. Salah satu upaya untuk meminimalisir penggunaan pestisida kimia adalah dengan melakukan pengendalian hayati. Pengendalian hayati merupakan pengendalian OPT yang menggunakan agen hayati. Alternatif penggunaan agensia hayati banyak diminati dan banyak diteliti dikarenakan manusia sudah mulai sadar akan kesehatan. Agen hayati tidak memiliki dampak buruk bagi lingkungan maupun produk pertanian yang dikonsumsi serta ramah lingkungan.

Menurut Jumar (2000). Pengendalian hayati memiliki keuntungan yaitu : (1). Aman artinya tidak menimbulkan pencemaran lingkungan dan keracunan pada manusia dan ternak, (2). tidak menyebabkan resistensi hama, (3). Musuh alami bekerja secara selektif terhadap inangnya atau mangsanya, dan (4). Bersifat permanen, untuk jangka waktu panjang lebih murah, apabila keadaan lingkungan telah stabil atau telah terjadi keseimbangan antara hama dan musuh alaminya

Salah satu contoh pengendalian hayati menggunakan agen biokontrol, diantaranya yaitu bakteri. Terdapat bermacam-macam bakteri yang dapat dijadikan agen biokontrol, terutama bakteri yang hidup pada daerah *rhizosfer* atau perakaran tanaman. Bakteri sebagai agen biokontrol yang berasal dari perakaran tanah sering disebut *rhizobacteria*. Sebagian besar bakteri tersebut termasuk sebagai bakteri PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*).

Berbagai jenis bakteri telah diidentifikasi sebagai PGPR. Sebagian besar berasal dari kelompok gram-negatif dengan jumlah strain paling banyak dari genus *Pseudomonas* dan beberapa dari genus *Serratia*. Selain kedua genus tersebut, dilaporkan antara lain genus *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Acetobacter*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Erwinia*, *Flavobacterium* dan *Bacillus* (Wahyudi, 2009). Beberapa bakteri PGPR dapat mengurangi kerusakan serta meningkatkan ketahanan tanaman akibat serangan nematoda.

Salah satu penelitian pengendalian NSK dengan menggunakan agen hayati dilakukan oleh Asyiah dkk. (2009) yang menemukan bahwa bakteri *Bacillus alvei*, *B. stearothermophilus* dan *Pseudomonas diminuta* yang diisolasi dari tanah perkebunan kentang mampu menurunkan jumlah sista sampai 49% secara *in vitro* di rumah kaca. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa agen hayati berupa bakteri mampu menurunkan populasi NSK, maka penelitian mengenai bionematisida berbahan aktif bakteri perlu dilanjutkan untuk mencari formula yang tepat sehingga lebih aplikatif, efektif, dan ekonomis dalam mengendalikan NSK di lapangan.

Oleh karena itu perlu dibuat nematisida yang ramah lingkungan dengan menggunakan agen hayati berupa bakteri. Bakteri yang digunakan diperoleh dari tanah di daerah perakaran tanaman kentang yang paling baik pertumbuhannya saat terserang nematoda. Bakteri yang diperoleh yaitu *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides*. Ketiga bakteri tersebut termasuk dalam kategori bakteri PGPR. Hal yang paling penting dalam kegiatan pembuatan nematisida adalah formulasi. Formulasi yang tepat dapat menentukan suatu agen hayati dapat bertahan hidup dan mampu bekerja dalam bahan pembawa yang

tepat. Selain itu waktu penyimpanan formulasi dapat menentukan masih ada atau tidaknya populasi bakteri sebagai agen hayati dalam formulasi tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

1. Apakah formulasi bakteri berbahan aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* sebagai bionematisida efektif untuk mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang dan manakah perlakuan yang paling efektif?
2. Formulasi bakteri manakah yang memiliki viabilitas paling baik selama masa penyimpanan?
3. Bahan pembawa manakah yang memberikan hasil terbaik untuk membuat formulasi bakteri yang digunakan untuk mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang?

1.3 Tujuan

Untuk mengetahui efektivitas formulasi bakteri berbahan aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* sebagai bionematisida untuk mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang serta mengetahui viabilitas formulasi bakteri selama masa penyimpanan pada berbagai bahan pembawa tertentu untuk membuat formulasi bionematisida yang tepat.

1.4 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini kita dapat mengetahui efektivitas formulasi bakteri *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, dan *Bacillus mycoides* sebagai bionematisida baru dalam mengendalikan NSK atau nematoda sista kentang serta meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang dan yang memiliki viabilitas paling baik selama masa penyimpanan pada bahan pembawa tertentu.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Indonesia dibudidayakan di kawasan dengan elevasi 900 sampai 2.000 meter dari permukaan laut. Rata-rata suhu udara tahunan di kawasan tersebut bervariasi, berkisar antara 12,2°C dan 17,5°C, sedangkan maksimum 15,1°C dan 18,9°C. Untuk kawasan dengan ketinggian tempat 1.000-2.000 meter dari permukaan laut, rata-rata curah hujan tahunan sekitar 1.800 sampai 3.500 mm. Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah, jumlah bulan keringnya (kurang dari 100 mm per bulan) mencapai 4 bulan per tahun, sedangkan di Provinsi Jawa Timur jumlah bulan kering tersebut 5 sampai 6 bulan per tahun (Hadisoeganda, 2006).



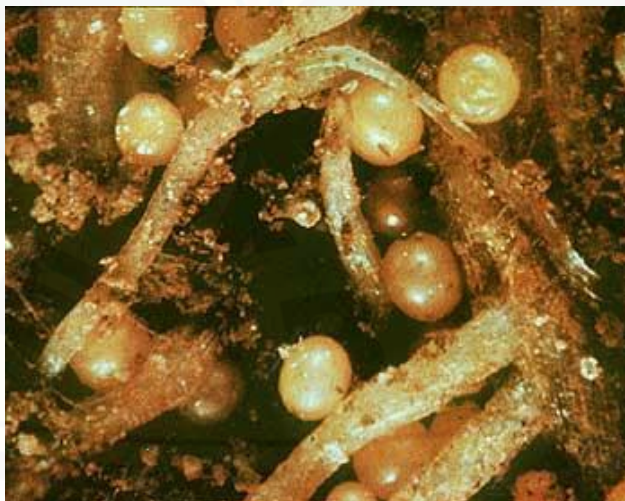
Gambar 2.1 Tanaman Kentang. Sumber : www.Baltyra.com

2.2 Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*)

2.2.1 Bioekologi Nematoda Sista Kentang (*G. rostochiensis*)

Kingdom	: Animalia
Filum	: Nematoda
Kelas	: Secernentea
Ordo	: Tylenchida
Famili	: Heteroderidae
Subfamili	: Heteroderinae
Genus	: <i>Globodera</i>
Spesies	: <i>G. rostochiensis</i>

Nematoda Sista Kentang (NSK) merupakan hama yang sangat merusak hama dan sangat sulit dikendalikan. Cacing kecil ini menunggu di dalam tanah untuk menyerang akar tanaman kentang. Ketika tingkat populasi NSK tinggi, maka hasil bisa sangat terpengaruh. Populasi NSK meningkat 25-kali lipat setelah setiap ada tanaman kentang yang rentan. Jika tanaman kentang rentan tidak ditanam selama satu tahun, maka terjadi penurunan populasi NSK sepertiga dari tingkat mula. NSK bisa muncul hadir di ladang anda selama beberapa tahun sebelum jumlahnya meningkat sehingga gejalanya muncul pada tanaman anda. (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2010).



Gambar 2.2. Sista yang berada di perakaran tanaman
Sumber : <http://www.agf.gov.bc.ca/cropprot/goldennema.html>

2.2.2 Awal Mula Serangan Nematoda Sista Kentang (*G. rostochiensis*)

Pada bulan Maret 2003, petani kentang di Desa Tulung Rejo (Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur) melaporkan bahwa pertanaman kentang mereka telah terserang oleh "hama gurem". Kerugian yang diakibatkannya sangat besar, yaitu dari areal seluas 1,5 ha, yang biasanya mampu memproduksi sekitar 24 ton, produksi turun sampai hanya sekitar 14 ton, bahkan tinggal sekitar 7 ton. Gejala serangan yang dilaporkan adalah : tanaman kerdil, cenderung layu, daun menguning tetapi warna kuning tersebut sangat cerah. Apabila rhizosfer digali maka akan terlihat perakaran yang memendek, terkesan kotor dan terlihat adanya "gurem" kecil – kecil berwarna putih, kuning muda, kuning tua, coklat muda dan coklat tua seperti warna tembaga.

Benda "gurem" tersebut menempel pada akar, sebagian jatuh dan terserak di tanah sekitar perakaran tanaman. Dugaan sementara "gurem" tersebut adalah sista *Globodera* dan gejala visual menunjukkan bahwa tanaman kentang tersebut diserang oleh nematoda sista kentang (NSK) yang kemungkinan terdiri dari dua spesies yaitu *golden cyst nematode* (nematoda sista emas/NSE) *Globodera rostochiensis* dan atau *white cyst nematode* (nematoda sista putih/NSP) *G. pallida*. Penemuan ini merupakan "first record" (penemuan pertama) nematoda sista kentang di Indonesia. Laporan penemuan tersebut telah ditulis dan dipresentasikan pada "Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*" di Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura, Pasar minggu, Jakarta 3 April 2003 (Hadisoeganda,2006). Nematoda tersebut sebelumnya tercatat sebagai OPTK (organisme pengganggu tumbuhan karantina) kelas A 1 (belum ada di Indonesia) (Puskara,2000).

2.3 Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati dalam pengertian ekologi didefinisikan sebagai pengaturan populasi organisme dengan musuh-musuh alam hingga kepadatan populasi organisme tersebut berada dibawah rata-ratanya dibandingkan bila tanpa pengendalian. Menurut Untung (2006). Prinsip pengaturan populasi organisme oleh mekanisme saling berkaitan antar anggota suatu komunitas pada jenjang

tertentu juga terjadi didalam agroekosistem yang dirancang manusia. Musuh alami sebagai bagian dari agroekosistem memiliki peranan menentukan dalam pengaturan dan pengendalian populasi hama. Sebagai faktor yang bekerjanya tergantung dari kepadatan yang tidak lengkap (*imperfectly density dependent*) dalam kisaran tertentu, populasi musuh alami dapat mempertahankan populasi musuh alami tetap berada disekitar batas keseimbangan dan mekanisme umpan balik negatif.

Pengendalian hayati pada dasarnya merupakan pengendalian populasi OPT dengan menggunakan populasi agen hayati. Dengan kata lain, melalui pengendalian hayati kita membuat 'terjadinya peperangan' antara pasukan (populasi) agen hayati melawan pasukan (populasi) OPT. Populasi agen hayati dapat berupa populasi predator, populasi parasitoid, populasi entomopatogen, populasi antagonis, populasi pemakan gulma, dan sebagainya. Populasi OPT dapat berupa populasi binatang hama, populasi patogen tanaman, atau populasi gulma. Bila 'peperangan' terjadi dengan sendirinya maka pasukan penyerang bukan pasukan agen hayati, melainkan pasukan musuh alami (Muditaph,2012).

Pengendalian hayati akhir-akhir ini juga banyak mendapat perhatian dunia dan sering kali dibicarakan di dalam seminar atau kongres, serta ditulis dalam naskah jurnal atau pustaka, khususnya yang berkaitan dengan penyakit tanaman. Pengendalian penyakit tanaman dengan menggunakan agens pengendali hayati muncul karena kekhawatiran masyarakat dunia akibat penggunaan pestisida kimia sintetis. Adanya kekhawatiran tersebut membuat pengendalian hayati menjadi salah satu pilihan cara mengendalikan patogen tanaman yang harus dipertimbangkan (Widiyanti, 2004).

Beberapa keuntungan pengendalian hama dengan menggunakan agens hayati antara lain: 1) patogen serangga tidak mencemari lingkungan. 2) sebagian besar patogen tingkat spesifikasinya relatif tinggi sehingga cenderung melindungi serangga berguna. 3) beberapa patogen dapat bersifat sinergis. 4) relatif lebih murah dibandingkan insektisida sintetis dan beberapa pathogen dapat diproduksi sendiri. 5) pengaruh mikrobial patogen terhadap resistensi inangnya lambat; dan 6) dosis yang dibutuhkan dalam pengendalian rendah (Hall,1973).

2.4 Penggunaan Agen Hayati Dalam Mengendalikan Nematoda

Di dalam tanah terdapat berbagai macam agen hayati yang saling bersinergi, di antaranya jamur, bakteri dan *actinomycetes*. Penelitian yang dilakukan oleh Devrajan *et al.* (2011) membuktikan bahwa sampel tanah di daerah rizosfer kentang terdapat 328 jamur, 178 bakteri dan 15 *actinomycetes*. Jamur dan bakteri yang telah diisolasi berpotensi untuk mengendalikan NSK *G. rostochiensis* dan *G. pallida* berdasarkan reaksi positif pada aktivitas kitin, produksi antibiotik dan menghambat penetasan telur.

