



**EFEKTIVITAS DOSIS FORMULASI BAKTERI *Pseudomonas diminuta*
(Leifson dan Hugh) DAN *Bacillus mycoides* (Flugge) DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG
(*Globodera rostochiensis* (Woll.)) PADA TANAMAN
KENTANG (*Solanum tuberosum* (L.))**

SKRIPSI

Oleh
M. WILDAN BADIKARUMA
NIM. 101510501004

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**EFEKTIVITAS DOSIS FORMULASI BAKTERI *Pseudomonas diminuta*
(Leifson dan Hugh) DAN *Bacillus mycoides* (Flugge) DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG
(*Globodera rostochiensis* (Woll.)) PADA TANAMAN
KENTANG (*Solanum tuberosum* (L.))**

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
program sarjana pada Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh
M. WILDAN BADI KARUMA
NIM. 101510501004

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Skripsi ini kepada :

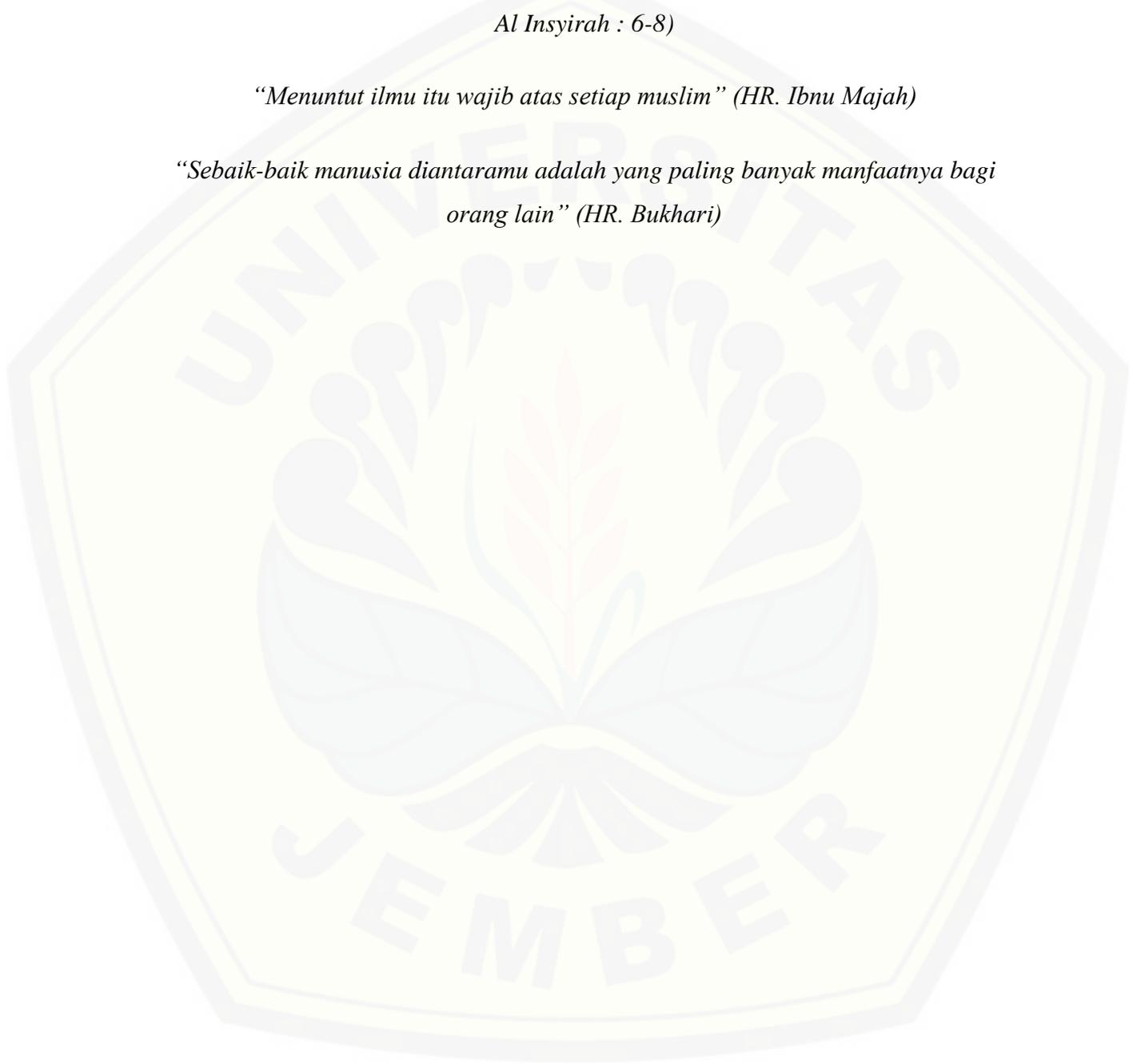
1. Keluargaku tercinta, ibuku Istiara Marheny, ayahku M. Yazid Cholili, adik-adiku Isna Ayu Natasya dan M. Farhan Tsalitsul Abror yang senantiasa memberikan doa dan dukungan yang tiada henti kepada saya.
2. Guru dan Dosen yang telah memberi bimbingan yang besar sepanjang hidup saya.
3. Almamater yang kubanggakan Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu” (Q.S Al Insyirah : 6-8)

“Menuntut ilmu itu wajib atas setiap muslim” (HR. Ibnu Majah)

“Sebaik-baik manusia diantaramu adalah yang paling banyak manfaatnya bagi orang lain” (HR. Bukhari)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Wildan Badikaruma

NIM : 101510501004

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul **Efektivitas Dosis Formulasi Bakteri *Pseudomonas diminuta* (Leifson dan Hugh) dan *Bacillus mycoides* (Flugge) dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll.)) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* (L.))**, 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 Maret 2015

Yang menyatakan,

M. Wildan Badikaruma
NIM 101510501004

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS DOSIS FORMULASI BAKTERI *Pseudomonas diminuta*
(Leifson dan Hugh) DAN *Bacillus mycoides* (Flugge) DALAM
MENGENDALIKAN NEMATODA SISTA KENTANG
(*Globodera rostochiensis* (Woll.)) PADA TANAMAN
KENTANG (*Solanum tuberosum* (L.))**

Oleh
M. WILDAN BADI KARUMA
NIM. 101510501004

Pembimbing :

Pembimbing Utama : Ir. Soekarto, MS.
NIP : 195210211982031001

Pembimbing Anggota : Hardian Susilo Addy, S.P., M.P., Ph.D.
NIP : 198011092005011001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efektivitas Dosis Formulasi Bakteri *Pseudomonas diminuta* (Leifson dan Hugh) dan *Bacillus mycoides* (Flugge) dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll.)) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* (L.))” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Kamis

Tanggal : 19 Maret 2015

Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Penguji,

Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., DIC
NIP 196606301990031002

DPU,

DPA,

Ir. Soekarto, MS.
NIP 195210211982031001

Hardian Susilo Addy, S.P., M.P., Ph.D.
NIP 198011092005011001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Jani Januar, MT.
NIP 195901021988031002

RINGKASAN

Efektivitas Dosis Formulasi Bakteri *Pseudomonas diminuta* (Leifson dan Hugh) dan *Bacillus mycooides* (Flugge) dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll.)) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* (L.)) : M. Wildan Badikaruma. 101510501004; 2014; 42 halaman; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Rendahnya produksi kentang salah satunya disebabkan oleh serangan nematoda, salah satunya adalah Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*). Nematoda *G. rostochiensis* merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang yang berpotensi menurunkan hasil panen sampai 80% dan penelitian tentang NSK di Indonesia masih sedikit. Penggunaan agen hayati untuk pengendalian nematoda perlu dilakukan karena ramah lingkungan dan dapat mengurangi dampak penggunaan pestisida kimia. Agen hayati yang digunakan dapat berupa bakteri perakaran pada tanaman kentang yang tumbuh baik pada lahan yang terdapat nematoda sista kentang. Bakteri yang diperoleh pada penelitian sebelumnya yaitu *Pseudomonas diminuta*, *Bacillus mycooides*, dan *P. malei* dimana bakteri tersebut termasuk Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Ketiga bakteri tersebut di formulasi dengan berbagai bahan pembawa dan didapatkan hasil terbaik yaitu pada bahan pembawa tepung gambut. Kemudian dilakukan pengujian efektivitasnya terhadap pengendalian Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*) di rumah kaca dengan dosis sama yaitu 10 g setiap perlakuan dan didapatkan hasil yang paling baik pada perlakuan BMPDTG (*B. mycooides* dan *P. Diminuta* dalam pembawa tepung gambut).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan dosis formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycooides* yang efektif mengendalikan populasi nematoda sista kentang *G. rostochiensis* dan mengetahui pengaruh aplikasi formulasi bakteri terhadap pertumbuhan tanaman kentang di lahan. Penelitian ini dilaksanakan di desa Sumber Brantas, dusun Jurangkuali, kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur dan Laboratorium Nematologi Jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Jember dengan waktu penelitian yaitu pada Juli 2014 – Oktober 2014.

Penelitian ini menggunakan rancangan petak terbagi (*Split Plot design*) dengan dosis sebagai *sub plot*, yaitu 0 gram (kontrol); 20 g; 30 g; dan 40 g. Kemudian untuk *main plot* merupakan macam bakteri yaitu *P. diminuta*; *B. mycooides*; dan campuran keduanya dengan perbandingan sama. Parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, panjang akar, berat umbi kentang, jumlah NSK dalam 1 gram akar, dan jumlah sista dalam 100 gram tanah. Formulasi bakteri diberikan bersamaan saat penanaman kentang pada lubang tanam.

Hasil yang diperoleh setelah penelitian menunjukkan bahwa aplikasi formulasi bakteri dengan perbedaan bakteri tidak berbeda nyata terhadap seluruh parameter, kemudian untuk dosis formulasi bakteri yang diberikan menghasilkan perbedaan sangat nyata pada parameter berat umbi kentang, total jumlah NSK dalam 1 gram akar dan jumlah sista dalam 100 gram tanah. *P. diminuta* dan *B. mycooides* yang berada dalam formulasi tersebut mampu menekan populasi NSK dikarenakan bakteri menghasilkan enzim kitinase yang diketahui mampu mendegradasi lapisan tengah telur dari nematoda. Populasi NSK mampu dikendalikan diketahui dengan jumlah NSK pada akar tanaman dengan perlakuan formulasi bakteri lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan (kontrol). Kemudian jumlah sista dari *G. rostochiensis* jumlahnya berkurang dari jumlah sista awal sebelum tanam. Apabila NSK dapat dikendalikan maka tanaman dapat membentuk umbi dengan optimal. Pada tanaman dengan perlakuan formulasi bakteri memiliki berat umbi yang lebih berat dibandingkan umbi kentang pada tanaman kontrol. Selain itu ukuran umbi dari tanaman dengan perlakuan formulasi bakteri lebih besar dibandingkan dengan tanaman kontrol. Bakteri PGPR dalam formulasi tersebut lebih berperan sebagai bioprotektan terhadap NSK sehingga tidak mempengaruhi tinggi tanaman dan panjang akar. Setelah dilakukan analisis diperoleh bahwa dosis formulasi yang paling optimum dalam meningkatkan berat umbi, menekan populasi NSK *G. rostochiensis* yaitu rata-rata pada dosis 30 gram.

SUMMARY

The Effectiveness of Formulation Dose Containing Active Ingredients *Pseudomonas diminuta* (Leifson and Hugh) and *Bacillus mycooides* (Flugge) in Controlling Potato Cyst Nematode (*Globodera rostochiensis* (Woll.) in Potato (*Solanum tuberosum* (L.) Plants: M. Wildan Badikaruma. 101510501004; 2014; 42 pages; Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

One of the causes of the low production of potato is nematode attacks, one of which is by potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*). *G. rostochiensis* nematode is a major parasitic nematode in potato plants which potentially reduces yields up to 80%, and the number of research about Golden Cyst Nematode in Indonesia is still small. It is necessary to use biological agents to control nematodes since they are environmentally friendly and can reduce the impact of the use of chemical pesticides. Biological agents used may be rooting bacteria in potato plants that grow well on land containing potato cyst nematodes. The bacteria obtained in previous studies were *Pseudomonas diminuta*, *Bacillus mycooides*, and *P. malei* where the bacteria belong to Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). All the three bacteria were in formulation with various carrier ingredients, and the best yields were gained by peat flour carrier. Then, its effectiveness was tested in the control of potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) in a greenhouse with the same dosage of 10 g for each treatment, and the best yields were obtained in the treatment BMPDTG (*B. mycooides* and *P. diminuta* in peat flour carrier).