PGPR menginduksi ketahanan sistemik melawan nematoda pengganggu. *P. fluorescens* telah menginduksi ketahanan sistemik dan menghambat penetrasi akar oleh *Heterodera schachtii*, nematoda sista pada gula bit. Dengan cara yang sama, *B. subtilis* telah menginduksi *Meloidogyne incognita* dan *M. arenaria* pada kapas. Penggunaan PGPR sebagai agen pengendalian hayati untuk mengontrol nematoda sista kentang telah dilaporkan sebagai strategi yang sukses (Ramamoorthy, *et al.*, 2011).

Menurut Ramamoorthy, *et al.* (2001), salah satu Rizobakter Penghasil Zat Pengatur Tumbuh (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yaitu *Pseudomonas* spp. sudah digunakan secara komersial sebagai pelindung tanaman melalui induksi resistensi sistemik terhadap berbagai hama dan penyakit. Campuran dari strain PGPR yang berbeda telah meningkatkan efektivitas dengan menginduksi resistensi sistemik yang melawan beberapa patogen yang menyerang tanaman yang sama. Salah satu *Pseudomonas* spp. yang termasuk dalam PGPR adalah *P. mallei*. Penelitian yang dilakukan oleh Fitriatin, *et.al* ,(2009) menemukan bahwa *P. mallei* termasuk salah satu bakteri pelarut fosfat sekaligus PGPR karena menghasilkan ZPT. Kemampuan *P. mallei* sebagai PGPR kemungkinan bisa menghambat NSK sebagaimana *P. diminuta*.

Bakteri terbukti mempengaruhi penetasan telur nematoda oleh berbagai mekanisme termasuk produksi racun, dan lipolitik, proteolitik, atau enzim kitinolitik. Misalnya, *Bacillus thuringiensis* menghasilkan sejumlah eksotoksin yang telah terbukti dapat membunuh telur nematoda ruminansia *Meloidogyne* spp. Mekanisme kontrol lainnya meliputi produksi senyawa yang umumnya beracun

untuk nematoda, seperti amonia, sianida, hidrogen sulfida, atau asam lemak volatile. Selain itu, salah satu dari berbagai macam antibiotik yang dihasilkan oleh *P. flourescens*, 2,4- diacetylphloroglucinol, telah terbukti mengurangi mobilitas juvenil dan meningkatkan penetasan telur nematoda sista kentang, *G. rostochiensis* (Kluepfel, *et al.*, 2002).

2.5 Formula Bakteri Sebagai Bionematisida

2.5.1 Pengertian Formulasi

Menurut kamus besar bahasa indonesia, formulasi adalah suatu larutan pencampuran bahan-bahan kimia dengan cara yang tepat. Formulasi bisa juga dikatakan sebagai kegiatan menyusun dalam bentuk yang tepat. Sedangkan formulasi pestisida yaitu pencampuran antara bahan aktif dalam bahan pembawa serta adanya bahan pembantu. Salah satu jenis pestisida yaitu nematisida yang dikhususkan untuk mengendalikan nematoda. Umumnya bahan aktif sulit apabila di aplikasikan langsung ke lapangan. Oleh karena itu untuk memudahkan aplikasi perlu dilakukan formulasi dengan cara dicampur bahan-bahan lain (Djojsumarto,2008).

Penelitian besar pada biokontrol adalah berpusat dengan penggunaan sel suspensi PGPR secara langsung untuk benih. Teknologi menjadi layak hanya jika temuan penelitian ditransfer dari laboratorium ke lapangan. meskipun PGPR memiliki potensi yang sangat baik dalam pengelolaan hama dan penyakit, tidak dapat digunakan sebagai suspensi sel di bawah kondisi lapangan. Oleh karena itu, sel suspensi PGPR harus bergerak dalam bahan pembawa tertentu dan harus disiapkan sebagai formulasi untuk memudahkan aplikasi, penyimpanan, komersialisasi dan penggunaan lapangan (Nakkeeran, 2005).

Menurut Djojsumarto (2008), Bahan aktif adalah bahan-bahan yang berbentuk padatan, cair atau gas yang berperan sebagai pestisida. Sedangkan bahan pembantu biasanya berperan sebagai bahan yang memudahkan dalam aplikasi pestisida misalnya perekat. Perekat berfungsi agar pestisida yang diberikan tidak mudah luruh atau terbawa oleh air. Serta bahan yang tak kalah pentingnya dalam formulasi yaitu bahan pembawa. Bahan pembawa merupakan

medium yang digunakan untuk memindahkan mikroorganisme hidup dari laboratorium atau pabrik ke lapang. Bahan pembawa harus mampu menopang pertumbuhan dan kelangsungan hidup mikroorganisme target selama periode penyimpanan dan pengirimannya ke lapang (Larasati *et.al*,2012).

Ada dua jenis bahan pembawa yang tersedia dalam bentuk organik atau non-organik. Bahan pembawa tersebut harus ekonomis dan mudah tersedia. Pembawa organik yaitu gambut, ignit, kaolin, pyrophyllite, zeolit, montmorilonit, alginat, pressmud, serbuk gergaji dan vermikulit, dll. Bahan pembawa meningkatkan efisiensi kelangsungan hidup bakteri (Heijnen *et al.*, 1993).

Efikasi bioformula dipengaruhi oleh senyawa pembawa yang digunakan. Penggunaan talk dan bentonit dalam pembuatan bioformula yang mengandung PGPR mampu meningkatkan efikasi bioformula tersebut (Jayaraj *et al*,2005). Hal tersebut didukung oleh penelitian Ardakani *et al*, (2010), bahwa penggunaan bahan organik (Tepung gambut, tepung beras) dan anorganik (Talk dan Bentonit) sebagai senyawa pembawa meningkatkan stabilitas dan efektivitas bioformulasi *P. fluoresens*.

Untuk pengembangan formulasi diperlukan media pembiakan massal atau nutrisi. Hasil penelitian Amran (2006) menunjukkan bahwa pertumbuhan *Bacillus subtilis* pada media yang diberi 0,25% ekstrak yeast (YE) secara nyata lebih tinggi dibanding pada media yang tidak mengandung YE.

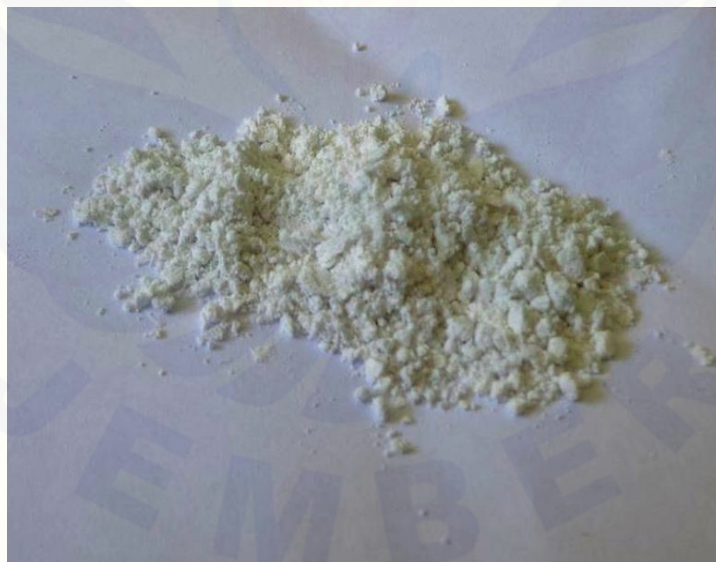
2.5.2 Bahan Pembawa

a. Talk

Talk merupakan media yang memiliki partikel dengan permukaan yang luas. Bahan media seperti ini menghasilkan konidia dalam jumlah maksimal (Soetopo dan Indrayani, 2007). Talk adalah mineral alami yang disebut sebagai steatite atau soapstone terdiri berbagai mineral dalam kombinasi dengan klorida dan karbonat. Secara kimia ini disebut sebagai magnesium silikat ($Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$) dan tersedia sebagai bentuk bubuk dari industri cocok untuk berbagai aplikasi. Memiliki keseimbangan kelembaban sangat rendah, relatif hidrofobik,

mengurangi penyerapan air dan mencegah pembentukan hidrat yang memungkinkan periode penyimpanan lama.

Karena sifat dan ketersediaan talk sebagai bahan baku yang mudah didapat maka Talk digunakan sebagai pembawa untuk pengembangan formulasi. Kloepper dan Schroth (1981) menunjukkan potensi talk untuk digunakan sebagai pembawa untuk memformulasi rhizobakteri. *Pseudomonad fluoerescens* dalam campuran talk dengan 20% karet xanthum tidak mengalami penurunan jumlah koloni setelah penyimpanan selama dua bulan pada suhu 4 °C. *P. fluoerescens* mengisolasi PF1 hingga 240 hari dalam penyimpanan. Populasi awal dari PF1 dalam formulasi berbasis talk adalah $37,5 \times 10^7$ cfu / g dan menurun menjadi $1,3 \times 10^7$ cfu / g setelah 8 bulan penyimpanan (Vidhyasekaran dan Muthamilan, 1995). Perubahan sukrosa (0.72M) dalam medium B dan peningkatan populasi dan kehidupan *P.fluoerescens* (P7NF, TL3) dalam formulasi berbasis talk hingga 12 bulan. *P. putida* perlakuan 30 dan 180 dapat disimpan sampai lama penyimpanan 6 bulan pada formulasi talk. Populasi pada akhir bulan ke-6 adalah 10^8 cfu / g produk (Bora *et al.*,2004).



Gambar 2.3. Talk (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

b. Tepung Gambut

Untuk memudahkan aplikasi dilapangan diperlukan bahan pembawa (carrier). Sebagai bahan pembawa inokulan tepung, dapat digunakan bahan organik seperti gambut, arang, sekam, dan kompos. Untuk bahan pembawa anorganik digunakan bentonit, vermiculit, atau zeolit. Berdasarkan tingkat kelembabannya yang cukup tinggi, gambut cukup baik untuk pertumbuhan mikroorganisme, baik berupa bakteri maupun jamur. Selain peka terhadap suhu tinggi, mikroba juga peka terhadap sinar matahari langsung.

Gambut (Turf) adalah jaringan karbonisasi yang terbentuk dalam kondisi basah oleh dekomposisi berbagai tanaman dan lumut. Hal ini dibentuk oleh pembusukan dari air dan tanaman, misalnya, daun, buluh, dan lumut. tanah gambut digunakan sebagai bahan pembawa untuk memformulasi PGPR. Meskipun bahan pembawa gambut tergolong murah untuk digunakan, tetapi tidak tersedia di seluruh dunia (Nakkeeran, *et al*, 2005).



Gambar 2.4. Tepung Gambut (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Formulasi berbasis gambut pada *Azospirillum brasilense* memiliki umur simpan sampai 4 bulan. Populasi setelah 4 bulan penyimpanan adalah 10^7 cfu / g produk (Bashan, 1998). Vidhyasekaran dan Muthamilan (1995) melaporkan bahwa umur simpan *P. fluorescens* pada formulasi berbasis gambut dapat dipertahankan hingga 8 bulan ($2,8 \times 10^6$ cfu / g). Daya simpan *P. chlororaphis*

dan *B. subtilis* dengan bahan pembawa gambut dapat bertahan selama lebih dari enam bulan (Kavitha, *et al*, 2003).

2.5.3 Macam Bakteri

Kelompok bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman dan bermanfaat bagi perkembangan tanaman didefinisikan sebagai bakteri rhizosfer pemacu pertumbuhan tanaman. Kelompok bakteri rhizosfer tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena memiliki kemampuan untuk memfiksasi N^2 dari atmosfer, menghasilkan hormon tumbuh, melarutkan fosfat dan menekan penyakit tanaman asal tanah. Dengan demikian, populasi mikroba rhizosfer ini penting untuk memelihara kesehatan akar, serapan hara dan daya tahan tanaman terhadap tekanan lingkungan.

Bakteri akar pemacu pertumbuhan tanaman (*plant growth-promoting rhizobacteria*, PGPR) saat ini semakin banyak dikembangkan, terutama dalam upaya peningkatan produksi pangan dan perbaikan kualitas lingkungan hidup. Penggunaan PGPR untuk pengurangan input kimia pertanian telah menjadi isu penting. Rizobakteri telah banyak diaplikasikan pada banyak tanaman karena dapat meningkatkan pertumbuhan, daya tumbuh benih di lapang, dan meningkatkan produksi tanaman. Beberapa rizobakteri telah diperdagangkan (Rahni,*et al*, 2012).

Manipulasi populasi mikroba rhizosfer melalui inokulasi bakteri bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman pada skala laboratorium dan rumah kaca menunjukkan hasil yang signifikan, tetapi pada skala lapang responnya beragam. Selain faktor fisika dan kimia, kelangsungan hidup bakteri rhizosfer dan kemampuannya dalam berkompetisi dengan mikroorganisme lain di lapang diduga berpengaruh terhadap keberhasilan aplikasi agen hayati ini.

Karakter rizobakteri dalam mengendalikan penyakit maupun populasi patogen melalui beberapa cara yaitu produksi senyawa antibiosis, persaingan ruang atau nutrisi, kompetisi pemanfaatan unsur Fe melalui produksi siderofor, induksi mekanisme resistensi, inaktivasi faktor perkecambahan patogen, degradasi faktor patogenesitas seperti misalnya toksin, parasitisme yang melibatkan

produksi enzim ekstraseluler pendegradasi dinding sel, misalnya kitinase, β -1.3 glukanase (Van Loon, 2007).

Mekanisme rizobakteri yang bersifat antagonis terhadap patogen tanaman antara lain: produksi antibiotik, kompetisi dan sifat parasitik (Kloepper, 1993). Interaksi antara antagonis dengan patogen dikatakan bersifat antibiosis apabila antagonis dapat menghasilkan sejenis antibiotik yang mudah menguap dan menyebabkan lisis pada hifa patogen. Bakteri gram negatif khususnya strain *Pseudomonas* telah banyak diteliti sebagai agen biokontrol karena kemampuannya memproduksi metabolit antimikroba. Strain *Pseudomonas* sp. Dapat menghasilkan tropolone yang bersifat bioaktif pada tanaman, jamur dan bakteri, selain itu *P. fluorescens* pada *rhizosphere* tanaman kapas sehat dapat memproduksi antibiotik pyrrolnitrat dan pyoluteoren (Kloepper, 1993).

Pseudomonas spp yang berada di daerah rhizosfer tanaman, dikenal juga sebagai PGPR yang merupakan biokontrol penting. Hal ini dikarenakan bakteri tersebut mampu menghasilkan antibiotik seperti Pyrol, Nitrin, Oomycin-A dll dan hormon seperti asam asetat indol, Giberlic asam, dan siderophores yang menghambat pertumbuhan patogen. Karakteristik pseudomonad spp adalah: (i) menghasilkan spektrum yang luas dari metabolit bioaktif (antibiotik, siderophores, volatil dan zat pertumbuhan mempromosikan) (ii) Ia bersaing secara agresif dengan mikroorganisme lain dan menyesuaikan dengan tekanan lingkungan juga. (iii) pseudomonad juga bertanggung jawab untuk menekan patogen tular tanah (Weller *et al.*, 2002).

Beberapa bakteri PGPR yang berperan sebagai agen biokontrol dapat melarutkan fosfat. Menurut Setiawati (2002) telah menguji efektivitas beberapa BPF yaitu *P. putida* 27.4B, *P. diminuta*, *Bacillus* sp. dan *Chromobacterium violaceum* untuk bersinergis dan menguji sifat antagonis masing-masing BPF tersebut beserta kombinasinya terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* yang bersifat patogen terhadap tanaman tembakau. Secara *in vitro* BPF dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan tingkat serangan pada tanaman saat diuji di rumah kaca.

Penggunaan bakteri pelarut fosfat (BPF) sebagai agen untuk mengurangi serangan patogen mempunyai keunggulan karena selain meningkatkan ketersediaan fosfat karena produksi asam organik dan enzim fosfatase juga berfungsi sebagai agen biokontrol. Kompetisi dapat terjadi apabila dua atau lebih mikroorganisme membutuhkan substrat yang sama dalam bentuk nutrisi, ruangan atau oksigen. Proses antibiosis diduga terjadi apabila cukup nutrisi bagi antagonis (Setiawati dan Mihardja, 2008).

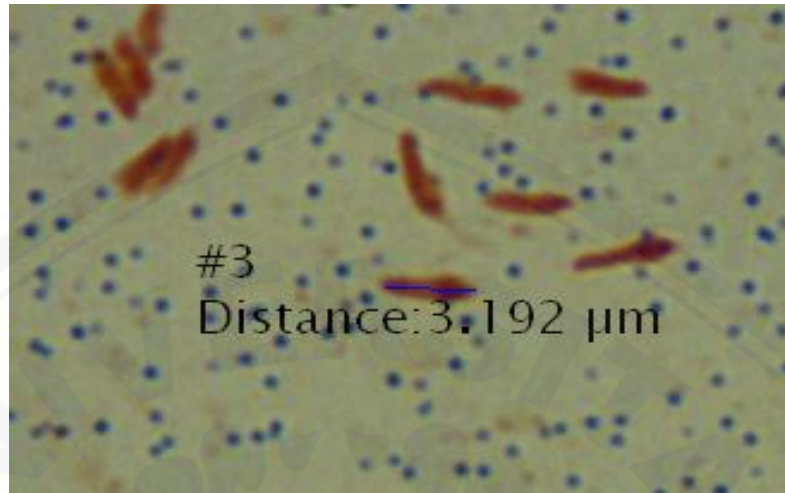
a. *Pseudomonas diminuta*

P. diminuta merupakan bakteri yang berbentuk batang kecil dan merupakan bakteri Gram negatif. Panjangnya 1-5 μm . Diameter sel berkisar antara 0,5 dan 0,1 μm . Sel tunggal atau berpasangan. Selain itu, memiliki satu flagella polar dengan panjang rata-rata 3,0 μm dan panjang gelombang rata-rata 0,6 mikrometer yang merupakan karakteristik dari spesies tersebut. Bentuk koloni belang-belang, melingkar, dan cembung dengan seluruh tepi. Permukaan koloni halus, berkilau, dan berwarna buram (Kaltenbach, 1975) dengan klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Divisi : Proteobacteria
Class : GammaProteobacteria
Ordo : Pseudomonadales
Famili : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas*
Species : *diminuta*

P. diminuta secara aktif bergerak dengan flagela. Salah satu fitur morfologi yang tidak biasa adalah bahwa banyak individu memiliki flagel yang berasal dari polar. *P. diminuta* tumbuh sangat mudah dalam larutan pepton sederhana pada pH optimal sekitar 7 dan pada suhu optimal sekitar 35°C Organisme ini tidak memfermentasi setiap karbohidrat dan tidak menunjukkan

aktivitas hemolisis, dan mengoksidasi etanol menjadi asam (Leifson and Hugh, 1954).



Gambar 2.5. *Pseudomonas diminuta* (hasil uji pewarnaan gram dengan perbesaran 100x). (Sumber : Dokumentasi pribadi).

Berdasarkan penelitian Khumar dan Chandra (2008), juga menyebutkan kegunaan *P. diminuta* sebagai PGPR, apabila digabung dengan rhizobium maka akan dapat meningkatkan keefektifan rhizobium di dalam tanah. PGPR terdiri dari kelompok bakteri yang memiliki fungsi dan taksonomi yang berbeda seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobia*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, dan lain-lain. Bakteri tersebut memiliki kemampuan untuk memobilisasi dengan baik nutrisi mineral atau organik yang terikat dari pedosphere atau ke atmosfer dan tersedia untuk tanaman. Selain itu, beberapa PGPR mampu merangsang pertumbuhan tanaman secara langsung oleh sintesis hormon tanaman seperti asam asetat indol, atau secara tidak langsung dengan menekan patogen tanah atau dengan menginduksi ketahanan tanaman (Benizri, *et al.*, 2001).

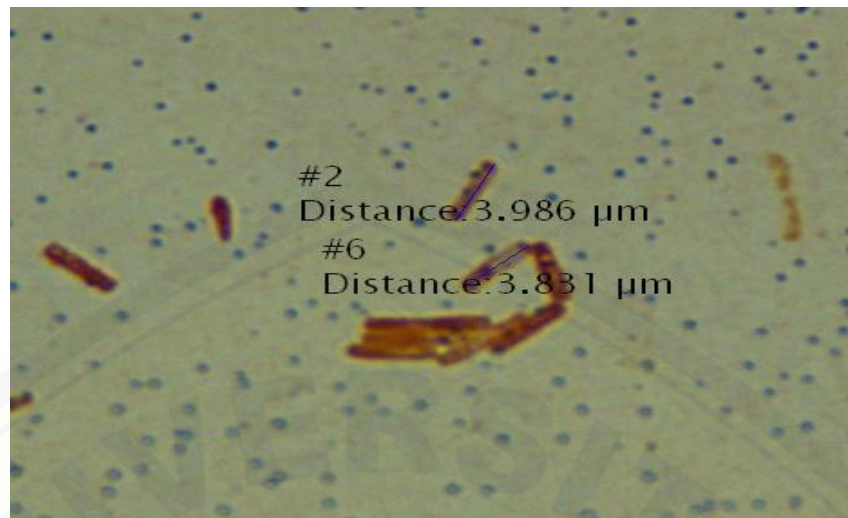
b. *Pseudomonas mallei*

Bakteri *P. mallei* dikenal juga dengan nama *Burkholderia mallei*. Merupakan bakteri Gram negatif yang tidak dapat bergerak atau non motil. Bakteri ini termasuk bakteri aerobik dan tidak berwarna. *Burkholderia* merupakan spesies utama yang terdapat pada tanah saprofit. Para anggota dari genus juga

ditemukan dalam berbagai relung ekologi mereka mendiami daerah lembab dan kawasan industri, dan rhizosfer. Spesies *P. mallei* ada yang bersimbiosis dengan tanaman dan juga jamur. Ketika tumbuh dalam media kultur, *P. mallei* tumbuh dengan koloni halus, abu-abu transparan. Dalam jangka waktu 18 jam pada suhu 37 ° C, koloni *B. mallei* dapat tumbuh sekitar 0.5-1 µm. (Fong, I.W., dan Alibek, K. 2005) dengan klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
Divisi : Proteobacteria
Class : GammaProteobacteria
Ordo : Pseudomonadales
Famili : Pseudomonadaceae
Genus : *Pseudomonas*
Species : *mallei*

Hasil penelitian tentang Mikroba Pelarut Fosfat (Fitriatin *et al.*,2009) telah mendapatkan isolat bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas cepaceae*, *Pseudomonas mallei*, *Bacillus mycooides* dan *Bacillus subtilis*) dan fungi pelarut fosfat (*Aspergillus niger*, *Penicillium sp.* dan *Rhizopus sp.*) yang telah diketahui dapat melarutkan P serta menghasilkan ZPT. Penelitian tersebut juga didukung oleh (Setiawati, 2014). *P.mallei* dan *B. mycooides* merupakan bakteri pelarut fosfat (BPF) yang mempunyai kemampuan meningkatkan produksi enzim fostafase dan P tersedia dalam tanah.



Gambar 2.6. *Pseudomonas mallei* (hasil uji pewarnaan gram perbesaran 100x). (Sumber : dokumentasi pribadi)

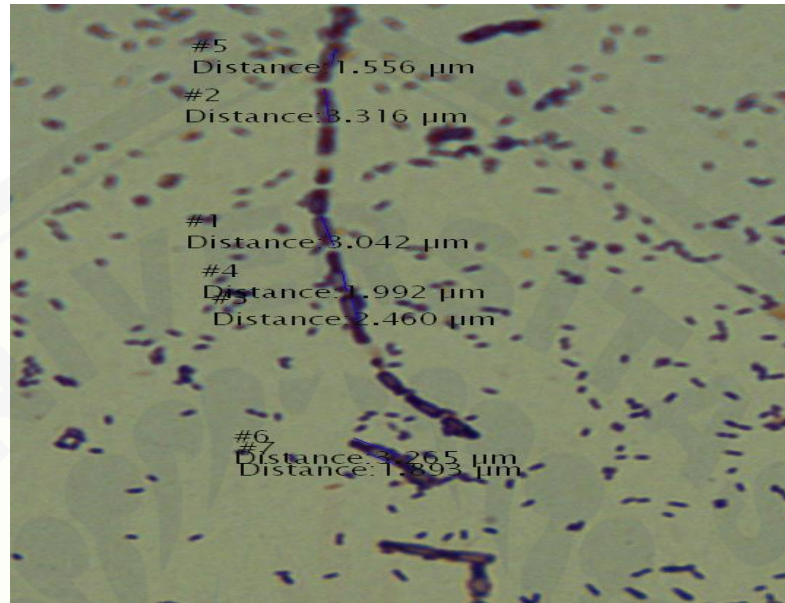
c. *Bacillus mycooides*

Kingdom : Bacteria
Divisi : Firmicutes
Class : Bacilli
Ordo : Bacillales
Famili : Bacillaceae
Genus : *Bacillus*
Species : *mycooides*

Sel-sel *Bacillus mycooides* biasanya lebih besar dari 3 μm , bentuk rantai sel, dapat membentuk asam dari glukosa, dan non motil. *B. mycooides* dapat menghidrolisis pati. *B. mycooides* merupakan organisme tanah yang umum. Ketika tumbuh pada media yang padat *B. mycooides* menyebarkan bentuk koloni dengan pola spiral berulang.

B. mycooides merupakan bakteri epifit gram positif yang mampu mengurangi serangan *Cercospora* bercak daun (*Cercospora beticola* Sac.) pada Gula bit dengan prosentase 38-91% pada dua percobaan yaitu di rumah kaca dan lapangan. Pengendalian penyakit disebabkan kemampuan bakteri yang menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik, yang ditunjukkan melalui

induksi ketahanan dengan menggunakan enzim. *B. mycooides* menunjukkan peningkatan aktivitas kitinase, β -1,3-glukanase, dan peroksidase, semua protein-patogenesis terkait (Bargabus., *et al*, 2002).