This research was intended to obtain an effective dose of formulations *P. diminuta* and *B. mycooides* in controlling population of potato cyst nematode *G. rostochiensis* and to determine the effect of the application of the formulations on the growth of potato crops on land. The research was conducted in Sumber Brantas village, Jurangkuali hamlet, District of Bumiaji, Batu City, East Java and

Nematology Laboratory of Plant Disease Pest and Disease Department, Faculty of Agriculture, University of Jember from July 2014 to October 2014.

The research used split plot design with doses as a sub-plots, that is, 0 gram (control); 20 g; 30 g; and 40 g. Then the main plot was types of bacteria such as *P. diminuta*; *B. mycooides*; and a mixture of both with the same ratio. The parameters observed were plant height, root length, weight of potato tubers, the number of Golden Cyst Nematode in 1 gram of root, and number of cysts in 100 grams of soil. Bionematicide was given together when planting potatoes in the planting holes.

The results showed that the application of formulations with different bacteria was not significantly different on all parameters, then the given dose of formulations had a significant difference in parameters of potato tuber weight, total number of Golden Cyst Nematode in 1 gram of root and number of cysts in 100 grams of soil. *P. diminuta* and *B. mycooides* which were in formulations were able to suppress Golden Cyst Nematode population because bacteria produced chitinase enzyme which is known for its capability of degrading middle layer of nematode eggs. It was found that Golden Cyst Nematode population could be controlled by the number of Golden Cyst Nematode by fewer bionematicide treatments than those without treatment (control). Then the number of cysts of *G. rostochiensis* was lower than that of the initial cyst before planting. If Golden Cyst Nematode could be controlled, the plants would form tubers optimally. In plants with treatment of formulations which had heavier tuber weight than that of potato tuber in control plants. In addition, the size of the plant tubers with formulations treatment was greater compared with that of the control plants. PGPR bacteria in formulations had better role as bioprotectant to Golden Cyst Nematode, so it did not affect plant height and root length. After analysis, it was shown that the most optimum dose of formulations in increasing tuber weight, pressing population of *G. rostochiensis* of Golden Cyst Nematode was 30 grams in average.

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT., akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Efektivitas Dosis Formulasi Bakteri *Pseudomonas diminuta* (Leifson dan Hugh) dan *Bacillus mycoides* (Flugge) dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll.)) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)”. 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., DIC 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, Hardian Susilo Addy, S.P., M.P., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota, Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., DIC selaku Dosen Penguji, dan Ir. Syaifuddin Hasjim, M.P. selaku Dosen Pembimbing Akademik 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. Kedua orang tua, ibuku Istiara Marheny dan ayahku M. Yazid Cholili, Kedua Adiku Isna Ayu Natasya dan M. Farhan Tsalitsul Abror serta seluruh keluarga tercinta yang selalu memberi semangat, doa, dan dukungan baik moral maupun materi;
7. Teman-teman seperjuangan skripsi Resti, Annas, Aisy, Arif, Laura, Sri Wahyuni Pt dan Mbak evi, 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 (Afif, Frendi, Iwan, Indra, Anggik, Rosikin) yang selalu memberikan semangat dan dukungan;

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu diharapkan adanya kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini. Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Jember, Maret 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
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

2.3 Gejala Serangan	7
2.4 Bakteri Perakaran	8
2.5 <i>Pseudomonas diminuta</i>	10
2.6 <i>Bacillus mycoides</i>	10
2.7 Penggunaan Bakteri dalam Mengendalikan Nematoda.....	11
2.8 Hipotesis.....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Tahapan Penelitian	13
3.2.1 Persiapan Lahan dan Penanaman Kentang	13
3.2.2 Pemeliharaan.....	14
3.2.3 Parameter Pengamatan.....	15
3.2.4 Pengukuran Tinggi Tanaman.....	15
3.2.5 Pengukuran Panjang Akar dan Penimbangan Berat Umbi ...	15
3.2.6 Pengamatan Jumlah Nematoda Sista Kentang dalam Akar..	15
3.2.7 Pengamatan Jumlah Sista dalam tanah	16
3.2.8 Analisis Data.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	17
4.1 Hasil Penelitian.....	17
4.1.1 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Jumlah NSK dalam 1 gram Akar	18
4.1.2 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Jumlah Sista dalam 100 gram Tanah	19
4.1.3 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Berat Umbi Kentang	20

4.1.4 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Panjang Akar	21
4.1.5 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Tinggi Tanaman	21
4.2 Pembahasan	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Morfologi Tanaman Kentang.....	4
2.2 Siklus Hidup NSK.....	5
2.3 Nematoda <i>G. rostociensis</i>	6
3.1 Denah Plot Penelitian.....	13
3.2 Fenwick (Alat untuk ekstraksi tanah dan pengumpulan sista)	16
4.1 Grafik Jumlah NSK <i>G. rostochiensis</i> dalam 1 gram Akar.....	18
4.2 Grafik Jumlah Sista <i>G. rostochiensis</i> dalam 100 gram Tanah.....	19
4.3 Sista yang ditemukan	19
4.4 Grafik Berat Umbi Kentang yang dihasilkan.....	20
4.5 Kentang yang Dihasilkan	20
4.6 Grafik Panjang Akar Tanaman Kentang.....	21
4.7 Grafik Tinggi Tanaman Kentang	22

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	33
2. Data Berat Umbi Kentang.....	35
3. Data Panjang Akar.....	37
4. Data Tinggi Tanaman.....	38
5. Data Jumlah Sista pada Tanah.....	39
6. Data Jumlah NSK dalam Akar.....	41

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia yang saat ini menjadi bahan pangan alternatif, sebagai sumber karbohidrat untuk menunjang program diversifikasi pangan. Selain sebagai alternatif bahan pangan dalam menunjang diversifikasi pangan, kentang juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri, dan dapat menjadi komoditas ekspor (Direktorat Jendral Hortikultura, 2006).

Rendahnya produksi kentang salah satunya disebabkan oleh serangan nematoda, salah satunya adalah Nematoda Sista Kentang/NSK (*Globodera rostochiensis*) (Rokhman, 2013). Kerugian yang disebabkan oleh NSK pada pertanaman kentang pada tingkat serangan rendah (20 telur/g tanah) secara nasional penurunan hasil sebesar 133.062 ton. Saat populasi NSK di suatu daerah sangat tinggi penurunan hasil dapat mencapai 80% atau sebesar 848.644 ton (Achrom *et al.*, 2011).

Berbagai usaha pengendalian telah dilakukan dalam upaya untuk menekan populasi nematoda di lapang, salah satunya dengan menggunakan nematisida dimana penggunaan nematisida bergantung pada dosis dan cara aplikasinya (Marwoto, 1994). Salah satu nematisida yang efektif dalam mengendalikan NSK adalah fumigasi lahan dengan metil bromida yang 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). Metil bromida sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan dapat menyebabkan kematian. Metil bromida mempunyai kapasitas penetrasi cukup besar, cepat menembus kulit, dan saluran pernafasan (Depkes RI, 1990). Oleh karena itu dibutuhkan pengembangan metode pengendalian alternatif dengan non-kimia untuk mengendalikan NSK, salah satunya adalah dengan pengendalian biologi (*biocontrol*).

Salah satu penelitian pengendalian NSK dengan menggunakan agen hayati adalah penelitian Asyiah *et al.* (2009) yang menemukan bahwa bakteri dari

golongan *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang diisolasi dari tanah perkebunan kentang mampu menurunkan jumlah sista sampai 49% secara *in vitro* di rumah kaca. Hasil uji dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) menunjukkan bahwa kedua rizobakter tersebut menghasilkan sitokinin dan giberellin yang cukup tinggi, yang berarti kedua bakteri tersebut termasuk *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Potensi bakteri tersebut perlu adanya pembuatan formulasi yang tepat karena keberhasilan pengendalian biologi sangat tergantung pada formulasi yang sesuai yang dapat mempertahankan keberadaan mikroorganisme tersebut dalam waktu yang lama. Hal ini terkait dengan ketepatan bahan pembawa dalam formulasi, dosis, metode aplikasi, dan jenis kemasan yang digunakan.

Penelitian yang dilakukan Asyiah (2013) isolat bakteri *Pseudomonas diminuta*, *Bacillus mycoides* dan *P. Mallei* diformulasi dalam bahan pembawa yang berbeda dan diperoleh hasil kerapatan bakteri tertinggi pada pembawa tepung gambut. Kemudian dilakukan pengujian terhadap Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*) di rumah kaca pada dosis sama yaitu 10 g setiap perlakuan dengan dua macam aplikasi yaitu aplikasi pada tanah dan aplikasi pada benih yang akan ditanam dan didapatkan hasil yang paling baik pada perlakuan BMPDTG (*B. mycoides* dan *P. diminuta* dalam pembawa tepung gambut) dengan aplikasi pada tanah. Namun demikian formulasi tersebut masih diuji dalam skala rumah kaca dengan dosis yang sama. Sehingga pada penelitian ini dilakukan di lahan pertanaman kentang dengan dosis yang berbeda untuk mengetahui efektivitas formulasi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

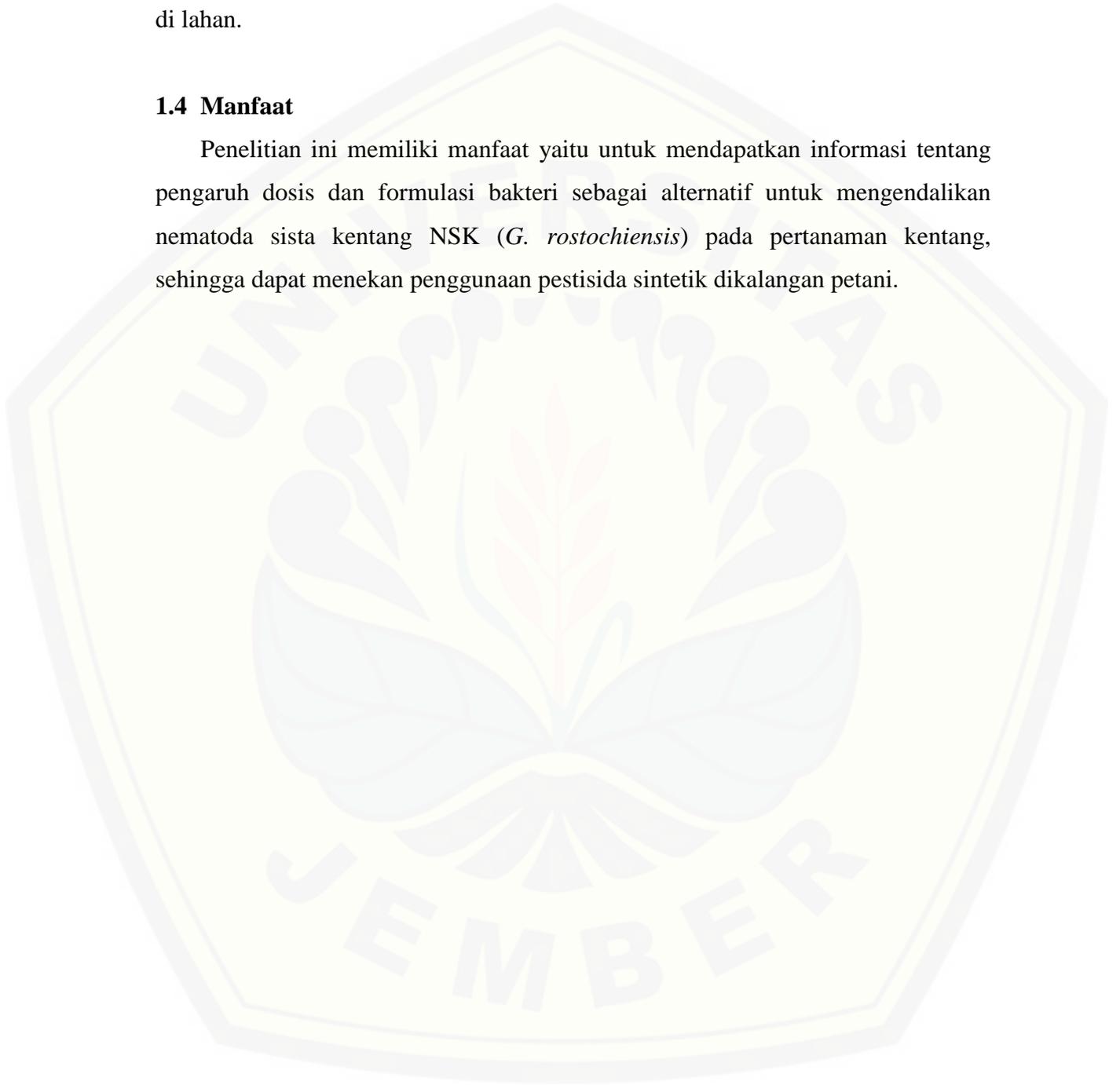
Apakah aplikasi dosis dan formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* pada pertanaman kentang efektif dalam mengendalikan populasi NSK serta meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang di lahan ?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis dan formulasi bakteri tersebut terhadap pertumbuhan tanaman kentang agar tumbuh dengan baik di lahan.

1.4 Manfaat

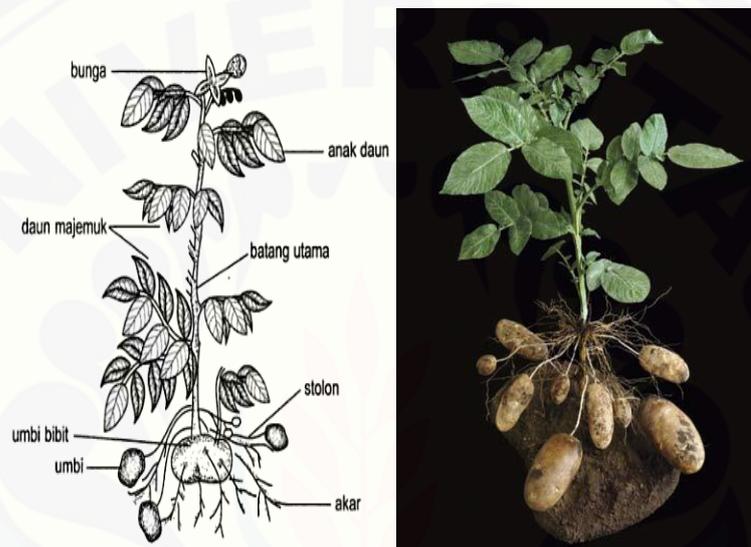
Penelitian ini memiliki manfaat yaitu untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh dosis dan formulasi bakteri sebagai alternatif untuk mengendalikan nematoda sista kentang NSK (*G. rostochiensis*) pada pertanaman kentang, sehingga dapat menekan penggunaan pestisida sintetik dikalangan petani.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kentang

Kentang (*Solanum tuberosum* (L.)) merupakan tanaman sayuran semusim karena hanya satu kali berproduksi dan setelah itu mati, berumur pendek berbentuk perdu atau semak dan umbi kentang terbentuk dari cabang samping diantara akar-akar (Samadi, 1997).

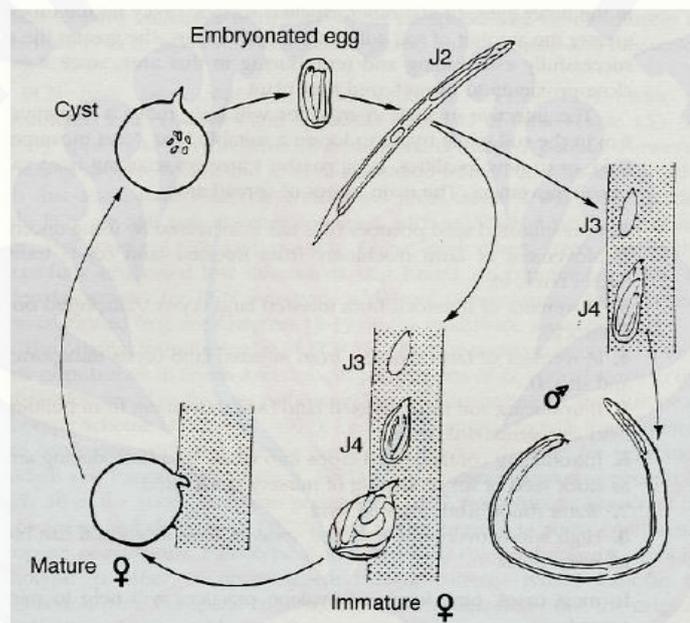


Gambar 2.1 Morfologi Tanaman Kentang (Samadi, 1997)

Tanaman kentang tergolong tanaman yang memiliki syarat tertentu untuk dapat tumbuh secara optimal. Tanaman kentang dapat tumbuh subur di ketinggian berkisar antara 1.000 - 3.000 meter di atas permukaan laut (mdpl) dengan suhu udara berkisar 15 - 18° C di malam hari dan pada siang hari berkisar 24 - 30° C. Pada suhu udara tersebut dapat mempengaruhi pembentukan umbi kentang. Curah hujan berkisar 1.500 mm/tahun. Kemudian tanaman kentang cocok ditanam dengan keadaan tanah yang gembur atau sedikit mengandung pasir agar mudah diresapi air dan mengandung humus yang tinggi. Tanah dengan pH 5,5-6,5 (agak asam) lebih disukai karena dengan keasaman tanah kurang dari 5,4 membantu mengendalikan kudis kentang umum (*Streptomyces scabies*) (Aak, 1992).

2.2 Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*)

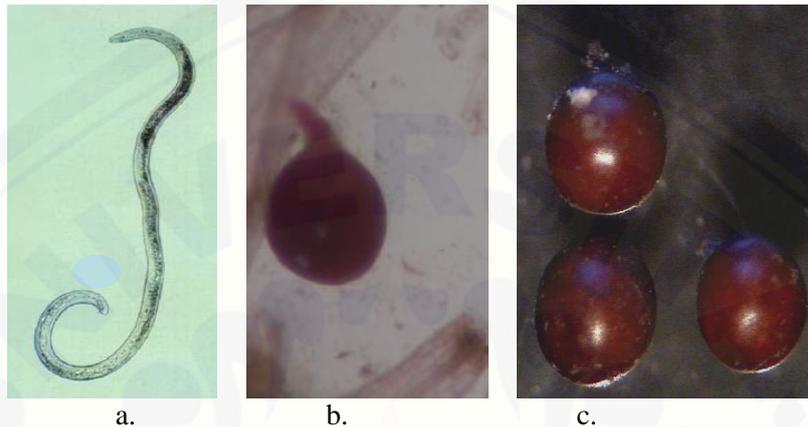
Nematoda *G. rostochiensis* termasuk dalam famili Heteroderidae yang merupakan nematoda parasit utama pada tanaman kentang yang baru diketahui menyerang tanaman kentang di Indonesia pada awal tahun 2003 dan menurunkan hasil panen mencapai 80%, oleh karena itu NSK perlu segera dikendalikan (Asyiah, 2003). Nematoda *G. rostochiensis* berkembang melalui tahapan stadium telur, juvenil 2, juvenil 3, juvenil 4, dan dewasa (Gambar 2.2) yang berlangsung selama 5-7 minggu tergantung kondisi lingkungan serta adanya eksudat akar tanaman inang.



Gambar 2.2 Siklus hidup Nematoda Sista Kentang (Evans dan Stone, 1977)

Menurut Asyiah (2003) bahwa NSK betina berbentuk bulat (*globose*) dan bersifat menetap (*sedentary*), sedangkan jantan berbentuk seperti cacing (*vermiform*) (Gambar 2.3 a dan b). Telur NSK berada di dalam sista dengan produksi telur 200-500 butir dan sista dapat bertahan lebih dari 10 tahun. Juvenil 1 berada di dalam telur, Juvenil 2 (J2) menetas dari telur. Juvenil 2 berbentuk seperti cacing (*vermiform*) dengan kepala yang bulat dan stilet berkembang dengan baik serta knob stilet bulat (*rounded*), kemudian J3 dan J4 ditemukan pada hari ke 20 sampai 32 setelah tanaman bertunas dan J4 betina berbentuk botol dan

panjangnya sekitar 400 μm . Betina muda yang sudah matang tubuhnya membengkak (*swollen*). Sista dibentuk dari kutikula betina yang mati. Sista berwarna kuning sampai coklat muda, berkilat, berbentuk bulat (Gambar 2.3 c). Sista ditemukan mulai hari ke-56 setelah tanaman bertunas (Asyiah, 2003).



Gambar 2.3 Nematoda *G.rostochiensis* (a. nematoda *G.rostochiensis* jantan ; b. Nematoda *G.rostochiensis* betina ; c. Sista NSK) (a. Hadisoeganda, 2003 ; b. dan c. Imamah, 2014)

Durasi siklus hidup NSK sangat dipengaruhi oleh temperatur tanah. Daya bertahan tetap hidup (survival), pembiakan, dan dinamika populasi NSK sangat dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, durasi penyinaran matahari, dan faktor-faktor edafik (faktor – faktor yang terkait dengan tanah). Rangsangan eksudat akar menyebabkan 60 – 80 % telur menetas. Telur tersebut baru akan menetas menjadi juvenil stadium kedua yang infeksiif apabila terangsang oleh eksudat akar inang, khususnya eksudat akar kentang (PRD / *potato root diffusate*) dan suhu tanah yang hangat (di atas 10° C). Apabila nutrisi cukup, banyak juvenil berkembang menjadi nematoda betina, tetapi apabila suplai nutrisi berkurang atau kondisi kurang menguntungkan, sering terjadi proses perubahan seks (*sex reversal*), juvenil yang akan jadi nematoda betina berubah menjadi nematoda jantan (Hadisoeganda, 2006). Apabila kondisi lingkungan tidak mendukung dan tidak ada rangsangan untuk menetas, telur berada dalam kondisi dorman di dalam sista. Pada stadia dorman, nematoda lebih resisten terhadap nematisida. Telur *Globodera* spp. akan tetap mampu hidup dalam kondisi awet (dorman) di dalam

sista (tubuh induk yang sudah mati) sampai lebih dari 30 tahun meskipun dalam kondisi lingkungan yang sub optimal (Spears *et al.*, 1968).

2.3 Gejala Serangan

Menurut Hadisoeganda (2006) bahwa gejala serangan nematoda sista kentang (NSK) dapat dibedakan menjadi dua yaitu gejala tingkat lapangan dan gejala tingkat individu tanaman. Pada gejala tingkat lapangan yang terlihat yaitu pertumbuhan tanaman terhambat meski syarat pertumbuhan sudah terpenuhi; gejala klorosis dan tanaman layu; terlihat gejala botak pada areal yang luas di mana ada sekelompok tanaman di sana-sini yang kerimbunan daunnya lebih tipis karena pertumbuhan tanamannya terhambat, kanopinya menguning. Pada gejala tingkat individu tanaman terlihat percabangan akar tidak normal; terlihat sista menempel pada akar; umbi yang sempat terbentuk berukuran lebih kecil dan jumlahnya sedikit.

Gejala yang ditimbulkan oleh nematoda *G. rostochiensis* antara lain menghambat pertumbuhan tanaman, tanaman menjadi layu, menghambat perkembangan sistem akar, apabila serangan berat menyebabkan tanaman mati, umbi yang terbentuk lebih sedikit, dan mengurangi ukuran umbi (Sunarto *et al.*, 2005). Populasi *G. rostochiensis* yang tinggi dapat menyebabkan kematian, akan tetapi biasanya tanaman masih dapat hidup hanya saja terjadi penurunan kuantitas berupa ukuran umbi kentang mengalami pengurangan, umbi kentang yang dihasilkan lebih ringan (rendah) dibandingkan benih yang ditanam (Hadisoeganda, 2006).

Pada pengendalian nematoda terpadu (PNT) pemantauan populasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan adalah populasi awal nematoda dalam tanah pada masa pratanam. Data ambang pengendalian adalah jumlah populasi awal nematoda dalam tanah per bobot tertentu (100 g atau 1 kg) pada pratanam. Perlu segera dilakukan penelitian untuk mendapatkan data ambang kendali NSK pada tanaman kentang, tetapi berhubung data tersebut belum tersedia, maka untuk sementara dapat diadopsi data dari Jepang yaitu 31 sista hidup per 100 g tanah (Hadisoeganda, 2006).