Gambar 2.7. *Bacillus mycooides* (hasil uji pewarnaan gram perbesaran 100x). (Sumber : dokumentasi pribadi)

Kontrol biologis tanaman dari penyakit, serangga dan nematoda oleh mikroorganisme (baik bakteri dan jamur) telah diusulkan sebagai alternatif atau suplemen pengganti untuk penggunaan pestisida kimia dan diperkenalkan sebagai biologi Kontrol yang baik secara ekologi dan manfaat yang ekonomis (Parke dan Gurian-Sherman, 2001).

2.6 Hipotesis

Formula bakteri efektif untuk mengendalikan Nematoda Sista Kentang (NSK) dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang. Formula yang paling efektif diduga memiliki viabilitas yang paling baik selama masa penyimpanan dalam bahan pembawa yaitu formula yang disimpan dalam tepung gambut.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengendalian Hayati Fakultas Pertanian, lahan petani kentang di Desa Sumber Brantas Kabupaten Batu dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Biologi, Universitas Jember dengan waktu penelitian Mei – Oktober 2014.

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Isolat *P. diminuta*, *P. mallei*, *B. mycoides* (Koleksi Dr. Ir. Iis Nur Asyiah, MP, Program Studi Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan), Media bakteri NA padat, Media phikovskaya padat, ekstrak yeast, carboxymethyl cellulose (CMC), larutan Nutrien Broth, talk, tepung gambut, tanah, sista NSK, kentang varietas granola generasi 0 (G0), lactophenol warna, lactophenol kristal, dan media tanam (kompos dan tanah) steril.

3.2.2 Alat

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah botol rak tabung reaksi, tabung reaksi, plastik tahan panas, bunsen, petridish, kertas label, autoklaf, shaker, erlenmeyer, vortex, colony counter, jarum ose, mikropipet, hand counter, sprayer, laminar air flow, mikroskop, polybag, kamera digital, kain 10x10, kain kasa, tali rafia, papan nama, alat tulis, timbangan analitik, botol film, mikroskop.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan acak kelompok dengan 6 perlakuan, 1 kontrol dan 4 kali ulangan pada uji efektivitas. Perlakuan percobaan ini yaitu PDTG (*P. diminuta* dalam Tepung Gambut), PMTG (*P. mallei*

dalam Tepung Gambut), BMTG (*B. mycooides* dalam Tepung Gambut), PDT (*P. diminuta* dalam Talk), PMT (*P. mallei* dalam Talk), dan BMT (*B. mycooides* dalam Talk).

3.4 Tahapan Penelitian

3.4.1 Peremajaan Isolat Bakteri

Isolat *P. diminuta*, *P. mallei* dan *B. mycooides* yang sudah tersedia diremajakan pada media selektif yaitu media Phykovskaya selama 24-48 jam sehingga didapatkan isolat yang siap digunakan.

3.4.2 Preparasi Senyawa atau Bahan Pembawa

Talk dan tepung gambut disterilkan pada suhu 121⁰C selama 30 menit kemudian dikeringkan secara aseptik pada gelas kaca selama 12 jam pada suhu 50⁰C sebelum digunakan.

3.4.3 Preparasi Bakteri

Isolat bakteri dibiakkan pada medium NA. Setelah 2x24 jam dipanen dan disentrifuse pada kecepatan 600 rpm selama 15 menit. Sebelum digunakan dan diperbanyak, isolat disimpan di lemari pendingin. Konsentrasi yang digunakan adalah 10⁸ cfu/ml.

3.4.4 Pembuatan Formula

Isolat bakteri diperbanyak dengan menggunakan media *nutrient broth*. Pembuatan 1 (satu) liter media *nutrient broth* membutuhkan 13 gram *nutrient broth*. Media tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 250 ml sebanyak yang dibutuhkan dan dilarutkan dengan bantuan hot plate. Setelah larut, mulut erlenmeyer disumbat dengan kapas dan ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya dilakukan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121⁰C dengan tekanan 1 (satu) atm.

Setelah media dingin, isolat bakteri dimasukkan ke dalam media *nutrient broth* dengan menggunakan jarum ose di dalam *laminar air flow cabinet*. Media

yang telah diinokulasi bakteri diletakkan pada mesin *shaker* selama 48 jam. Pertumbuhan bakteri diketahui apabila media *nutrient broth* yang telah diinokulasi bakteri tersebut menjadi keruh.

Pembuatan formula dilakukan setelah bakteri selesai dishaker. Pembuatan formula diawali dengan mencampur 1 ml larutan bakteri dari media *nutrient broth* kemudian dimasukkan dalam 400 ml aquades steril. Selanjutnya 1000 gram bahan pembawa, 0,25% ekstrak yeast (2,5 gram), dan 10 gram cmc dicampur dalam wadah steril. Setelah itu disimpan dalam plastik polypropilen atau plastik alumunium.

3.4.5 Komposisi Formula

Komposisi formulasi sebagai berikut :

No	PERLAKUAN	FORMULASI
1.	PDT	Suspensi <i>P.diminuta</i> (400 ml) 9×10^8 CFU/ml + Talk (1000 gr) + 2,5gr YE + CMC (10 gr)
2.	PDTG	Suspensi <i>P.diminuta</i> (400ml) 9×10^8 CFU/ml + Tepung Gambut (1000 gr) + 2,5 gr YE + CMC (10 gr)
3.	PMT	Suspensi <i>P.mallei</i> (400ml) 9×10^8 CFU/ml + Talk (1000gr) + 2,5 gr YE + CMC (10 gr)
4.	PMTG	Suspensi <i>P. mallei</i> (400ml) 9×10^8 CFU/ml + Tepung Gambut (1000 gr) + 2,5 gr YE + CMC (10 gr)
5.	BMT	Suspensi <i>B. mycoides</i> (400ml) 9×10^8 CFU/ml + Talk (1000 gr) + 2,5 gr YE + CMC (10 gr)
6.	BMTG	Suspensi <i>B. mycoides</i> (400ml) 9×10^8 CFU/ml + Tepung Gambut (1000 gr) + 2,5 YE + CMC (10 gr)

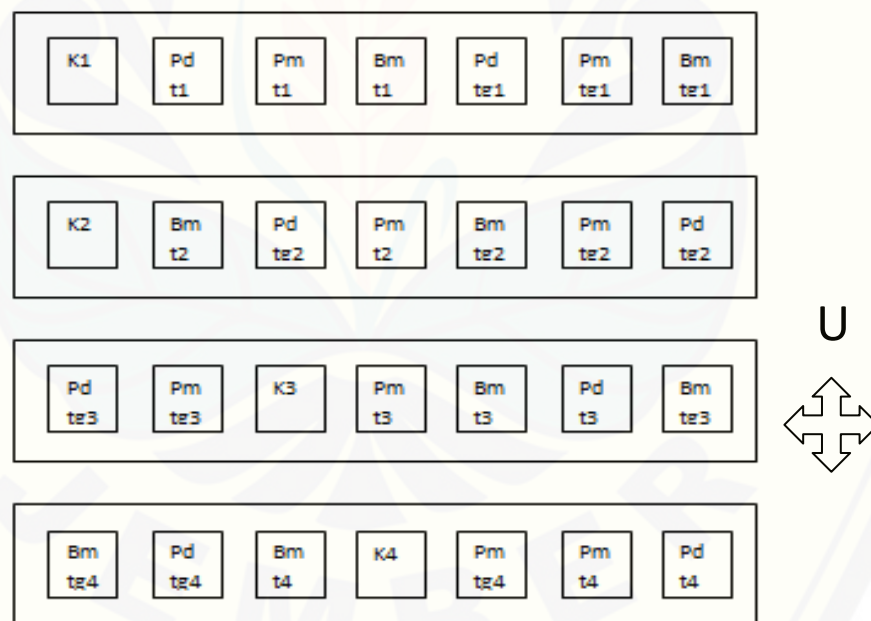
Komposisi diatas berdasarkan penelitian Jorjani, *et. al* ,(2011)

3.5 Parameter Penelitian

3.5.1 Uji Efektivitas Formulasi Bakteri Terhadap Tanaman Kentang dan Nematoda Sista Kentang (NSK)

a. Penanaman umbi kentang

Uji efektivitas formulasi bionematisida diawali dengan penanaman umbi kentang dilakukan pada pagi hari. Bibit umbi kentang ditanam dalam pot yang berisi tanah sebanyak 3 kg/polibag, dimasukkan dalam polibag berukuran 15 x 35 cm. Lubang tanam dibuat dengan kedalaman 8-10 cm. Bibit dimasukkan ke lubang tanam, ditimbun dengan tanah dan tekan tanah di sekitar umbi. Tiap polibag tanaman kentang terdiri dari 1 tanaman. Kemudian mengambil tanah sebanyak 50 gram di masukkan dalam kain yang rata-rata mengandung 50 sista diletakkan di samping umbi kentang. Sedangkan formula bionematisida ditaburkan di area umbi kentang. Dosis yang diberikan 10 gram untuk tiap polybag. Tanaman yang dijadikan kontrol diberi sista tanpa formula.



Gambar 3.1 Denah Pengacakan Plot

Keterangan : Perlakuan :

K	: Kontrol	PDTG	: <i>P. diminuta</i> dalam Tepung Gambut
PDT	: <i>P. diminuta</i> dalam Talk	PMTG	: <i>P. mallei</i> dalam Tepung Gambut
PMT	: <i>P. mallei</i> dalam Talk	BMTG	: <i>B. mycoides</i> dalam Tepung Gambut
BMT	: <i>B. mycoides</i> dalam Talk	Ulangan	: 1,2,3,4

b. Pengamatan tinggi tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan setiap 1 minggu sekali. Mulai tunas tumbuh di atas permukaan tanah hingga sebelum tanaman dipanen. Tunas mulai tumbuh pada umur tanaman 3 minggu setelah tanam. Sehingga tinggi tanaman diukur mulai umur 3 MST hingga 10 MST .

c. Pemeliharaan

Pada awal penanaman tanaman disiram setiap pagi. Namun apabila cuaca berkabut dan turun hujan, penyiraman tidak perlu dilakukan. Karena hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya penyakit busuk tanaman kentang. Namun pada 3 minggu terakhir, cuaca sangat panas dan kering. Oleh karena itu penyiraman tanaman dilakukan setiap hari 2 kali. Selain itu juga dilakukan penyemprotan pestisida yang terpaksa dilakukan karena daun tanaman terserang oleh penyakit busuk daun. Hal ini mengakibatkan banyak ranting daun menjadi busuk dan patah.

d. Panen

Pemanenan dilakukan dengan cara pembongkaran tanaman kentang terlebih dahulu. Kemudian umbi dan tanaman dimasukkan dalam plastik yang berbeda dan diberi label.

e. Penghitungan Panjang Akar dan Berat Umbi

Pengamatan yang dilakukan setelah panen yaitu penimbangan berat umbi dan penghitungan panjang akar. Akar dan umbi dipisahkan terlebih dahulu. Akar yang telah bersih diletakkan pada alas kertas hitam bergaris kotak putih dengan skala 5 cm, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam proses perhitungan panjang akar.

f. Penghitungan Jumlah Sista

Penghitungan jumlah sista dilakukan dengan cara melakukan ekstraksi 100 gram tanah dari tiap polybag. Ekstraksi sista dalam tanah dilakukan dengan

menggunakan fenwick. Kemudian disaring dan diamati dibawah mikroskop untuk dihitung jumlah sista yang ada.

g. Penghitungan jumlah juvenil dalam akar

Penghitungan jumlah juvenil dalam akar diawali dengan pewarnaan akar terlebih dahulu menggunakan larutan lactophenol. Akar ditimbang 1 gram, dimasukkan dalam kain kasa dan diikat dengan tali rafia. Kemudian akar yang dibungkus dimasukkan dalam larutan lactophenol warna yang mendidih selama 5 menit. Setelah itu, akar dikeluarkan dari kain kasanya dan dicuci bersih. Kemudian akar dapat disimpan dalam botol film dan diberi tetesan lactophenol kristal sebelum diamati.