2.4 Bakteri Perakaran

Bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman dan bermanfaat bagi perkembangan tanaman didefinisikan sebagai bakteri *rhizosfer* pemacu pertumbuhan tanaman. 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. Rizobakteria telah banyak diaplikasikan pada banyak tanaman karena dapat meningkatkan pertumbuhan, daya tumbuh benih di lapang, dan meningkatkan produksi tanaman. Beberapa diantara dari rizobakteria telah diperdagangkan. Manipulasi populasi mikroba *rhizosfer* melalui inokulasi bakteri bermanfaat untuk pertumbuhan tanaman pada skala laboratorium dan rumah kaca menunjukkan hasil yang signifikan, akan tetapi pada skala lapang responnya beragam. Salah satu faktor yang mempengaruhi yaitu kelangsungan hidup bakteri rhizosfer dan kemampuannya dalam berkompetisi dengan mikroorganisme lain di lapang diduga berpengaruh terhadap keberhasilan aplikasi agen hayati ini (Rahni, 2012).

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau Rhizobacteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman (RPPT) ialah kelompok mikroorganisme tanah yang menguntungkan. PGPR merupakan golongan bakteri yang hidup dan berkembang dengan baik pada tanah yang kaya akan bahan organik. Bakteri PGPR diketahui aktif mengkolonisasi di daerah akar tanaman dan memiliki 3 peran utama bagi tanaman yaitu: 1) sebagai biofertilizer, PGPR mampu mempercepat proses pertumbuhan tanaman melalui percepatan penyerapan unsur hara, 2) sebagai biostimulan, PGPR dapat memacu pertumbuhan tanaman melalui produksi fitohormon dan 3) sebagai bioprotektan, PGPR melindungi tanaman dari patogen (Rai, 2006).

Rhizobakteria 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 glukukanase (Van Loon *et al.*, 2007).

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.

Bakteri Gram negatif khususnya strain *Pseudomonas* telah banyak diteliti sebagai agen biokontrol karena kemampuannya memproduksi metabolit antimikroba. *Pseudomonas* sp. yang berada di daerah rhizosfer tanaman, dikenal juga sebagai PGPR yang merupakan biokontrol penting. Hal ini dikarenakan bakteri tersebut mampu menghasilkan antibiotik seperti *Pirolnitrin*, *Oomycin-A* dan hormon pemicu pertumbuhan seperti asam asetat indol, asam giberlic, serta siderofor yang mampu menghambat pertumbuhan patogen. *Pseudomonas* sp. Memiliki karakteristik (i) menghasilkan spektrum yang luas dari metabolit bioaktif (antibiotik, siderophores, volatil dan zat pertumbuhan mempromosikan) (ii) mampu bersaing secara agresif dengan mikroorganisme lain dan menyesuaikan dengan tekanan lingkungan juga (iii) berperan dalam menekan patogen tular tanah (Weller *et al.*, 2002).

PGPR terdiri dari kelompok bakteri yang memiliki fungsi dan taksonomi yang berbeda seperti *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *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).

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).

2.5 *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 μm 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). *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 dan Hugh, 1954). 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.

2.6 *Bacillus mycoides*

B. mycoides merupakan bakteri epifit Gram positif yang mampu mengurangi serangan *Cercospora* bercak daun (*C. 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. mycoides* menunjukkan peningkatan aktivitas

kitinase, β -1,3-glukanase, dan peroksidase, semua *pathogenesis-related* (PR) *protein* (Bargabus, 2002).

Penelitian tentang Mikroba Pelarut Fosfat telah mendapatkan isolat bakteri pelarut fosfat diantaranya yaitu bakteri *Bacillus mycooides* yang telah diketahui dapat melarutkan P, menghasilkan asam organik, serta menghasilkan ZPT (Fitriatin, 2009). Penelitian tersebut juga didukung oleh Setiawati (2014) *B. mycooides* merupakan bakteri pelarut fosfat (BPF) yang mempunyai kemampuan meningkatkan produksi enzim fostafase dan P tersedia dalam tanah.

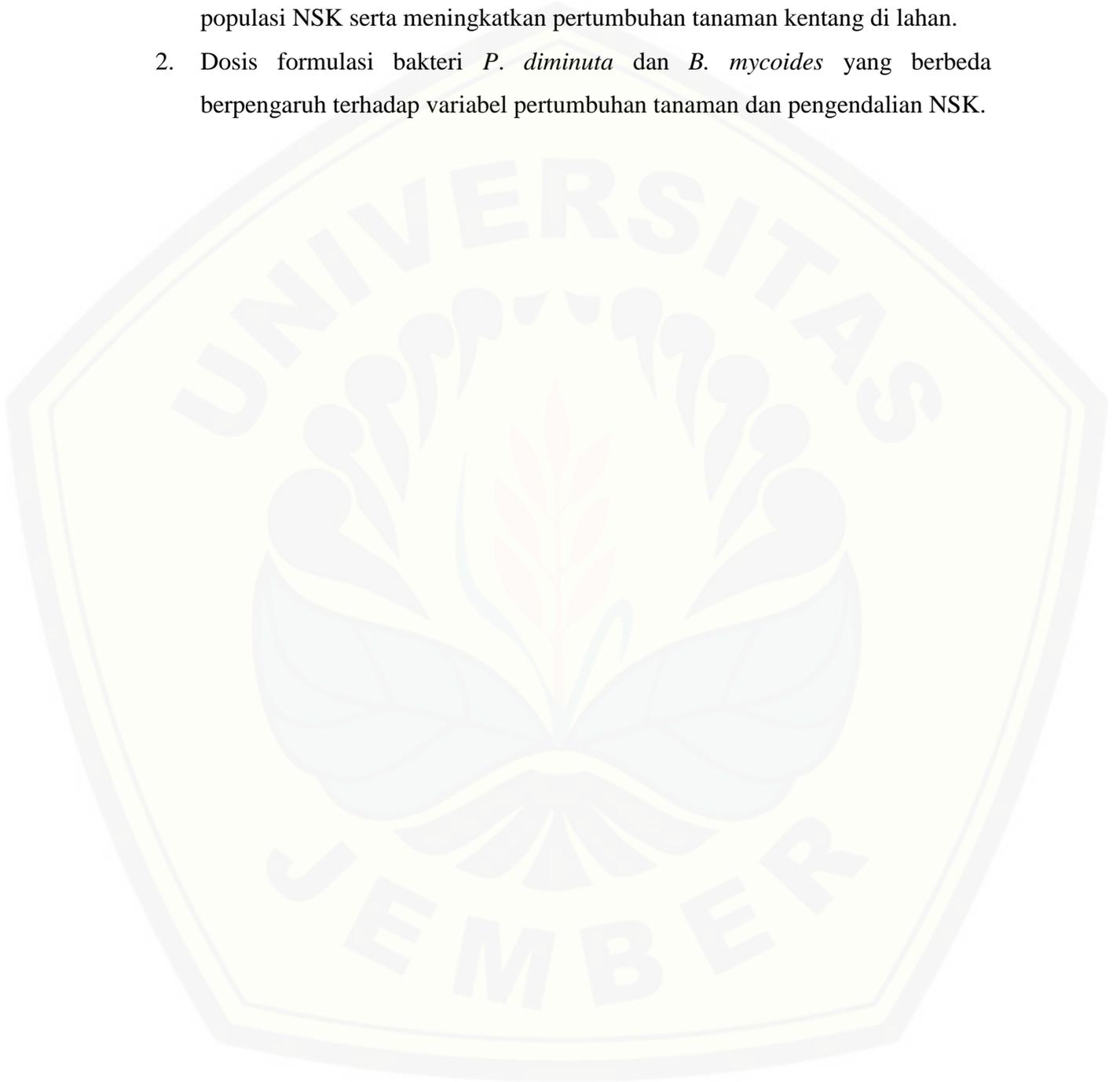
2.7 Penggunaan Bakteri dalam Mengendalikan Nematoda

Penelitian yang dilakukan oleh Devrajan *et al.* (2011) membuktikan bahwa sampel tanah di daerah rizosfer kentang terdapat 328 jamur, 178 bakteri dan 15 *Actinomycetes*, kemudian 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.

Enzim kitinase diketahui mampu menghambat penetasan telur nematoda *G. rostochiensis* sebesar 70% (Cronin *et al.*, 1997). Enzim kitinase merupakan enzim yang dihasilkan bakteri untuk mengendalikan nematoda karena enzim ini dapat mendegradasi lapisan tengah telur nematoda seperti *Meloidogyne javanica*, *Rotylenchulus reniformis*, *Tylenchus semipenetrans*, dan *Pratylenchus minyus* (Tian *et al.*, 2000) dan lapisan luar telur *Heterodera schachtii* dan *H. glycines*. Mikroorganisme pendegradasi kitin umumnya berasal dari kelompok bakteri. Menurut Pratiwi *et al.* (2014) kelompok mikroorganisme yang memiliki aktivitas kitinolitik adalah *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Serratia* sp., dan *Vibrio* sp. Mikroorganisme kitinolitik mampu menghasilkan enzim kitinase dan memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber karbon dan nitrogennya.

2.8 Hipotesis

1. Aplikasi dosis formulasi bakteri dan jenis formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycooides* tidak menunjukkan hasil yang berbeda dalam mengendalikan populasi NSK serta meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang di lahan.
2. Dosis formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycooides* yang berbeda berpengaruh terhadap variabel pertumbuhan tanaman dan pengendalian NSK.



BAB 3. METODE PENELITIAN

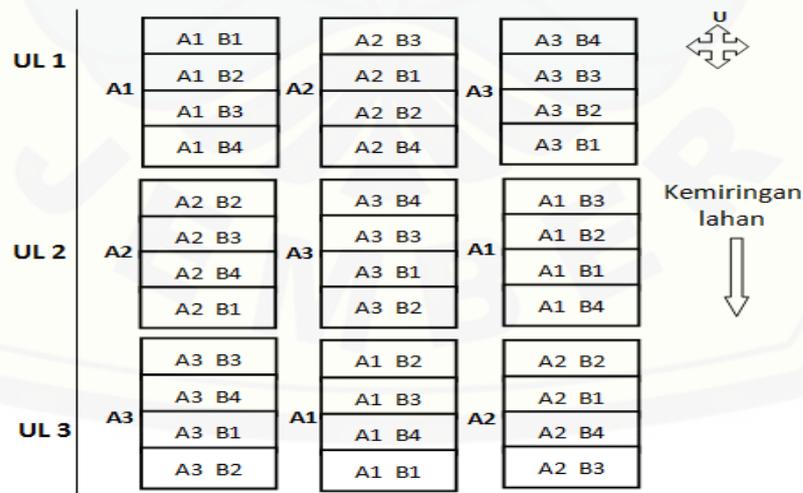
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Sumber Brantas, Dusun Jurangkuali, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, Jawa Timur dan Laboratorium Nematologi Jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Jember dengan waktu penelitian dimulai pada Juli 2014 – Oktober 2014.

3.2 Tahapan Penelitian

3.2.1 Persiapan Lahan dan Penanaman Kentang

Lahan yang akan digunakan pada penelitian kali ini yaitu lahan yang memiliki populasi sista NSK (*G. rostochiensis*) sebanyak 100 sista tiap 100 gram tanah lahan tersebut. Populasi awal tersebut didapatkan dari penghitungan sista sebelum tanam. Adapun rancangan yang digunakan yaitu rancangan petak terbagi (*Split Plot design*) dimana terdapat 2 faktor. Faktor yang pertama sebagai petak utama merupakan macam bakteri yang digunakan yaitu : *P. diminuta*, *B. mycoides*, dan campuran keduanya dengan perbandingan sama. Faktor yang kedua sebagai anak petak yaitu dosis formulasi bakteri yang diaplikasikan yaitu : 0 g (kontrol), 20 g, 30 g, 40 g. Percobaan ini diulang sebanyak tiga kali. Berikut ini merupakan denah plot percobaan :



Gambar 3.1 Denah Plot Penelitian

Keterangan :

A = perlakuan macam bakteri

A1 = perlakuan dengan *P. diminuta*

A2 = perlakuan dengan *B. mycooides*

A3 = perlakuan dengan campuran *P. diminuta* dan *B. mycooides*

B = perlakuan dosis

B1 = dosis 0 g (kontrol)

B2 = dosis 20 g

B3 = dosis 30 g

B4 = dosis 40 g

Lahan yang akan digunakan diolah menggunakan cangkul agar tanah menjadi gembur kemudian dibuat bedengan sesuai denah. Luas lahan yang digunakan untuk penelitian ini yaitu 60 m². Bedengan dibuat dengan ukuran panjang 125 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 30 cm. Disekitar lahan dibuat parit kecil dengan kedalaman 25 cm. Benih kentang ditanam pada pagi hari dengan ukuran lubang tanam 8-10 cm dengan jarak tanam 25 cm. Benih kentang yang digunakan varietas granola generasi 0 (G0). Kemudian pada lubang tanam ditambahkan kompos secara merata, lalu benih kentang dimasukkan ke dalam lubang tanam bersamaan dengan formulasi bakteri bakteri *P. diminuta* dan *B. mycooides* dengan bahan pembawa tepung gambut dan konsentrasi 10⁸ cfu/ml koleksi dari Dr. Iis Nur Asyiah, S.P., M.P. Lubang tanam kemudian ditutup dengan tanah. Tanaman yang dijadikan kontrol hanya ditanam pada lubang tanam tanpa pemberian bionematisida.