3.5.2 Uji Viabilitas Jumlah Bakteri

Uji viabilitas bakteri diketahui berdasarkan jumlah bakteri berdasarkan lama penyimpanan tertentu. Penghitungan jumlah bakteri dilakukan dengan cara pengenceran berseri dan pencawanan pada media NA. Sebanyak 1 gr formulasi dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 10 ml aquades steril. Plating dilakukan dengan cara menyebar 100 µl suspensi yang telah diencerkan ke dalam cawan yang berisi media Phykovskaya agar dengan menggunakan metode *Spread Plate*. Jumlah koloni yang terbentuk menunjukkan jumlah spora yang bertahan hidup selama masa penyimpanan dalam berbagai formulasi bahan pembawa. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah koloni bakteri yang tumbuh setelah diinkubasikan selama 48 jam. Jumlah koloni yang tumbuh selanjutnya dikonversikan ke dalam bentuk cfu/ml dengan menggunakan rumus:

$$\Sigma \text{Populasi Bakteri} = \frac{X}{P \times V}$$

keterangan: X = jumlah koloni bakteri pada pengenceran tertentu

P = faktor pengenceran (10^{-})

V = volume suspensi yang disebar (0,1 ml)

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Efektivitas Formula Bakteri

4.1.1 F-Hitung Parameter Uji Efektivitas Formula Bakteri

Tabel 4.1 F-Hitung Parameter Uji Efektivitas Formula Bakteri

No	Parameter	F-Hitung	F-Tabel 5%
1.	Jumlah Juvenil dalam akar	3,86*	2,66
2.	Jumlah Sista	9,45**	2,66
3.	Tinggi Tanaman	5,84**	2,66
4.	Berat umbi	4,34**	2,66
5.	Panjang akar	1,06 ^{ns}	2,66

Keterangan : ** : Berbeda sangat nyata
 * : Berbeda nyata
 ns : Berbeda tidak nyata

Hasil yang terdapat pada tabel (4.1) menunjukkan bahwa tinggi tanaman, berat umbi dan jumlah sista memiliki nilai F-hitung yang berbeda sangat nyata dibandingkan nilai F-tabel 5%, jumlah juvenil memiliki nilai F-hitung yang berbeda nyata terhadap nilai F-tabel 5% sedangkan panjang akar memiliki nilai F-hitung yang berbeda tidak nyata terhadap nilai F-tabel.

4.1.2 Efektivitas Formula Bakteri Terhadap Jumlah Juvenil Dalam Akar

Tabel 4.2 Rata-rata jumlah juvenil tiap 1 gram akar

Perlakuan	Rata-rata	Prosentase penekanan jumlah juvenil (%)
KONTROL	21,50a	0,00%
PDT	14,25ab	33,72%
PMT	14,00ab	34,88%
BMT	13,75ab	36,05%
PDTG	7,50b	65,12%
PMTG	9,25b	56,98%
BMTG	7,25b	66,28%

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan tabel (4.1) dapat diketahui bahwa formulasi bakteri berpengaruh nyata terhadap jumlah rata-rata juvenil dalam akar sehingga dilakukan uji lanjut menggunakan uji duncan dengan taraf 5%. Hasil uji duncan terdapat pada tabel (4.2) yang menunjukkan bahwa perlakuan kontrol berbeda nyata terhadap beberapa perlakuan yang diberi aplikasi formulasi bakteri. Perlakuan kontrol berbeda tidak nyata dibandingkan dengan perlakuan PDT, PMT, BMT dan berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan PDTG, PMTG dan BMTG.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula bakteri efektif dalam mengendalikan jumlah juvenil dalam akar tanaman. Hal ini dapat diduga karena bakteri PGPR yang digunakan dapat menghasilkan suatu enzim yang dapat menghambat penetasan telur nematoda yaitu enzim kitinase. Genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptomyces*, dan *Agrobacterium* banyak dikembangkan sebagai agen biokontrol dengan kemampuannya menginduksi ketahanan tanaman dan menghasilkan enzim kitinase (Mahagiani, 2008).

Enzim kitinase merupakan enzim yang dapat mendegradasi kitin yang merupakan penyusun lapisan tengah kulit nematoda. Hal ini didukung oleh penelitian Cronin *et al.* (1997) dimana kitinase dapat menghambat penetasan telur *G. rostochiensis* sampai 70%, sedangkan *P.chitinolyca*, dengan aktivitas kinolitik yang tinggi dapat mengurangi infeksi *M. Javanica* dan meningkatkan pertumbuhan tomat

Prosentase tertinggi penekanan terhadap jumlah juvenil yang terdapat di akar dihasilkan oleh perlakuan BMTG yaitu sebesar 66,28%. Kemudian diikuti oleh perlakuan PDTG sebesar 65,12%, selanjutnya perlakuan PMTG sebesar 56,98%. Sedangkan perlakuan lainnya hanya mampu menekan sekitar 30% saja. Prosentase penekanan jumlah juvenil ini dihitung berdasarkan perbandingan dengan menggunakan jumlah kontrol. Sehingga perlakuan kontrol menekan 0% jumlah juvenil dalam tiap 1 gram akar. Sehingga dapat diduga bahwa formula bakteri dengan menggunakan tepung gambut merupakan formula terbaik.

Fase nematoda yang menginfeksi tanaman inang dimulai dari J2 (Juvenil 2). J2 akan masuk melalui akar dan menetap. Apabila kondisi sesuai J2 akan berganti kulit menjadi J3, J4 hingga menjadi nematoda dewasa. Nematoda jantan akan keluar dari akar dan hidup dalam daerah perakaran tanah. Sedangkan nematoda betina akan tetap tinggal dalam akar hingga sebagian tubuhnya keluar dari akar dan betina siap pembuahan. Pembuahan merupakan hal penting bagi proses reproduksi *Globodera* spp. Embrio berkembang dalam telur sampai membentuk J2 dan tetap berada dalam tubuh betina. Nematoda betina dewasa tersebut kemudian mati dan kutikulanya mengalami penyamakan membentuk sista (Turner dan Evans, 1998). J4 betina memiliki bentuk seperti botol dan betina dewasa memiliki bentuk tubuh yang membengkak (*swollen*). Nematoda betina dewasa memiliki warna keemasan sehingga disebut *Golden Nematoda*. Nematoda jantan berbentuk seperti cacing (*vermiform*) (Asyiah, 2003).

Wisnuwardana (1978) menyatakan bahwa jumlah nematoda dalam akar akan mempengaruhi populasi akhir nematoda. Semakin banyak nematoda dalam akar semakin tinggi populasi akhir nematoda, sampai suatu saat populasi akan rendah kembali karena tanaman sudah tidak mendukung lagi.



Gambar 4.1 Nematoda Sista Kentang.

4.1.3 Efektivitas Formula Bakteri Terhadap Jumlah Sista

Tabel 4.3 Rata-rata jumlah sista per 100 gram tanah

Perlakuan	Rata-rata
KONTROL	9,25a
PDT	4,25bc
PMT	5,50b
BMT	3,00bc
PDTG	1,50c
PMTG	2,25c
BMTG	1,75c

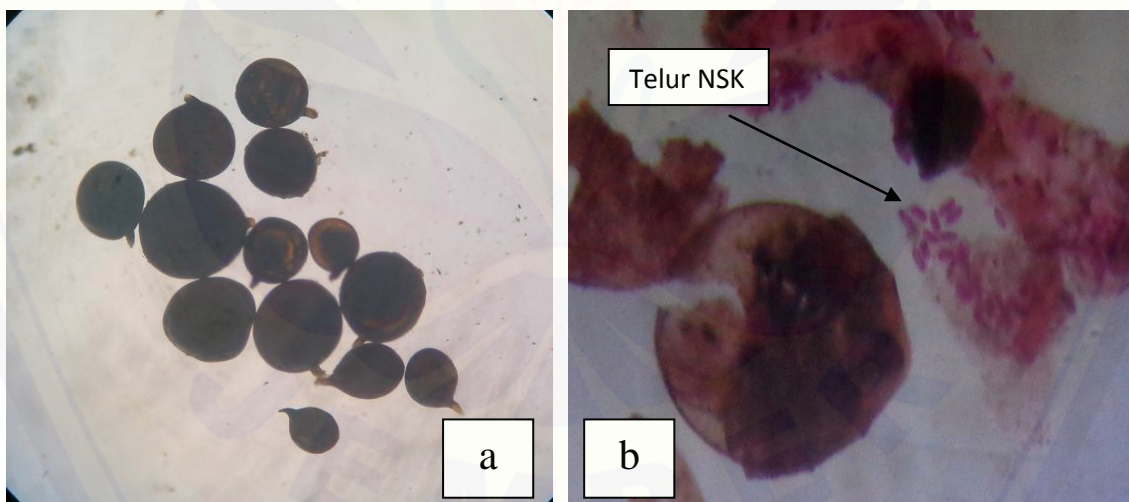
Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji duncan pada taraf 5%.

Berdasarkan tabel (4.1), nilai F-hitung parameter pengamatan jumlah sista berbeda sangat nyata terhadap F-tabel. Nilai tersebut membuktikan bahwa aplikasi pemberian formulasi bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah sista yang dihitung per 100 gram tanah. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji lanjut duncan 5% untuk membuktikan dan hasilnya dicantumkan pada tabel (4.3). Pada tabel diatas dapat diketahui bahwa rata-rata jumlah sista terbanyak dihasilkan oleh perlakuan kontrol yaitu sebesar 9,25 atau sekitar 9 sista per 100 gram tanah. Selanjutnya yaitu perlakuan PMT menghasilkan rata-rata sista sebesar 5,50 atau 5 sista per 100 gram tanah. Jumlah rata-rata sista terendah terdapat pada perlakuan bakteri yang menggunakan tepung gambut yaitu PDTG sebesar 1,50 , BMTG sebesar 1,75, dan PMTG sebesar 2,25 atau pada ketiga perlakuan tersebut hanya dihasilkan 1-2 sista per 100 gram tanah. Hal ini dapat diduga bahwa ketiga perlakuan tersebut merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menekan pembentukan sista dibandingkan kontrol maupun perlakuan bakteri pada formulasi lainnya.

Hal tersebut didukung Penelitian oleh Asyiah (2009) menunjukkan bahwa rhizobakter *Bacillus alvei* mampu menurunkan jumlah sista sampai 47%, *P. diminuta* menurunkan jumlah sista sampai 49% dan *B. stearothermophilus* menurunkan jumlah sista sampai 46%. Sista ditemukan dalam akar tanaman dan

tanah mulai hari ke-56 setelah tanaman bertunas. Lebih lamanya fase infeksi dan gejala yang ditimbulkan oleh NSK pada perlakuan (menggunakan aplikasi formula bionematisida) karena bakteri dalam formulasi yang diaplikasikan di sekitar perakaran tanaman kentang mampu menghambat penetasan telur *G. rostochiensis*. Sehingga sista yang terbentuk oleh nematoda berikutnya akan berkurang.

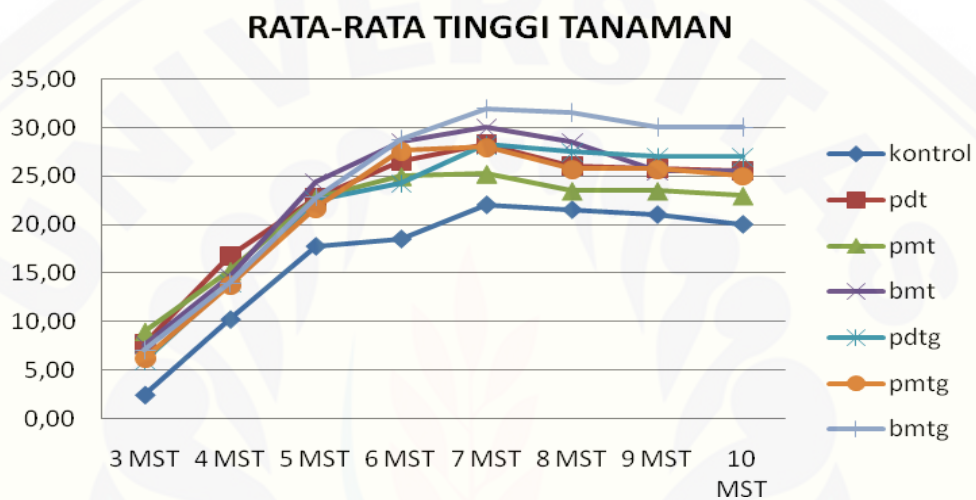
Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Jepang jumlah populasi awal *G. rostochiensis* yang dapat menimbulkan kerugian adalah 31 sista hidup per 100 gram tanah. Siklus hidupnya melalui tahapan stadium telur, larva, Dan Dewasa berlangsung selama 38 -48 hari. Daur hidup antara 5-7 Minggu tergantung kondisi lingkungan. Produksi telur 200-500 Butir. Kemampuan hidup di dalam tanah pada kondisi lingkungan kurang menguntungkan (tidak ada inang, suhu sangat rendah atau sangat tinggi dan kekeringan) dapat membentuk sista yang dapat bertahan hidup sampai 10 tahun. Sista berisi telur yang belum menetas dengan kisaran jumlah telur dalam sista 326 – 493 dari 10 sista yang dipecahkan. (Nugrohorini,2012).



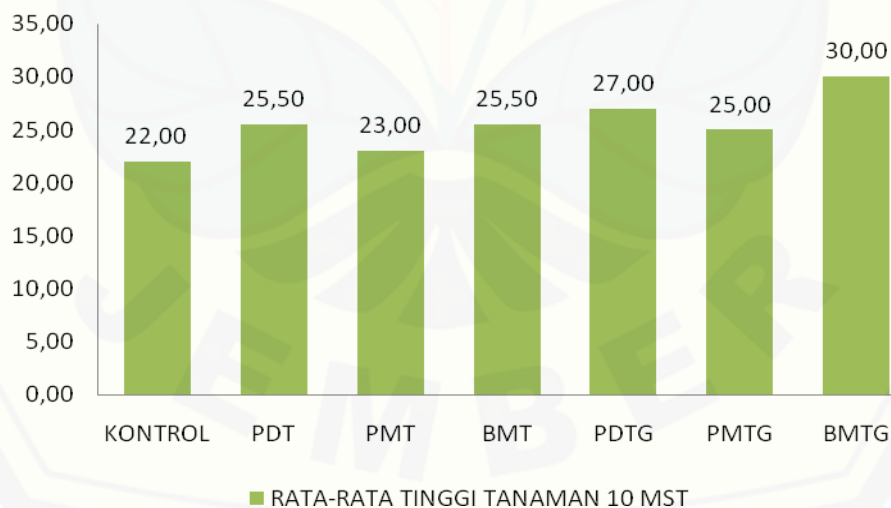
Gambar 4.2. (a). Sista *G. Rostochiensis*, (b). Telur yang terdapat dalam sista

4.1.4 Efektivitas Formula Bakteri Terhadap Tinggi Tanaman Kentang

Tinggi tanaman merupakan parameter awal dalam pertumbuhan tanaman yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, cuaca dan sinar matahari. Cuaca panas dan kering menyebabkan penyiraman lebih intensif dilakukan, karena tanaman yang ditanam dalam polybag sering layu dan rawan kekeringan. Tinggi tanaman kentang dari minggu ke-3 hingga minggu ke-10 sebelum panen tercantum dalam grafik sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.3 Grafik rata-rata (a) Pertambahan tinggi tanaman dari 3 MST (minggu setelah tanam) hingga 10 MST; (b) Tinggi tanaman 10 MST (Minggu Setelah Tanam)

Berdasarkan hasil pengamatan, tinggi tanaman kentang terus mengalami pertambahan tinggi hingga umur 7 minggu setelah tanam. Memasuki minggu ke-8 tanaman kentang sudah tidak mengalami pertambahan tinggi. Hal ini dapat dikarenakan tanaman kentang sudah membentuk umbi. Pada fase pertumbuhan umbi (*tuber growth*) terjadi persaingan yang kuat antara umbi dengan bagian atas tanaman (*shoot*) yang sama-sama tumbuh dan sama-sama berperan sebagai penerima (*sink*). Persaingan itu berhenti setelah pertumbuhan brangkasan mencapai maksimum dan hanya umbi yang berfungsi sebagai penerima, sedangkan brangkasan berubah menjadi sumber (Nurmayulis,2005).

Hasil uji anova menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman dengan perlakuan formulasi bakteri pada 10 Minggu Setelah Tanam berbeda sangat nyata dibandingkan dengan kontrol. Sehingga dilakukan uji lanjut duncan taraf kepercayaan 95%.

Tabel 4.4 Rata-rata tinggi tanaman 10 MST

Perlakuan Formulasi	Rata-rata (Cm)
KONTROL	20,00d
PDT	25,50bc
PMT	23,00c
BMT	25,50bc
PDTG	27,00b
PMTG	25,00bc
BMTG	30,00a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji duncan 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang diberi formulasi bakteri menghasilkan pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol. Hal ini dapat diduga bahwa bakteri mampu untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Karena ketiga bakteri yang merupakan bakteri PGPR ini dapat menghasilkan ZPT sehingga dapat memacu pertumbuhan tinggi tanaman. Selain itu ketiga bakteri juga merupakan pelarut fosfat dimana penggunaan mikroorganisme pelarut fosfat dapat mensubstitusi sebagian atau

seluruhnya kebutuhan tanaman akan pupuk P, tergantung pada kandungan P tanahnya dan memberikan hasil yang positif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. sejumlah tanaman yang pernah diinokulasi dengan mikroorganisme pelarut fosfat antara lain gandum, gula bit, kubis, *barley*, kedelai, jagung, padi, kacang panjang, kacang tanah, tomat, kentang, kapas, timun, dan dapat meningkatkan hasil 10-15% (Ginting *et al.*, 2006).

Terdapat 2 perlakuan terbaik pada parameter tinggi tanaman yaitu perlakuan BMTG dengan rata-rata tinggi tanaman 30 cm, dan PDTG dengan rata-rata tinggi tanaman 27 cm.

4.1.5 Efektivitas Formula Bakteri Terhadap Berat Umbi

Tabel 4.5 Rata-rata berat umbi kentang

Perlakuan Formulasi	Rata-Rata (gram)
KONTROL	37,50c
PDT	72,50b
PMT	68,75b
BMT	73,75b
PDTG	91,25ab
PMTG	82,50ab
BMTG	98,75a

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji duncan 5%.

Berdasarkan tabel (4.1.1), nilai F-hitung berat umbi menunjukkan perbedaan sangat nyata, oleh karena dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji duncan 5%. Hasil uji lanjut tersebut ditunjukkan pada tabel (4.5) yaitu aplikasi formulasi bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap berat umbi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formulasi bakteri yang diaplikasikan pada tanaman kentang efektif dalam meningkatkan berat umbi dibandingkan dengan perlakuan tanpa formulasi (kontrol). Pada perlakuan kontrol umbi tetap terbentuk, namun beratnya rendah dan ukurannya kecil. Rata-rata berat umbi paling tinggi dihasilkan oleh

perlakuan BMTG yaitu seberat 96,25 gram. Kemudian diikuti oleh perlakuan PDTG seberat 86,25 gram, PMTG seberat 75,00 gram.

Menurut (Trudgill dan Cotes, 1983), uji lapangan yang membandingkan antara tanaman yang tidak diberi perlakuan nematisida dan yang diberi perlakuan, menunjukkan bahwa NSK menurunkan pertumbuhan tajuk dan hasil umbi. Sehingga dengan pemberian aplikasi formulasi bakteri sebagai bionematisida diharapkan dapat meningkatkan hasil umbi yang dapat menurun karena pengaruh NSK.

Pengaruh terhadap bobot umbi merupakan efek tidak langsung dari penghambatan perkembangan *G. rostochiensis* oleh bakteri. Penghambatan ini diperlihatkan antara lain dengan penekanan populasi nematoda di dalam akar maupun pada media tanam. Tingginya bobot umbi pada perlakuan dengan formulasi bakteri dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu dapat diduga karena bakteri dapat menghasilkan sejumlah enzim yang berperan dalam degradasi bahan organik tanah. Sejumlah enzim ini berperan dalam siklus unsur hara di dalam tanah seperti siklus karbon, nitrogen dan fosforus.

Selain itu, bakteri yang digunakan merupakan bakteri pelarut fosfat, yang diduga dapat memenuhi kebutuhan unsur P dalam tanah sehingga tersedia bagi tanaman. Unsur P juga dibutuhkan tanaman untuk pembentukan umbi. Roesmarkam dan Yuwono (2002) menyatakan sebagian P sangat berhubungan dengan pati, terutama pada biji-biji dari sereal dan juga pada pati dalam umbi kentang. Ikatan pati dan umbi kentang belum diketahui secara pasti namun diperkirakan mempunyai peranan dalam pengisian dan pengembangan umbi kentang sehingga umbi yang dihasilkan akan meningkat. Fosfor juga sangat berperan aktif mentransfer energi di dalam sel, juga berfungsi untuk mengubah karbohidrat sehingga berat umbi meningkat (Hakim *et al.*, 1986).



Gambar 4.4. Umbi kentang yang dihasilkan tanaman dengan perlakuan (a). kontrol, (b).PDTG (*P. diminuta* dalam Tepung Gambut), (c). BMTG (*B. mycoides* dalam Tepung Gambut), (d). PMTG (*P. mallei* dalam Tepung gambut).

4.1.6 Efektivitas formulasi bakteri terhadap panjang akar

Tabel 4.6 Rata-rata panjang akar tanaman kentang

Perlakuan	Rata-Rata (Cm)
KONTROL	29,88
PDT	35,30
PMT	31,40
BMT	32,33
PDTG	37,80
PMTG	32,38
BMTG	34,23

Berdasarkan tabel (4.1.1), formulasi bakteri berpengaruh tidak nyata terhadap panjang akar sehingga tidak perlu dilakukan uji lanjut terhadap panjang akar. Meskipun formulasi bakteri secara hitungan anova berpengaruh tidak nyata terhadap panjang akar, akan tetapi panjang akar pada tanaman dengan perlakuan kontrol atau tanpa formulasi lebih pendek daripada panjang akar dari tanaman dengan perlakuan formulasi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya nematoda dalam akar maupun nematoda pada tanah dapat mempengaruhi panjang akar. Akar terpanjang dihasilkan oleh perlakuan PDTG 37,80 cm, kemudian PDT 35,30, selanjutnya BMTG 34, 23 cm.

Trudgill *et al.*, (1998), menambahkan bahwa infeksi juvenil *Globodera* berpengaruh terhadap pertumbuhan akar kentang dan pada tingkat infeksi berat, sistem perakaran lebih sedikit karena berkurangnya jumlah akar lateral sehingga akar tidak efisien menyerap air dan hara. Fenomena di atas menyebabkan terganggunya proses fisiologis tanaman sehingga pertumbuhan dan hasil tanaman berkurang.

Nematoda menyerang akar tanaman hingga dapat menimbulkan kerusakan mekanis. Konsentrasi hidup nematoda lebih besar terdapat didalam perakaran tumbuhan inang terutama disebabkan oleh laju reproduksinya yang lebih cepat karena tersedianya makanan yang cukup dan tertariknya nematoda oleh zat yang dilepaskan dalam rhizosfer awalnya, telur-telur nematoda diletakan pada akar -

akar tumbuhan di dalam tanah yang kemudian telur akan berkembang menjadi larva dan nematoda dewasa. Berkumpulnya populasi nematoda disekitar perakaran ini mendorong nematoda menyerang akar dengan jalan menusuk dinding sel. Gejala kerusakan pada akar biasanya selalu diikuti oleh pertumbuhan tanaman yang lambat dikarenakan terhambatnya penyerapan unsur hara oleh akar yang akhirnya terjadi defisiensi hara seperti daun menguning, layu pada cuaca kering (Hadisoeganda,2003).



Gambar 4.5. Akar tanaman kentang dengan perlakuan (a). Kontrol, (b). PDTG (*P. diminuta* dalam Tepung Gambut), (c). PDT (*P. diminuta* dalam Talk), (d). BMTG (*B. mycoides* dalam Tepung Gambut)

4.2 Viabilitas Jumlah Bakteri dalam Formulasi

Viabilitas jumlah bakteri dalam formulasi adalah kemampuan atau daya tahan hidup bakteri di dalam formulasi berdasarkan lama penyimpanan tertentu. Lama penyimpanan bakteri dalam formula dihitung berdasarkan jumlah populasi bakteri per 1 gram formulasi yang diencerkan pada lama penyimpanan formula yang berbeda. Oleh karena itu, setiap 10 hari dihitung jumlah populasi bakteri pada tiap formulasi bakteri. Jumlah populasi bakteri dihitung dengan menggunakan rumus cfu/ ml . Tiap 1 gram formula diencerkan dalam 10 ml aquades. Hasil jumlah populasi dapat dilihat pada tabel (4.7) sebagai berikut:

Tabel 4.7 Jumlah Populasi Bakteri dalam Formula

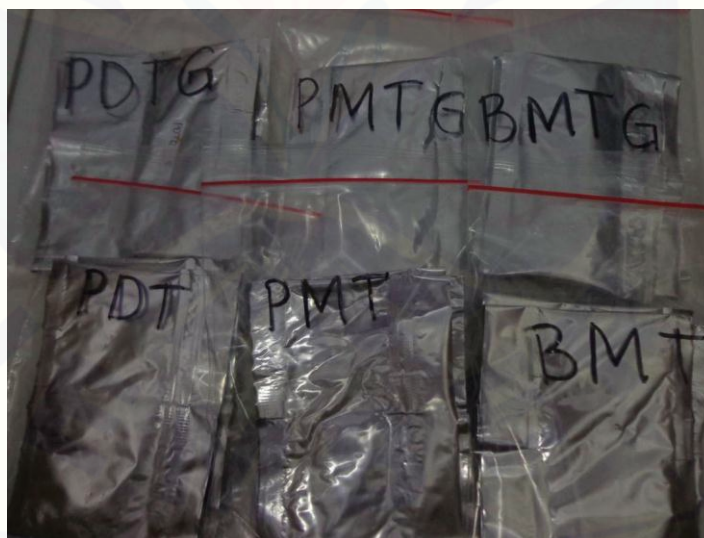
Perlakuan	Jumlah populasi bakteri (cfu/ml)					
	10 hari	20 hari	30 hari	40hari	50hari	60hari
PDT	$2,8 \times 10^{12}$	$3,0 \times 10^{13}$	$3,0 \times 10^{14}$	$2,4 \times 10^{13}$	$9,5 \times 10^{12}$	$5,4 \times 10^{12}$
PMT	$1,4 \times 10^{12}$	$2,8 \times 10^{13}$	$5,6 \times 10^{13}$	$9,3 \times 10^{12}$	$4,1 \times 10^{12}$	$4,0 \times 10^{12}$
BMT	$1,6 \times 10^{12}$	$2,7 \times 10^{13}$	$5,9 \times 10^{13}$	$2,0 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{13}$	$9,1 \times 10^{12}$
PDTG	$2,5 \times 10^{12}$	$3,0 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{14}$	$2,0 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{13}$	$1,5 \times 10^{13}$
PMTG	$2,7 \times 10^{12}$	$3,4 \times 10^{13}$	$3,6 \times 10^{14}$	$1,9 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{13}$	$1,3 \times 10^{13}$
BMTG	$2,2 \times 10^{12}$	$2,3 \times 10^{13}$	$6,5 \times 10^{13}$	$2,3 \times 10^{13}$	$2,2 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{13}$

Tabel (4.7) menunjukkan jumlah populasi bakteri yang terdapat dalam formulasi selama pengamatan 60 hari. Pada lama penyimpanan 10 hari, pada pengenceran 10^{-12} populasi bakteri dapat hitung. Jumlah populasi terbanyak yaitu pada formulasi PDT sebanyak $2,83 \times 10^{12}$ cfu/ml dan PMTG sebanyak $2,70 \times 10^{12}$ cfu/ml. Namun pada 10 hari berikutnya, bakteri baru dapat dihitung pada pengenceran 10^{-13} , pada hari ke-30, pada beberapa formulasi, pengenceran meningkat hingga 10^{-14} , tetapi setelah melewati 30 hari, pengenceran menurun kembali ke 10^{-13} . Hingga pada penyimpanan 60 hari, formulasi yang menggunakan talk menurun ke 10^{-12} , namun ketiga formulasi yang menggunakan tepung gambut tetap bertahan di pengenceran 10^{-13} .