3.2.2 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kentang dilakukan dengan penyiangan minimal dua kali selama masa penanaman. Penyiangan dilakukan pada fase kritis yaitu vegetatif awal dan pembentukan umbi. Pengairan dilakukan secara rutin tetapi tidak berlebihan. Pemberian air selang waktu 7 hari sekali secara rutin atau bila kondisi hujan tidak dilakukan penyiraman. Pengairan dilakukan dengan cara disiram air yang ditempatkan pada gembor sampai areal lembab.

3.2.3 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini adalah tinggi tanaman, panjang akar, berat umbi, jumlah NSK dalam akar, dan jumlah sista dalam tanah yang secara rinci dijelaskan di bawah ini.

3.2.4 Pengukuran Tinggi Tanaman

Pertumbuhan tanaman kentang dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman yang dilakukan setiap satu minggu sekali. Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari pangkal batang sampai ujung tunas yang baru tumbuh dengan menggunakan mistar/penggaris dengan skala 50 cm.

3.2.5 Pengukuran Panjang Akar dan Penimbangan Berat Umbi

Sebanyak 36 tanaman kentang beserta kontrol pada hari ke 70 setelah tanam dibongkar dari lahan dengan bantuan cangkul. Kemudian Akar dan umbi dipisahkan terlebih dahulu kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label sesuai perlakuan. Sebelum pengukuran akar dicuci bersih dengan air. Kemudian akar yang telah bersih diletakkan pada kertas hitam bergaris kotak putih dengan skala 5 cm, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam proses pengukuran panjang akar. Penimbangan berat umbi dilakukan dengan membersihkan umbi dari sisa-sisa tanah dan kemudian ditimbang dengan timbangan analitik. Setelah dilakukan pengukuran panjang akar dan penimbangan umbi hasil yang diperoleh dicatat.

3.2.6 Pengamatan Jumlah Nematoda Sista Kentang dalam Akar

Pengamatan dilakukan dengan mengambil akar tanaman kentang kemudian dicuci bersih dari tanah dan kotoran lain dengan air. Akar ditimbang sebanyak 1 gram dengan timbangan digital dan dibungkus dengan kain kasa dan diikat menggunakan tali rafia. Kemudian direndam dalam larutan lactofenol asam *fuchsin* yang mendidih diatas bunsen selama 2-3 menit. Akar yang telah terwarnai direndam dalam air bersih selama lima menit. Hal ini ditujukan untuk meluruhkan zat pewarna pada akar tetapi tetap menempel pada nematoda. Setelah itu akar

dikeluarkan dari kain kasa dan dimasukkan dalam botol film dengan ditambahkan beberapa tetes larutan *kristal fenol*. Penambahan larutan *kristal fenol* bertujuan agar akar dapat disimpan selama beberapa bulan tetapi tidak mengubah warna nematoda.

3.2.7 Pengamatan Jumlah Sista dalam Tanah

Pengamatan dilakukan dengan ekstraksi tanah di daerah perakaran tanaman, dengan batas setengah jarak tanam dan sedalam sistem perakaran. Metode yang dipakai yaitu Metode Flotasi *Fenwick*. Caranya yaitu tanah yang mengandung sista dikering-anginkan dan ditimbang sebanyak 100 g, kemudian tanah yang telah ditimbang diletakkan dalam saringan atas (A) dengan ukuran diameter lubang saringan 850 μm (Gambar 3.1). Setelah itu dilakukan penyemprotan dengan air kecepatan tinggi, tanah halus akan mengendap sedangkan bahan organik termasuk sista terapung dan tertampung pada saringan bawah (B) dengan ukuran diameter lubang saringan 250 μm (Gambar 3.1). Sista yang berada pada saringan B dikumpulkan dan ditempatkan pada wadah untuk menghitung sista, lalu dihitung di bawah mikroskop.



Gambar 3.2 Fenwick (Alat untuk ekstraksi tanah dan pengumpulan sista)
(Imamah, 2014)

3.2.8 Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis sidik ragam dengan taraf 1% dan 5%. Kemudian di uji lanjut dengan uji polynomial orthogonal untuk mengetahui perbedaan pengaruh perbedaan dosis yang diberikan terhadap parameter pengamatan yang sangat berbeda nyata dan berbeda nyata.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan analisis F_{Hitung} sebagaimana ditampilkan pada tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 F-Hitung Variabel Secara Keseluruhan

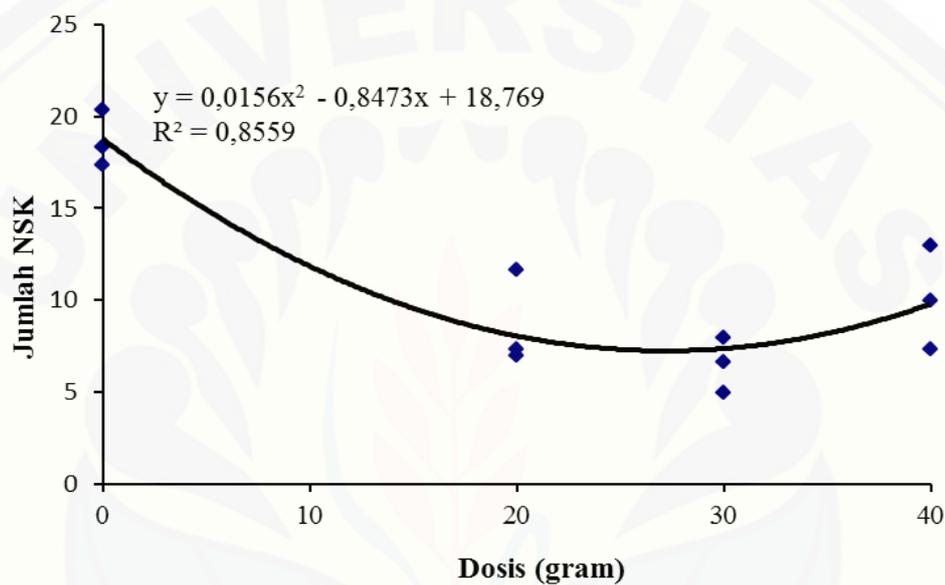
No	Variabel	Faktor A (Jenis formulasi bakteri)	Faktor B (Dosis formulasi bakteri)	Interaksi A x B
1.	Jumlah NSK dalam 1 gram akar	0,11 ^{ns}	24,11 ^{**}	1,80 ^{ns}
2.	Jumlah sista dalam 100 gram tanah	3,20 ^{ns}	10,31 ^{**}	1,53 ^{ns}
3.	Berat umbi kentang	0,17 ^{ns}	8,15 ^{**}	0,23 ^{ns}
4.	Tinggi tanaman	0,89 ^{ns}	0,99 ^{ns}	1,56 ^{ns}
5.	Panjang akar	0,87 ^{ns}	2,43 ^{ns}	1,02 ^{ns}

Keterangan : * : berbeda nyata
 ** : berbeda sangat nyata
 ns : tidak berbeda nyata

Hasil uji sidik ragam pada semua variabel pengamatan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa faktor B yaitu dosis formulasi bakteri menunjukkan hasil berbeda sangat nyata terhadap variabel berat umbi kentang, total jumlah NSK dalam 1 gram akar, dan jumlah sista dalam 100 gram tanah, sedangkan faktor A yaitu jenis formulasi bakteri menunjukkan hasil tidak berbeda nyata terhadap semua variabel pengamatan (Tabel 4.1). Variabel yang berbeda sangat nyata selanjutnya diuji lanjut dengan menggunakan analisis polynomial orthogonal untuk mengetahui dosis optimal pada variabel yang berbeda sangat nyata.

4.1.1 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Jumlah NSK dalam 1 gram Akar

Berdasarkan hasil penelitian bahwa pemberian formulasi bakteri dengan dosis berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan jumlah NSK *G. rostochiensis* dalam 1 gram akar maka dilakukan pengujian lanjutan dengan polinomial orthogonal (Gambar 4.1).

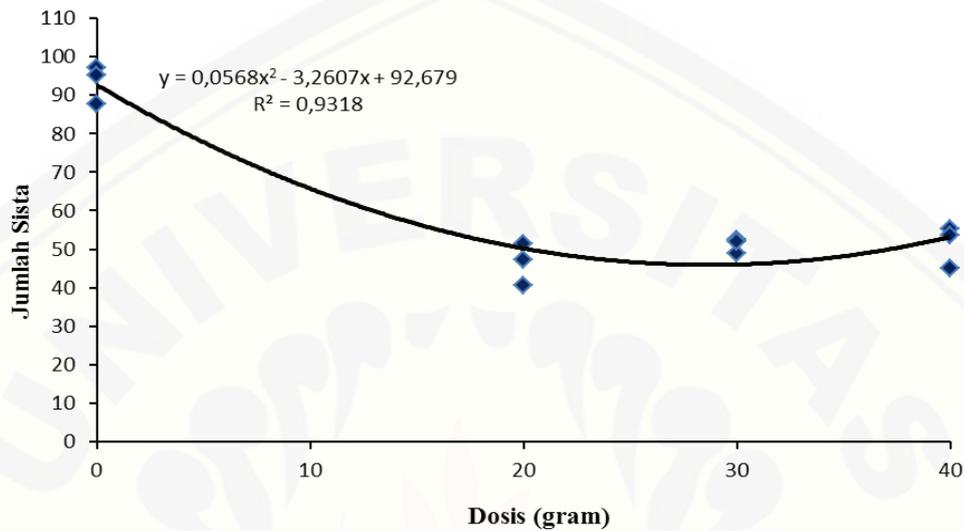


Gambar 4.1 Grafik jumlah NSK *G. rostochiensis* dalam 1 gram akar

Hasil menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah NSK dalam 1 gram akar pada setiap dosis formulasi bakteri yang diberikan (Gambar 4.1). Hasil juga menunjukkan bahwa penurunan jumlah NSK dalam akar yang paling rendah yaitu rata-rata pada dosis 30 gram formulasi bakteri yang diberikan. Hal ini dapat diduga bahwa dosis 30 gram merupakan dosis optimal dalam menurunkan jumlah NSK *G. rostochiensis*.

4.1.2 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Jumlah Sista dalam 100 gram Tanah

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pemberian formulasi bakteri dengan dosis berbeda berpengaruh nyata terhadap variabel pengamatan jumlah sista *G. rostochiensis* dalam 100 gram tanah (Tabel 4.1) sehingga dilakukan pengujian lanjutan dengan polinomial orthogonal.