Hal ini menunjukkan bahwa jumlah populasi bakteri dalam bakteri sudah mengalami penurunan. Penurunan jumlah populasi bakteri bukan hanya karena pengaruh bahan pembawa dalam formulasi akan tetapi juga karena adanya

pengaruh komposisi nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Menurut Dwijoseputro, (2003), semakin berkurang nutrisi di dalam media maka jumlah sel semakin menurun. Berkurangnya komposisi nutrisi dalam media karena nutrisi tersebut dimanfaatkan oleh bakteri untuk perkembangbiakannya. Kematian bakteri disebabkan karena zat makanan yang diperlukan berkurang.

Penurunan yang signifikan dapat terlihat pada perlakuan yang disimpan dalam Talk. Sedangkan perlakuan yang menggunakan tepung gandum, memiliki jumlah koloni yang masih cukup tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan Talk. Hal ini menunjukkan bahwa viabilitas bakteri yang paling baik yaitu yang disimpan dalam tepung gandum, sehingga dapat diduga tepung gandum lebih tepat digunakan sebagai bahan pembawa atau media simpan untuk bakteri tersebut. Hal tersebut dapat didukung oleh penelitian Vidhyasekaran dan Muthamilan (1995) yang melaporkan bahwa umur simpan *P. fluorescens* pada formulasi berbasis gandum dapat dipertahankan hingga 8 bulan ($2,8 \times 10^6$ cfu / g). *P. chlororaphis* dan *B. subtilis* yang disimpan dengan bahan pembawa gandum dapat bertahan selama lebih dari enam bulan (Kavitha *et al*, 2003).



Gambar 4.6 Formula Bakteri dalam Kemasan

Viabilitas bakteri menentukan jumlah bakteri di dalam formulasi. Bakteri akan mampu bertahan hidup apabila kondisi lingkungan dan nutrisi yang dibutuhkan sesuai. Efikasi bioformula dipengaruhi oleh senyawa pembawa yang

digunakan (Jayaraj *et al*,2005), Bahwa penggunaan bahan organik (Tepung gambut, tepung beras) dan anorganik (Talk dan Bentonit) sebagai senyawa pembawa meningkatkan stabilitas dan efektivitas bioformulasi (Ardakani *et al*, 2010). Formulasi yang tepat akan memberikan hasil yang lebih efektif untuk di aplikasikan.

Ketiga bakteri yang digunakan termasuk kategori bakteri PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang mampu melarutkan fosfat sehingga dapat disebut Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Untuk memproduksi inokulan dibutuhkan bahan pembawa yang mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme pelarut fosfat. Beberapa bahan pembawa yang telah diuji antara lain tanah mineral, gambut, zeolit, batu bara, bentonit, vermikulit, dan perlit. Dari berbagai bahan pembawa yang telah diuji, saat ini gambut merupakan bahan pembawa yang paling banyak digunakan untuk memproduksi inokulan (Ginting, *et al*, 2006). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dimana perlakuan dengan formulasi bakteri lebih efektif untuk mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan perlakuan tanpa formulasi bakteri. Selain itu, perlakuan dengan bahan pembawa tepung gambut memberikan hasil yang terbaik dalam mengendalikan NSK, meningkatkan pertumbuhan tanaman maupun dalam menentukan viabilitas bakteri dalam formulasi.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis mengenai Efektivitas Formulasi Bakteri Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta*, *Pseudomonas mallei*, Dan *Bacillus mycoides* Pada Berbagai Bahan Pembawa Sebagai Bionematisida Untuk Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Formula bakteri *P. diminuta* , *P. mallei* dan *B. mycoides* efektif dalam mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Formula bakteri yang paling efektif yaitu perlakuan bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* dengan bahan pembawa tepung gambut merupakan perlakuan terbaik dalam menghasilkan berat umbi, serta menurunkan jumlah sista dalam tanah dan jumlah juvenil dalam akar tanaman kentang.
- 2) Viabilitas formula bakteri yang terbaik adalah formula yang disimpan dalam tepung gambut terutama pada perlakuan PDTG (*P. diminuta* dalam Tepung Gambut) dan BMTG (*B. mycoides* dalam Tepung Gambut) selama masa penyimpanan.
- 3) Bahan pembawa yang paling tepat digunakan dalam kegiatan formulasi bakteri untuk mengendalikan NSK dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yaitu tepung gambut

5.2 Saran

Bagi peneliti selanjutnya diharapkan dapat menguji formula terbaik pada penelitian ini untuk di uji lanjut pada skala lapang. Selain itu, penambahan waktu penyimpanan formulasi dapat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana bakteri dapat bertahan hidup dalam formulasi untuk menentukan waktu kadaluarsa formulasi (*expired date*).

DAFTAR PUSTAKA

- Amran Muis, 2006. Biomass Production and formulation of *Bacillus subtilis* for Biological Control. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 7(2):51-56.
- Ardakani, S.S., A. Heydari, N. Khorasani dan R. Arjmand. 2010. Development of New Bioformulations of *Pseudomonas fluorescens* and Evaluation of these Products Against Damping-Off cotton seedlings. *Journal of Plant Pathology* 92(1): 83-88.
- Asyiah, N.I. 2003. Siklus Hidup dan Morfologi Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*). *Buletin Pertanian* : 40-42.
- Asyiah, N.I, Soekarto, Husain, M, dan Wijaya. 2009. Pemanfaatan Rizobakter dan Mikoriza Vesicular Arbuskular (MVA) dalam Pengendalian Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*). Laporan penelitian KKP3T.
- Bashan, Y., 1998, Inoculants of plant growth promoting rhizobacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 16: 729 – 770.
- Bargabus, R.L., *et.al.* 2002. Characterisation of systemic resistance in sugar beet elicited by a non-pathogenic, phyllosphere-colonizing *Bacillus mycoides*, biological control agent. *Physiol Mol Plant Pathol.* 61: 289-298.
- Benizri, E., Baudoin, E. and Guckert, A. 2001. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. *Biocontrol Sci. Technol.* 11: 557-574
- Bora, T., *et al.*, 2004, Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Melonis* by wettable powder formulations of the two strains of *Pseudomonas putida*. *J. Phytopathology* 152: 471-475
- Cronin, D., Moenne-Loccoz Y., Dunnen C., and O'gara F. 1977. Inhibition of egg hatch of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* by chitinase producing bacteria. *European J Plant Pathol.* 103 : 433-440.
- Devrajan, K., S. Prabhu, N. Seenivasan, A. Sudha, S. Ramakrishnan and B. Anita. 2011. Occurrence Of Native Microbial Antagonists Against Potato Cyst Nematodes In The Nilgiri Hills Of Tamil Nadu. *Potato J.* 38 (1): 67-72.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2013. *PGPR*. Departemen Pertanian.

- Djojsumarto, Panut. *Pestisida dan aplikasinya* . 2008. Hal 55. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Dwijoseputro. 2003. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Radja Grafindo Persada. Jakarta.
- Fitriatin., et.al. 2009. Pengaruh Mikroorganisme Penghasil Fosfatase terhadap Ketersediaan P, Aktivitas Fosfatase tanah dan Hasil Tanaman Padi Gogo. *Jurnal Agrikultura*, Vol. 20, No 3.
- Fong, I.W., dan Alibek, K. 2005. Bioterrorism and infectious Agents: A New Dilemma for the 21st Century. *Springer*, 99 – 145.
- Garcia, O. A., and Sarmiento, M., 2000, A note on the viability of *Azospirillum brasilense* in turf used as carrier in inoculated grass seeds. *Cuban. J. Agric. Sci.* 34: 343-345
- Ginting, R.C.B, Rasti Saraswati, dan Edi Husen. 2006. *Mikroorganisme Pelarut Fosfat*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Hakim, N., M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, M.A. Diha, G. B. Hong dan B. Beiley. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung Press. Lampung.
- Heijnen, C. E., Burgers, S. L. G. E., and van Veer, J. A., 1993, Metabolic activity and population dynamics of rhizobia introduced into unamended and betonite amended loamy sand. *Appl. Environ. Microbiol.* 59:743-747.
- Hadisoeganda, A. Widjaja W. 2003. *Pengendalian terpadu nematode sista emas (golden cysts nematode, Globodera rostochiensis) pada Tanaman Kentang*. Makalah Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*. Direktorat Perlindungan Hortikultura.
- Hadisoeganda, A.W.W. 2006. Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeografi, dan Pengendalian Nematoda Terpadu. *Monografi No. 29*.
- Hall IM. 1973. Use of Micro-organism in Biological Control. In Debach (ed) *Biological control of insect pests and weeds* .: Chapman and Hall Ltd. London. Pp. 610 – 628.
- Heijnen, C. E., Burgers, S. L. G. E., and van Veer, J. A., 1993, Metabolic activity and population dynamics of rhizobia introduced into unamended and betonite amended loamy sand. *Appl. Environ. Microbiol.* 59: 743-747.

- Jayaraj J., Radhakrishnan N.V., Kannan R., Sakthivel K., Suganya D., Venkatesan S., Velazhahan R. 2005. Development of new formulations of *Bacillus subtilis* for management of tomato damping-off caused by *Pythium aphanidermatum*. *Biocontrol Sci. Technol.* 15 (1): 55–65.
- Jorjani, M, Asghar Heydari, Hamid Reza Zamanizadeh, Saeed Rezaee and Laleh Naraghi. 2011. Development of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus coagulans* based bioformulations using organic and inorganic carriers and evaluation of their influence on growth parameters of sugar beet. *Journal of Biopesticides*, 4 (2): 180-185 (2011).
- Jumar. 2000. *Entomologi Pertanian*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kavitha, K., Nakkeeran, S., Chandrasekar, G., Fernando, W. G. D., Mathiyazhagan, S., Renukadevi, P., and Krishnamoorthy, A. S., 2003, Role of Antifungal Antibiotics, Siderophores and IAA production in biocontrol of *Pythium aphanidermatum* inciting damping off in tomato by *Pseudomonas chlororaphis* and *Bacillus subtilis*. In proceedings of the 6th International workshop on PGPR, Organised by IISR, Calicut 5-10 October , 2003. pp 493-497.
- Kaltenbach, C.M. Et. Al. 1975. Cultural And Biochemical Characteristics And Fatty Acid Composition Of *Pseudomonas diminuta* And *Pseudomonas Vesiculare*. *Journal Of Clinical Microbiology*, Apr. 1975, Vol. 1, No. 4 : 339-344.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2010. Kista nematoda kentang di Indonesia.
- Kloepper, J. W. 1993. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria as Biological Control Agents. In (B. Metting, Jr (Ed). *Soil Microbial Ecology*. Marcell Dekker Inc. New York. Pp. 255-274.
- Kloepper, J. W., dan Schroth, M. N. 1981. Development of a powder formulation of rhizobacteria for inoculation of potato seed pieces. *Phytopathology*. 71: 590-592.
- Kluepfel, D.A. A.P. Nyczepir, J.E. Lawrence. W.P. Wechter and B. Leverentz. 2002. Biological Control of the Phytoparasitic Nematode *Mesocriconema xenoplax* on Peach Trees. *Journal of Nematology* 34(2):120–123. 2002.
- Kumar. R. dan R. Chandra. 2008. Influence of PGPR and PSB on *Rhizobium leguminosarum* Bv. *viciae* Strain Competition and Symbiotic Performance in Lentil. *World Journal of Agricultural Sciences* 4 (3): 297-301, 2008.

- Larasati, dkk. 2012. Pembuatan Bahan Pembawa Berbasis Vermikompos Untuk Inokulan Bakteri *rhizosfer* Peningkat Pertumbuhan Tanaman. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah - Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2012*. Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan. BATAN.
- Leifson, E., and Hugh, R. 1954. "A New Type of Polar Monotrichous Flagellation." *Microbiology.* 10: 68-70.
- Muditaph. 2012. Pengendalian Hayati. [Http://muditaph.blogspot.com/2012/10/pemodelan-populasi-dalam-pengendalian.html](http://muditaph.blogspot.com/2012/10/pemodelan-populasi-dalam-pengendalian.html). Diakses tanggal 5 November 2013.
- Mulyadi, B. Rahayu, B. Triman, & S. Indarti. 2003. *Identifikasi Nematoda Sista Kuning (Globodera rostochiensis) Pada Kentang Di Batu, Jawa Timur. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia.* 9(1): 46-53.
- Nakkeran, S., et al. 2005. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria Formulation and Its Scope in Commercialization for the Management of Pests and Diseases" *Dalam Z.A. Siddiqui (ed.), " PGPR : Biocontrol and Biofertilization"*. Springer : 257-296.
- Nugrohorini. 2012. *Nematoda parasit tanaman*. UPN Press, Surabaya
- 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. UNPAD.
- Parke, J.L., and Gurian-Sherman, D. (2001) Diversity of the *Burkholderia cepacia* complex and implications for risk assessment of biological control strains. *Annu Rev Phytopathol.* 39: 225–258.
- Puskara. 2000. Daftar organisme pengganggu tumbuhan potensial yang dilaporkan telah terdapat di dalam wilayah Republik Indonesia. 328 hal.
- Rahni, N.M. 2012. Efek Fitohormon Pgpr Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*). *CEFARS : Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah Vol. 3 No. 2 Juni 2012*.
- Ramamoorthy, R., Viswanathan, T., Raguchander, V., Prakasam, R., and Samiyappan. 2001. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Protection* 20:1-11.
- Rosmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.

- Setiawati, M.R., 2014. Karakterisasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Ketersediaan P pada Media Kultur Cair Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik* .Vol.16,No.1:38–42.
- Setiawati, T.C. 2002. Uji Antagonistik antara Bakteri Pelarut Fosfat dengan *Pseudomonas. Solanacearum* Secara in Vitro dan pengaruhnya pada tanaman Tembakau. Laporan Penelitian Dosen Muda. Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Setiawati. T.C. dan P. A. Mihardja.2008. Identifikasi dan Kuantifikasi Metabolit Bakteri Pelarut Fosfat dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas *Rhizoctonia solani* pada Tanaman Kedelai. *J. Tanah Trop.*, Vol. 13, No.3, 2008: 233-240.
- Soetopo, D. dan IGAA Indrayani. 2007. Status Teknologi dan Prospek *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian Serangga Hama Tanaman Perkebunan yang Ramah Lingkungan. *Perspektif*. 6 (1):29-46 .
- Trudgill, D.L., Cotes, L.M. (1983), Tolerance of potato to potato cyst nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) in relation to the growth and efficiency of the root system, *Annals of Applied Biology* 102, 385-397
- Turner, S.J. & Evans, K. 1998. The Original, global distribution and biology of PCN (*Globodera rostochiensis* (Woll) and *Globodera pallida* (Stone). Di dalam Marks, R.J & Brodie, B.B (ed). Potato cyst nematodes: Biology, distribution and control, 7-26 pp. NewYork: CAB International.
- Untung, 2006. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gajah Mada University Press.Yogyakarta.
- Van Loon, L. C., P.A.H.M Bakker, C.M.J Pieterse. 1998. “Systemic resistance induced by rhizospherebacteria”. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36.
- Vidhyasekaran, P., and Muthamilan, M., 1995, Development of formulations of *Pseudomonas fluorescens* for control of chickpea wilt. *Plant. Dis.* 79 : 782–786.
- Wahyudi, A.T. 2009. Rhizobacteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman : Prospeknya sebagai Agen Biostimulator & Biokontrol. Nano Indonesia. www.nuance.com.
- Weller DM, Raaijmakers JM, Gardener BBM & Thomashow LS (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens.*Annu. Rev. Phytopathol.* 40: 309–348.

Whitehead, A.G., Turner, S.J. 1998. Management and Regulatory Control Strategies for Potato Cyst Nematodes (*Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*, dalam Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control, Bagian III, Marks, R.J. dan Brodie, B.B., Editor, CAB International, 135-152.

Wisnuwardhana, W. A. 1978. Hubungan antara Tingkat Populasi Awal dari *Meloidogyne* spp. dan Kerugian Produksi Tomat. *Bul. Penelitian Holtikultura. Vol VI. No 1.* Bogor. P 21-29.



LAMPIRAN

1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Bakteri diremajakan



Formulasi bakteri



Formulasi dikemas



Umbi kentang di tanam



Akar diamati menggunakan mikroskop



Tanah diekstraksi dengan fenwick

2. Data Jumlah Juvenil dalam Akar

Perlakuan	UI 1	UI 2	UI 3	UI 4	Total	Rata-rata	Prosentase Penekanan (%)
KONTROL	23,00	22,00	26,00	15,00	86,00	21,50	0,00
PDT	16,00	4,00	10,00	27,00	57,00	14,25	33,72
PMT	23,00	13,00	8,00	12,00	56,00	14,00	34,88
BMT	13,00	16,00	11,00	15,00	55,00	13,75	36,05
PDTG	8,00	5,00	8,00	9,00	30,00	7,50	65,12
PMTG	15,00	10,00	7,00	5,00	37,00	9,25	56,98
BMTG	10,00	7,00	5,00	7,00	29,00	7,25	66,28
Total	108,00	77,00	75,00	90,00	350,00	87,50	

Anova Rak

SK	DB	JK	KT	F-HITUNG	F-5%	F-1%	Notasi
REPLIKASI	3	99,00	33,00	1,26	3,16	5,09	ns
PERLAKUAN	6	604,00	100,67	3,86	2,66	4,01	*
ERROR	18	470,00	26,11				
TOTAL	27	1173,00					

Uji Lanjut Duncan 5%

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KONTROL	21,50	a
PDT	14,25	ab
PMT	14,00	ab
BMT	13,75	ab
PDTG	7,50	b
PMTG	9,25	b
BMTG	7,25	b

3. Data Jumlah Sista

Perlakuan	JUMLAH SISTA PADA TANAH					
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 4	Total	Rata-rata
KONTROL	3,00	10,00	13,00	11,00	37,00	9,25
PDT	2,00	7,00	3,00	5,00	17,00	4,25
PMT	4,00	4,00	8,00	6,00	22,00	5,50
BMT	1,00	4,00	3,00	4,00	12,00	3,00
PDTG	1,00	1,00	3,00	1,00	6,00	1,50
PMTG	1,00	1,00	5,00	2,00	9,00	2,25
BMTG	1,00	1,00	3,00	2,00	7,00	1,75
Total	13,00	28,00	38,00	31,00	110,00	27,50

ANOVA RAK

SK	DB	JK	KT	F-HITUNG	F-5%	F-1%	Notasi
REPLIKASI	3	47,57	15,86	4,97	3,16	5,09	*
PERLAKUAN	6	180,86	30,14	9,45	2,66	4,01	**
ERROR	18	57,43	3,19				
TOTAL	27	285,86					

UJI LANJUT DUNCAN 5%

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
KONTROL	9,25	a
PDT	4,25	bc
PMT	5,50	b
BMT	3,00	bc
PDTG	1,50	c
PMTG	2,25	c
BMTG	1,75	c

4. Data Tinggi Tanaman

PERLAKUAN	TINGGI TANAMAN RATA-RATA PER MINGGU (Cm)							
	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST	9 MST	10 MST
KONTROL	2,50	10,25	17,75	18,50	17,75	25,25	22,00	22,00
PDT	7,75	16,75	22,80	26,50	28,30	26,00	25,75	25,50
PMT	9,00	15,25	22,75	27,00	25,25	23,50	23,50	23,00
BMT	7,60	14,60	24,35	28,50	30,00	28,50	25,50	25,50
PDTG	6,00	14,00	22,50	24,25	28,25	27,50	27,00	27,00
PMTG	6,25	13,80	21,70	27,60	28,00	25,75	25,75	25,00
BMTG	7,13	14,00	22,80	28,75	31,90	31,50	30,00	30,00

Tinggi Tanaman 10 MST (Cm)						
Perlakuan	UI 1	UI2	UI3	UI4	Total	Rata-rata
KONTROL	19,00	24,00	20,00	17,00	80,00	20,00
PDT	25,00	26,00	32,00	19,00	102,00	25,50
PMT	23,00	26,00	26,00	17,00	92,00	23,00
BMT	28,00	26,50	25,00	22,50	102,00	25,50
PDTG	29,00	25,50	27,00	26,50	108,00	27,00
PMTG	24,00	26,00	27,00	23,00	100,00	25,00
BMTG	31,00	27,00	32,00	30,00	120,00	30,00
Total	179,00	181,00	189,00	155,00	704,00	176,00

Anova

SK	DB	JK	KT	F-HITUNG	F 5%	F 1%	Notasi
REPLIKASI	3	92,00	30,67	4,60	3,16	5,09	**
PERLAKUAN	6	233,43	38,90	5,84	2,66	4,01	**
ERROR	18	120,00	6,67				
Total	27	445,43					

Uji Lanjut Duncan 5%

perlakuan	rata-rata	notasi
BMTG	30,00	a
PDTG	27,00	b
PMTG	25,00	c
BMT	25,50	bc
PMT	23,00	c
PDT	25,50	bc
KONTROL	20,00	d

5. Data Berat Umbi

Perlakuan	UI1	UI2	UI3	UI 4	Total	Rata-rata
KONTROL	0,00	45,00	55,00	50,00	150,00	37,50
PDT	105,00	70,00	55,00	60,00	290,00	72,50
PMT	70,00	70,00	65,00	70,00	275,00	68,75
BMT	75,00	75,00	65,00	80,00	295,00	73,75
PDTG	90,00	85,00	100,00	90,00	365,00	91,25
PMTG	105,00	70,00	80,00	75,00	330,00	82,50
BMTG	100,00	95,00	110,00	90,00	395,00	98,75
Total	545,00	510,00	530,00	515,00	2100,00	525,00

Anova

SK	DB	JK	KT	F-Hitung	F 5%	F 1%	Notasi
REPLIKASI	3	107,14	35,71	0,14	3,16	5,09	ns
PERLAKUAN	6	9350,00	1558,33	6,17	2,66	4,01	**
ERROR	18	4542,86	252,38				
Total	27	14000,00					

Uji Lanjut Duncan 5 %

perlakuan	rata-rata	notasi
BMTG	98,75	a
PDTG	91,25	a
PMTG	82,50	b
BMT	73,75	b
PDT	72,50	b
PMT	68,75	b
KONTROL	37,50	c

6. Data Panjang Akar

Perlakuan	Panjang akar					
	UI 1	UI 2	UI 3	UI 4	Total	Rata-rata
KONTROL	29,50	29,00	28,00	33,00	119,50	29,88
PDT	43,70	33,50	33,50	30,50	141,20	35,30
PMT	30,00	31,60	34,00	30,00	125,60	31,40
BMT	29,00	38,80	33,50	28,00	129,30	32,33
PDTG	30,00	32,50	38,70	50,00	151,20	37,80
PMTG	33,70	29,00	28,80	38,00	129,50	32,38
BMTG	35,00	34,90	32,00	35,00	136,90	34,23
Total	230,90	229,30	228,50	244,50	933,20	233,30

ANOVA RAK

SK	DB	JK	KT	F-Hitung	F-5%	F-1%	Notasi
REPLIKASI	3	24,32	8,11	0,31	3,16	5,09	ns
PERLAKUAN	6	168,99	28,16	1,06	2,66	4,01	ns
ERROR	18	476,49	26,47				
Total	27	24,32					

7. Data jumlah koloni bakteri

Perlakuan	Jumlah koloni bakteri cfu/ml					
	10 hari	20 hari	30 hari	40hari	50hari	60hari
PDT	$2,8 \times 10^{12}$	$3,0 \times 10^{13}$	$3,0 \times 10^{14}$	$2,4 \times 10^{13}$	$9,5 \times 10^{12}$	$5,4 \times 10^{12}$
PMT	$1,4 \times 10^{12}$	$2,8 \times 10^{13}$	$5,6 \times 10^{13}$	$9,3 \times 10^{12}$	$4,1 \times 10^{12}$	$4,0 \times 10^{12}$
BMT	$1,6 \times 10^{12}$	$2,7 \times 10^{13}$	$5,9 \times 10^{13}$	$2,0 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{13}$	$9,1 \times 10^{12}$
PDTG	$2,4 \times 10^{12}$	$3,0 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{14}$	$2,0 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{13}$	$1,5 \times 10^{13}$
PMTG	$2,7 \times 10^{12}$	$3,4 \times 10^{13}$	$3,6 \times 10^{14}$	$1,9 \times 10^{13}$	$1,9 \times 10^{13}$	$1,3 \times 10^{13}$
BMTG	$2,2 \times 10^{12}$	$2,3 \times 10^{13}$	$6,5 \times 10^{13}$	$2,3 \times 10^{13}$	$2,2 \times 10^{13}$	$1,6 \times 10^{13}$