Gambar 4.2 Grafik jumlah sista *G. rostochiensis* dalam 100 gram tanah

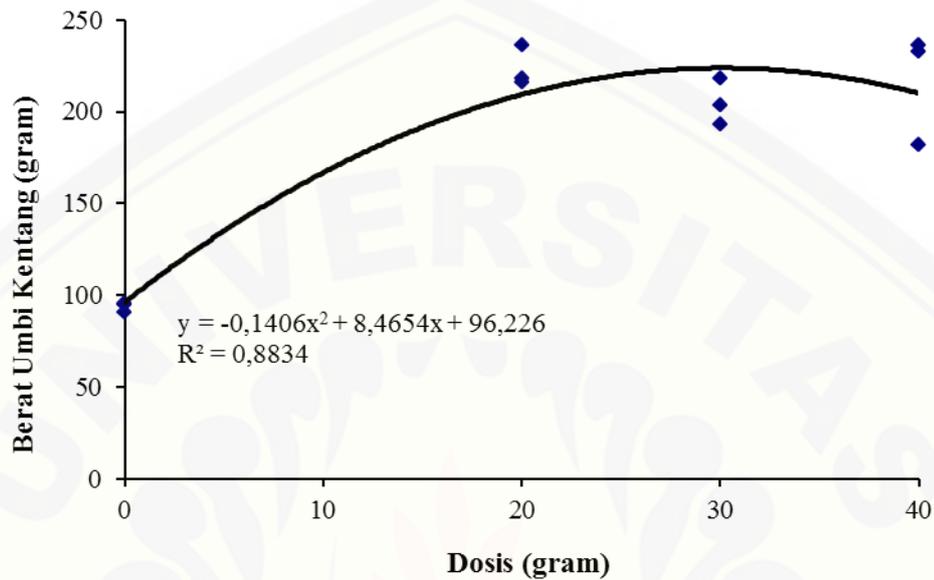


Gambar 4.3 Sista yang ditemukan (a. Sista yang ditemukan; b. Telur di dalam sista)

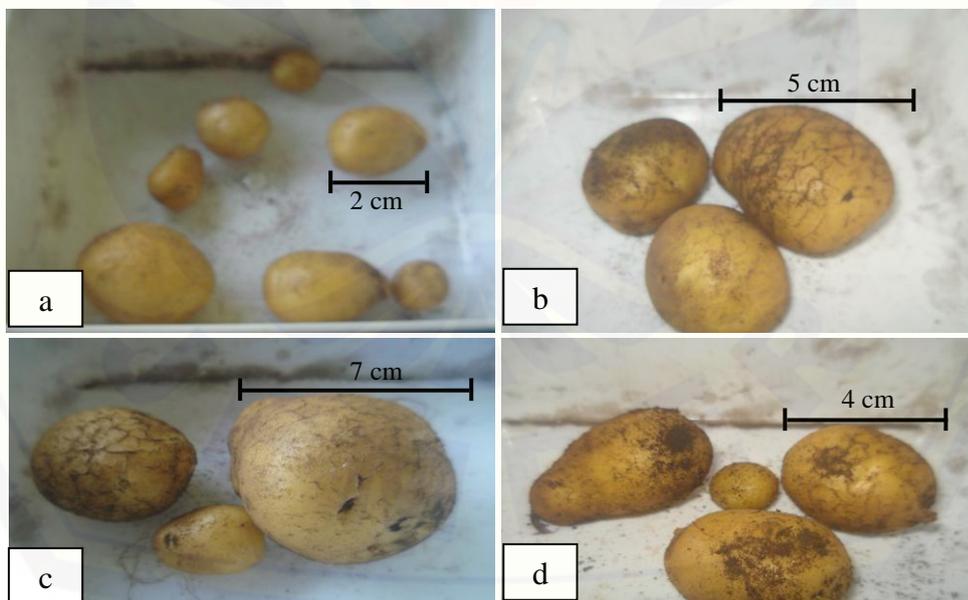
Berdasarkan analisa polinomial orthogonal (Gambar 4.2) dapat diketahui bahwa penekanan jumlah sista dari nematoda *G. rostochiensis* dalam 100 gram tanah yaitu rata-rata pada dosis 30 gram formulasi bakteri. Hal ini dapat diduga bahwa pemberian formulasi bakteri dengan dosis 30 gram merupakan dosis optimal yang dapat menekan jumlah sista dari nematoda *G. rostochiensis*.

4.1.3 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Berat Umbi Kentang

Pemberian formulasi bakteri memiliki pengaruh nyata terhadap berat umbi kentang yang dihasilkan (Tabel 4.1). Sehingga dilakukan uji lanjutan dengan menggunakan analisis polinomial orthogonal (Gambar 4.4).



Gambar 4.4 Grafik berat umbi kentang yang dihasilkan



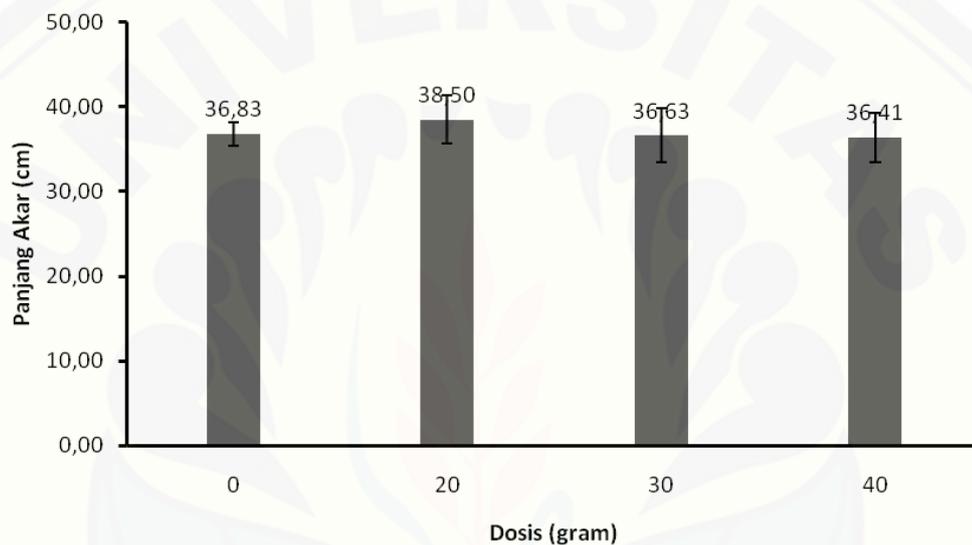
Gambar 4.5 Kentang yang dihasilkan (a.kontrol/ 0 g; b. perlakuan A1/20 g; c. perlakuan A2/40 g; d. perlakuan A3/ 40 g)

Hasil analisa menunjukkan bahwa berat umbi kentang yang dihasilkan mengalami peningkatan pada setiap dosis yang diberikan. Peningkatan paling

optimum pada berat umbi kentang yaitu rata-rata pada pemberian formulasi bakteri dengan dosis 30 gram. Hal ini diduga dosis 30 gram formulasi bakteri merupakan dosis optimal dalam meningkatkan berat umbi kentang.

4.1.4 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Panjang Akar

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pemberian formulasi bakteri dengan dosis berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap variabel panjang akar tanaman kentang (Tabel 4.1). Berikut ini adalah grafik variabel panjang akar.

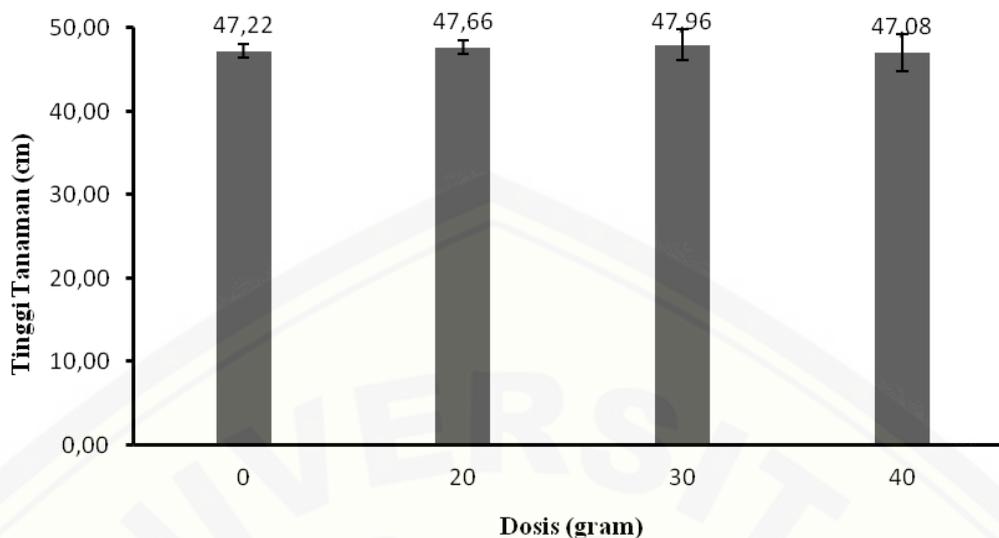


Gambar 4.6 Grafik Panjang Akar Tanaman Kentang

Panjang akar tanaman kentang pada perlakuan kontrol dengan yang diberi oleh formulasi bakteri tidak terlihat perbedaan yang nyata. Kemudian untuk panjang akar pada tanaman yang diberi formulasi bakteri dengan dosis yang berbeda juga tidak terlihat perbedaan yang nyata (Gambar 4.6).

4.1.5 Pengaruh Pemberian Formulasi Bakteri terhadap Tinggi Tanaman Kentang

Pemberian formulasi bakteri dengan dosis berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap variabel tinggi tanaman kentang (Tabel 4.1). Berikut ini adalah grafik variabel tinggi tanaman kentang.



Gambar 4.7 Grafik Tinggi Tanaman Kentang

Tinggi tanaman kentang pada perlakuan kontrol dengan yang diberi oleh formulasi bakteri tidak terlihat perbedaan yang nyata. Kemudian tinggi tanaman pada tanaman yang diberi formulasi bakteri dengan dosis yang berbeda juga tidak terlihat perbedaan yang nyata (Gambar 4.7).

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa perbedaan pemberian dosis formulasi bakteri berpengaruh terhadap berat umbi kentang, total jumlah NSK dalam 1 gram akar, dan jumlah sista dalam 100 gram tanah, akan tetapi tidak berpengaruh pada variabel tinggi tanaman dan panjang akar dari tanaman kentang (Tabel 4.1). Menurut Sunarto *et al.* (2005) berpendapat bahwa gejala kerusakan yang diakibatkan oleh NSK antara lain menghambat pertumbuhan tanaman, tanaman menjadi layu, menghambat perkembangan sistem akar, apabila serangan berat menyebabkan tanaman mati, umbi yang terbentuk lebih sedikit, dan mengurangi ukuran umbi.

Jumlah NSK *G. rostochiensis* yang ditemukan mengalami penurunan dibandingkan dengan tanaman kontrol, hal ini diduga karena dosis formulasi bakteri yang diberikan pada tanaman kentang. Formulasi yang diberikan pada tanaman kentang mengandung bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus mycoides*, dimana kedua genus bakteri ini mampu menghasilkan enzim kitinase.

Sehingga dengan adanya perbedaan tingkatan dosis yang diberikan akan memperbanyak jumlah populasi bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus mycoides*. Enzim kitinase yang dihasilkan oleh kedua bakteri tersebut dapat mengendalikan NSK sejak pada fase telur. Menurut Cronin *et al.* (1997) menyatakan bahwa enzim kitinase merupakan enzim yang dihasilkan bakteri untuk mengendalikan nematoda karena enzim ini dapat mendegradasi lapisan tengah telur nematoda dan diketahui mampu menghambat penetasan telur nematoda *G. rostochiensis* sebesar 70 %. Hilmi *et al.* (2012) menjelaskan bahwa lapisan telur dari nematoda tersusun dari tiga lapis susunan. Lapisan pertama yang paling luar merupakan lapisan *vitelina*, lalu lapisan kedua yaitu lapisan *kitinosa* merupakan lapisan yang paling jelas dan mengandung berbagai macam jumlah kitin, dan lapisan terakhir yaitu lapisan *lipida*.

Jumlah NSK *G. rostochiensis* terjadi penurunan antara perlakuan yang diberi formulasi bakteri dengan kontrol. Jumlah NSK pada dosis 20 g terjadi penurunan hingga pada dosis 30 g, namun pada dosis 40 g terjadi sedikit kenaikan. Hal initerjadi diduga karena jumlah dosis formulasi bakteri semakin meningkat maka populasi bakteri yang diberikan semakin banyak. Banyaknya populasi bakteri yang diberikan memungkinkan terjadinya persaingan dengan mikroorganismen lain pada tanah sehingga bakteri yang ada pada formulasi tidak dapat memberikan dampak yang optimal yang berkaitan dengan pengendalian NSK.

Populasi awal NSK *G. rostochiensis* pada lahan yang digunakan untuk penelitian telah diketahui sebesar 100 sista/100 gram tanah. Jumlah ini sudah diatas ambang kendali sebagaimana disebutkan oleh Hadisoeganda (2006) bahwa ambang kendali NSK pada tanaman kentang yaitu 31 sista hidup / 100 g tanah. Data ambang kendali tersebut diadopsi data dari Jepang karena data ambang kendali NSK pada tanaman kentang di Indonesia belum tersedia yang disebabkan belum adanya penelitian untuk mendapatkan data ambang kendali NSK pada tanaman kentang. Jumlah sista yang ditemukan pada penelitian kali ini masih berada diatas jumlah dari ambang kendali yang disebutkan, walaupun demikian jumlah sista yang ditemukan tersebut sudah berkurang dibandingkan jumlah populasi awal sista.

Sista yang ditemukan pada saat pengamatan yaitu berbentuk bulat oval dengan warna coklat muda dan mengkilat (Gambar 4.3). Sista yang ditemukan merupakan sista dari nematoda *G. rostochiensis* seperti yang dikemukakan oleh Asyiah (2003) yang menyatakan bahwa sista berwarna kuning sampai coklat muda, berkilat, berbentuk bulat hingga oval, kemudian didalam sista terdapat telur dari NSK yang berkisar antara 200 sampai 500 telur tergantung ukuran sista. Sista merupakan tubuh nematoda betina yang mati dan berisi telur. Ukuran sista kurang lebih sekitar 200-500 μm dan dapat dilihat langsung. Pada satu sista terdapat 200-500 butir telur dan didalam telur terdapat larva I yang dorman dan akan aktif apabila terangsang oleh eksudat akar (Sunarto *et al.*, 2005). Apabila jumlah NSK yang ditemukan sedikit maka jumlah sista yang terbentuk diduga akan sedikit dikarenakan sista merupakan nematoda betina yang mati dan berisi telur, sehingga generasi berikutnya akan menurun populasinya.

Pengukuran berat umbi perlu dilakukan karena menurut Trudgill dan Cotes (1983) pengukuran berat umbi pada uji lapang dilakukan untuk membandingkan anatara tanaman yang diberi nematisida dengan tidak diberi aplikasi dan diperoleh hasil perlakuan tersebut menunjukkan bahwa NSK dapat menurunkan pertumbuhan tajuk dan hasil umbi. Kemudian menurut Hadisoeganda (2006) menjelaskan bahwa populasi *G. rostochiensis* yang tinggi dapat menyebabkan penurunan kuantitas berupa ukuran umbi kentang mengalami pengurangan, umbi kentang yang dihasilkan lebih ringan (rendah) dibandingkan benih yang ditanam. Oleh karena itu dapat diduga bahwa populasi nematoda *G. rostochiensis* berpengaruh terhadap berat umbi yang dihasilkan tanaman kentang. Populasi nematoda *G. rostochiensis* diduga dapat ditekan oleh bakteri yang terdapat dalam formulasi bakteri sehingga umbi yang dihasilkan lebih berat dibandingkan tanpa pemberian formulasi bakteri (dosis 0 gram). Pengaruh terhadap berat umbi merupakan efek tidak langsung dari penghambatan perkembangan *G. rostochiensis* oleh bakteri.

Pada penelitian ini umbi kentang dipanen pada umur 70 hari. Tanaman kentang pada penelitian kali ini dipanen pada umur 70 hari setelah tanam karena berdasarkan Asyiah (2003) yang menyebutkan bahwa sista dapat ditemukan

dalam akar tanaman dan tanah mulai hari ke-56 setelah tanaman kentang bertunas. Sedangkan tanaman kentang mulai muncul tunas pada umur 3 minggu setelah tanam. Lebih lamanya fase infeksi dan gejala yang ditimbulkan oleh NSK pada perlakuan (menggunakan aplikasi formulasi bakteri) karena bakteri dalam formulasi yang diberikan di sekitar perakaran tanaman kentang mampu menghambat penetasan telur *G. rostochiensis*. Sehingga sista yang terbentuk oleh nematoda berikutnya akan berkurang.

Apabila populasi NSK *G. rostochiensis* semakin berkurang di dalam lahan pertanaman kentang maka hal tersebut akan berpengaruh pada umbi kentang yang akan dibentuk. Umbi kentang yang dihasilkan terlihat berbeda ukurannya pada setiap perlakuan (Gambar 4.5). Perlakuan 0 gram (kontrol) menghasilkan umbi berukuran lebih kecil daripada perlakuan dosis lain. Oleh karena itu berat umbi yang dihasilkan juga lebih ringan dibandingkan dengan umbi dari perlakuan dosis yang lainnya. Hal ini diduga karena pada perlakuan kontrol tidak ada pemberian formulasi bakteri sehingga serangan NSK lebih berat dibandingkan dengan perlakuan dosis lain. Walaupun terserang NSK umbi kentang tetap terbentuk namun tidak maksimal karena sistem perakaran yang berfungsi menyalurkan hara terganggu sehingga umbi yang dihasilkan menjadi lebih kecil dan ringan.

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).

Pemberian formulasi bakteri dengan dosis yang bervariasi pada penelitian kali ini didapatkan hasil yang berbeda. Pada dosis 20 gram formulasi bakteri hasil yang diperoleh sudah mampu menurunkan jumlah NSK dan sista serta

meningkatkan berat umbi dibandingkan dengan kontrol. Kemudian pada dosis 30 gram hasil yang diperoleh lebih baik daripada hasil pemberian formulasi bakteri dengan dosis 20 gram, namun terjadi perubahan hasil apabila dosis ditambah menjadi 40 gram yaitu pada variabel jumlah NSK dan sista mengalami sedikit kenaikan dan pada variabel berat umbi terjadi sedikit penurunan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dosis optimum dalam pemberian formulasi bakteri yaitu pada dosis 30 gram. Penambahan dosis formulasi bakteri yang diberikan akan memperbanyak populasi bakteri yang ada dalam akar. Namun dengan populasi bakteri yang semakin banyak ternyata tidak memperoleh hasil yang terus meningkat baik untuk berat umbi maupun penurunan jumlah NSK dan sista. Hal tersebut diduga karena banyaknya populasi bakteri yang ditambahkan maka terjadi persaingan nutrisi dan tempat hidup dengan mikroorganisme lain di dalam tanah.

Aplikasi formulasi bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman (Tabel 4.1). Formulasi bakteri yang digunakan pada penelitian ini mengandung bakteri yang termasuk ke dalam jenis Bakteri akar pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, PGPR). Meskipun peran bakteri PGPR salah satunya adalah sebagai biostimulan yang mampu memacu pertumbuhan tanaman, namun pada hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa formulasi bakteri yang diberikan tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman yaitu pada variabel tinggi tanaman. Hal ini diduga bakteri PGPR pada formulasi bakteri yang diberikan lebih berperan terhadap pengendalian nematoda *G. rostochiensis* atau dengan kata lain bakteri dalam binematisida lebih berperan sebagai bioprotektan.

Pada pertanaman kentang saat penelitian tidak tampak gejala visual yang signifikan pada tajuk tanaman dan daun. Namun setelah diamati dibagian perakaran terdapat beberapa sista yang menempel pada akar dan setelah dilakukan pengamatan jumlah sista dalam tanah maupun NSK yang ada di perakaran mengalami penurunan, sehingga dapat diduga bakteri PGPR yang ada di dalam formulasi bakteri yang diberikan lebih bersifat bioprotektan yaitu dengan menekan populasi NSK mulai dari fase telur.

Pemberian formulasi bakteri tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar berdasarkan hasil uji sidik ragam pada Tabel 4.1. Pemberian formulasi bakteri tidak berpengaruh terhadap panjang akar diduga karena adanya serangan dari nematoda *G. rostochiensis* yang menyerang akar sehingga akar menjadi rusak. Serangan nematoda diduga menyebabkan kerusakan akar karena nematoda menghisap sel-sel akar, sehingga pembuluh jaringan terganggu dan mengalami reduksi panjang akar dalam waktu beberapa hari. 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.

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.

Selain akibat serangan NSK panjang akar pada penelitian ini berkurang diduga adanya akar tanaman yang patah saat pembongkaran dari lahan dan proses pengangkutan dari lahan yang berada di Batu, ke tempat pengukuran di Jember. Selain itu beberapa akar tanaman yang mengalami busuk. Hal ini diduga karena pada saat pengangkutan ke Jember akar di masukkan ke dalam kantong plastik sehingga memungkinkan terjadi pembusukan terhadap akar tanaman.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan terhadap penelitian mengenai Efektivitas Dosis Formulasi Bakteri *Pseudomonas diminuta* dan *Bacillus mycoides* dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*) pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

- 1) Jenis formulasi bakteri yang diaplikasikan dan dosis formulasi bakteri tidak menunjukkan hasil yang berbeda dalam dalam mengendalikan populasi NSK dan pertumbuhan tanaman kentang di lahan.
- 2) Formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* efektif dalam mengendalikan populasi NSK di lahan dan berpengaruh terhadap peningkatan berat umbi kentang.
- 3) Formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kentang yang meliputi tinggi tanaman dan panjang akar.
- 4) Dosis 30 gram formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* merupakan dosis optimal dalam mengendalikan populasi NSK dan meningkatkan berat umbi kentang.

5.2 Saran

Formulasi bakteri *P. diminuta* dan *B. mycoides* diharapkan adanya penelitian terhadap interaksi dari mikroorganismen tanah dengan bakteri yang ada dalam formulasi tersebut. Selain itu, dapat dilakukan uji efektivitas terhadap nematoda lain pada tanaman *Solanaceae*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aak. 1992. Petunjuk Praktis Bertanam Sayuran. Kanisius : Yogyakarta.
- Achrom, M., Kresnamurti, dan N.D. Handayani. 2011. Analisis Dampak Ekonomi Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll) Behrens dan *Globodera pallida* (Stone) Behrens). Balai Uji Terap Teknik dan Metode Karantina Pertanian Badan Karantina Pertanian : Bekasi.
- Asyiah, N.I. 2003. Siklus hidup dan morfologi nematoda sista kentang (*Globodera rostochiensis*). *Buletin Pertanian* : 40-42.
- Asyiah, N.I., Soekarto, Moch. Hoesain, dan Wijaya.W.H. 2009. Pemanfaatan Rizobakter dan Mikoriza Vesicular Arbuskular (MVA) dalam Pengendalian Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis*). Laporan penelitian KKP3T.
- Asyiah, N.I. 2013. Formulasi Bionematisida Baru Berbahan Aktif *Bacillus alvei*, *B. stearothermophilus* dan *Pseudomonas diminuta* untuk mengendalikan nematoda *Globodera rostochiensis*. Laporan Kemajuan Hibah Bersaing/DIPA UNEJ.
- Bargabus, R. L. 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. dan Guckert, A. 2001. Root colonization by inoculated plant growth-promoting rhizobacteria. *Biocontrol Sci. Technol*. 11: 557-574.
- Cronin, D., Moenne-Loccoz Y., Dunnen C., dan O'gara F. 1997. Inhibition of egg hatch of the potato cyst nematode *Globodera rostochiensis* by chitinase producing bacteria. *European J Plant Pathol*. 103 : 433-440.
- Depkes RI. 1990. Surat Keputusan Direktorat Jendral PPM dan LPM Depkes R.I Nomor: 716-I/PD.03.04.EI/1990 tentang *Bahan Fumigan yang Digunakan untuk Fumigasi dalam Rangka Pemberantasan Tikus khususnya dalam Kapal*. Jakarta.
- Devrajan, K., S. Prabhu, N. Seenivasan, A. Sudha, S. Ramakrishnan dan 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 Jendral Hortikultura. 2006. *Prosedur Operasional Standar Budidaya Kentang Varietas Granola (Solanum tuberosum L) Kabupaten Bandung*

Propinsi Jawa Barat. Direktorat Budidaya Tanaman Sayuran dan Biofarmaka.

Evans, K., Stone, A.R. 1977. A review of the distribution and biology of the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. PANS 23(2): 178-189.

Fitriatin. 2009. Pengaruh Mikroorganisme Penghasil Fosfatase terhadap Ketersediaan P, Aktivitas Fosfatase tanah dan Hasil Tanaman Padi Gogo. *Jurnal Agrikultura*, Vol. 20, No 3.

Hadisoeganda, AWW. 2003. *Pengendalian terpadu nematode sista emas (golden cysts nematode, Globodera rostochiensis) pada Tanaman Kentang*. Makalah Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*. Direktorat Perlindungan Hortikultura : Jakarta.

Hadisoeganda, AWW. 2006. *Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeografi, dan Pengendalian Nematoda Terpadu*. Bandung : Balai Penelitian Tanaman Sayuran.

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.

Hilmi, I.M., Solihat, N., Purnamansari, S., dan Destiani, V. 2012. *Nemertea dan Nematoda*. Bandung : UIN Sunan Gunung Djati.

Imamah, N.A. 2014. Pengaruh Formula Bionematisida Berbahan Aktif *Pseudomonas diminuta* (Leifson dan Hugh) dan *Pseudomonas mallei* Zopf. dalam Mengendalikan Nematoda Sista Kentang (*Globodera rostochiensis* (Woll.)). *Skripsi, Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember, Jember*.

Kaltenbach, C.M. 1975. Cultural and biochemical characteristics and fatty acid composition of *Pseudomonas diminuta* And *Pseudomonas vesiculare*. *Journal Of Clinical Microbiology*. 1 (4) : 339-344.

Khumar. 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.

Leifson, E., dan Hugh, R. 1954. "A New Type of Polar Monotrichous Flagellation." "*Microbiology*." 10: 68-70.

Marwoto, B. 1994. *Pengendalian Nematoda Bengkak Akar (Meloidogyne spp) Secara Terpadu Pada Tanaman Tomat*. Balai Penelitian Hortikultura Lembang, Bandung.

- Pratiwi, S.R., Susanto, E.T., Wardani, dan Sutrisno, A. 2014. Enzim kitinase dan aplikasi di bidang industri : Kajian Pustaka. *J Pangan dan Agroindustri* 3: 878-887.
- Rahni, N.M. 2012. Efek Fitohormon PGPR Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*). *CEFARS : Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*. 3 (2) : 11-15.
- Rai, M. K. 2006. *Handbook of Microbial Biofertilizer*. Food Production Press. New York.
- Ramamoorthy, R., Viswanathan, T., Raguchander, V., Prakasam, R., dan Samiyappan. 2011. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Protection* 20:1-11.
- Roesmarkam, A. dan N.W. Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius. Yogyakarta.
- Rokhman, Hidayatur. 2013. Pemuliaan Ketahanan Kentang (*Solanum tuberosum*) Terhadap Nematoda (*Globodera rostochiensis*). *Makalah Seminar Umum*. UGM. Yogyakarta.
- Samadi. 1997. *Usaha Tani Kentang*. Yogyakarta : Kanisius.
- 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, 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.
- Spears, Joseph F. 1968. *The Golden Nematode Handbook. Survey, Laboratory, Control, and Quarantine Procedures*. Washington, D.C. USDA. Agriculture Research Services.
- Sunarto, T., Djaja, L., dan Hersanti. 2005. *Pengujian Ketahanan Kultivar Kentang Terhadap Nematoda Sista Kuning (Globodera rostochiensis)*. Laporan Penelitian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjajaran, Bandung.
- Tian, H., Riggs, R.D., dan Crippen, D.L. 2000. Control of soybean cyst nematode by chitinolytic bacteria with chitin substrate. *J Nematology* 32:370-376.

- Trudgill, D.L dan Cotes, L.M. 1983. Tolerance of potato to potato cyat nematodes (*Globodera rostochiensis* and *G. pallida*) in relation to the growth and efficiency of the root system. *Annals of Applied Biology* 102, 385-397.
- Trudgill, D.L., Evans, K., dan Phillips. 1998. Potato Cyst Nematodes: Damage Mechanism and Tolerance in the Potato, dalam Potato Cyst Nematodes: Biology, Distribution and Control, Bagian III, Marks, R.J. dan Brodie, B.B., Editor, CAB International, 117-133.
- Van Loon, L. C., Bakker, P.AH.M, dan Pieterse, C.M.J. 2007. “Systemic resistance induced by rhizospherebacteria”. *Annu. Rev. Phytopathol.* 36.
- Weller DM, Raaijmakers JM, Gardener BBM dan 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.

LAMPIRAN

1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian



Benih kentang yang dipakai



Lahan diolah sebelum tanam



Tanaman umur 2 MST



Tanaman umur 6 MST



Tanaman umur 10 MST



Pengukuran tinggi tanaman



Pencabutan gulma di lahan



Ekstraksi tanah dengan *fenwick*



Akar yang diwarnai dengan asam *fuchsin*



Penghitungan NSK di akar dengan mikroskop



Umbi dipisah dari akar dan ditempatkan di plastik



Akar diukur dengan kertas hitam berskala (a. kontrol; b. 20 g; c. 30 g; d. 40 g)

2. DATA BERAT UMBI KENTANG (gram)

Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
A1	0	86,67	106,67	79,67	273,01	91,00
	20	266,67	221,67	220,00	708,34	236,11
	30	206,67	140,00	233,33	580,00	193,33
	40	190,00	203,33	153,33	546,66	182,22
A2	0	96,67	93,33	95,00	285,00	95,00
	20	113,33	283,33	251,67	648,33	216,11
	30	91,67	256,67	306,67	655,01	218,34
	40	206,67	175,00	326,67	708,34	236,11
A3	0	93,33	97,00	96,67	287,00	95,67
	20	206,67	213,33	233,33	653,33	217,78
	30	280,00	173,33	156,67	610,00	203,33
	40	91,07	250,00	356,67	697,74	232,58
Jumlah		1929,42	2213,66	2509,68	6652,76	

Dosis	Perlakuan			Total
	A1	A2	A3	
0	273,01	285,00	287,00	845,01
20	708,34	648,33	653,33	2010,00
30	580,00	655,01	610,00	1845,01
40	546,66	708,34	697,74	1952,74
Total	2108,01	2296,68	2248,07	6652,76

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A1	750,01	671,67	686,33	2108,01
A2	508,34	808,33	980,01	2296,68
A3	671,07	733,66	843,34	2248,07
Total	1929,42	2213,66	2509,68	6652,76

ANNOVA

SR	DB	JK	KT	F HIT	F 5%	F 1%	notasi
Rep	2	14031,16	7015,58	1,47	6,94	18,00	ns
A(nematisida)	2	1599,34	799,67	0,17	6,94	18,00	ns
galat a	4	19133,17	4783,29				
B (Dosis)	3	100732,60	33577,53	8,15	3,16	5,09	**
a x b	6	5581,34	930,22	0,23	2,66	4,01	ns
galat b	18	74140,00	4118,89				
total	35	215217,61	6149,07				

Uji Polinomial

Orde Polinomial	Skala Periodik				Ci ²	JK
	0	20	30	40		
Linier	-9,000	-1,000	3,000	7,000	140,000	72977,161
Kuadratik	1,250	-2,000	-1,000	1,750	9,625	22350,823
Kubik	-1,000	6,000	-8,000	3,000	110,000	5404,617
Total	845,010	2010,000	1845,010	1952,740		100732,600
Hasil Perkalian						
Linier	-7605,090	-2010,000	5535,030	13669,180	9589,120	
Kuadratik	1056,263	-4020,000	-1845,010	3417,295	1391,453	
Kubik	-845,010	12060,000	-14760,080	5858,220	2313,130	

Annova

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung		F-tabel	
						5%	1%
Mainplot :							
Kelompok	2	14031,1635	7015,5817	1,4667	ns	6,94	18,00
Faktor A	2	1599,3362	799,6681	0,1672	ns	6,94	18,00
Galat (a)	4	19133,1689	4783,2922				
Subplot :							
Faktor B	3	100732,6004	33577,5335	8,1521	**	3,16	5,09
Linier	1	72977,161	72977,1606	17,7177	**	4,41	8,29
Kuadratik	1	22350,823	22350,8232	5,4264	*	4,41	8,29
Kubik	1	5404,617	5404,6166	1,3122	ns	4,41	8,29
Interaksi AB	6	5581,3448	930,2241	0,2258	ns	2,66	4,01
Galat (b)	18	74139,9954	4118,8886				
Total	35	215217,6092					

Keterangan :

r = 3

a = 3

b = 4

** : Berbeda sangat nyata

* : Berbeda nyata

ns : Tidak berbeda nyata

FK = 1229422,6560

JKPU = 34763,6686

JKKP = 107913,2814

kka = 37,43%

kkb = 34,73%

3. DATA PANJANG AKAR (cm)

Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
A1	0	39,33	33,00	37,00	109,33	36,44
	20	40,33	37,00	34,67	112,00	37,33
	30	27,17	37,00	36,67	100,84	33,61
	40	51,33	32,83	37,83	121,99	40,66
A2	0	38,00	42,17	37,67	117,84	39,28
	20	43,33	34,00	34,67	112,00	37,33
	30	32,83	32,50	26,00	91,33	30,44
	40	39,00	35,33	34,67	109,00	36,33
A3	0	33,17	35,17	36,00	104,34	34,78
	20	43,33	33,17	46,00	122,50	40,83
	30	41,00	30,17	27,33	98,50	32,83
	40	30,33	30,67	35,67	96,67	32,22
Jumlah		459,15	413,01	424,18	1296,34	

Dosis	Perlakuan			Total
	A1	A2	A3	
0	109,33	117,84	104,34	331,51
20	112,00	112,00	122,50	346,50
30	100,84	91,33	98,50	290,67
40	121,99	109,00	96,67	327,66
Total	444,16	430,17	422,01	1296,34

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A1	158,16	139,83	146,17	444,16
A2	153,16	144,00	133,01	430,17
A3	147,83	129,18	145,00	422,01
Total	459,15	413,01	424,18	1296,34

ANNOVA

SR	DB	JK	KT	F HIT	F 5%	F 1%	notasi
Rep	2	96,57	48,29	4,01	6,94	18,00	ns
A(nematisida)	2	20,91	10,46	0,87	6,94	18,00	ns
galat a	4	48,16	12,04				
B (Dosis)	3	187,43	62,48	2,43	3,16	5,09	ns
a x b	6	157,89	26,32	1,02	2,66	4,01	ns
galat b	18	462,59	25,70				
total	35	973,56	27,82				

4. DATA TINGGI TANAMAN (cm)

Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
A1	0	45,33	45,00	45,33	135,66	45,22
	20	48,33	51,00	49,00	148,33	49,44
	30	41,33	48,67	48,67	138,67	46,22
	40	44,67	45,67	51,67	142,01	47,34
A2	0	49,33	45,00	48,00	142,33	47,44
	20	48,00	48,00	48,00	144,00	48,00
	30	53,00	53,33	47,33	153,66	51,22
	40	45,67	48,00	50,67	144,34	48,11
A3	0	46,67	50,33	50,00	147,00	49,00
	20	48,33	47,33	53,00	148,66	49,55
	30	47,67	44,00	47,67	139,34	46,45
	40	40,67	45,33	51,33	137,33	45,78
Jumlah		559	571,66	590,67	1721,33	

Dosis	Perlakuan			Total
	A1	A2	A3	
0	135,66	142,33	147,00	424,99
20	148,33	144,00	148,66	440,99
30	138,67	153,66	139,34	431,67
40	142,01	144,34	137,33	423,68
Total	564,67	584,33	572,33	1721,33

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A1	179,66	190,34	194,67	564,67
A2	196,00	194,33	194,00	584,33
A3	183,34	186,99	202,00	572,33
Total	559	571,66	590,67	1721,33

ANNOVA

SR	DB	JK	KT	F HIT	F 5%	F 1%	notasi
Rep	2	42,35	21,18	2,29	6,94	18,00	ns
A(nematisida)	2	16,37	8,18	0,89	6,94	18,00	ns
galat a	4	36,97	9,24				
B (Dosis)	3	20,91	6,97	0,99	3,16	5,09	ns
a x b	6	66,09	11,02	1,56	2,66	4,01	ns
galat b	18	126,92	7,05				
total	35	309,61	8,85				

5. DATA JUMLAH SISTA PADA TANAH

Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
A1	0	64,67	60,67	78,00	203,34	87,63
	20	54,33	49,33	50,33	153,99	51,33
	30	47,00	55,67	43,67	146,34	48,78
	40	56,00	54,67	55,00	165,67	55,22
A2	0	57,67	50,67	61,67	170,01	97,11
	20	58,33	36,00	47,67	142,00	47,33
	30	52,00	53,67	51,67	157,34	52,45
	40	58,67	52,00	50,00	160,67	53,56
A3	0	70,00	58,67	59,67	188,34	95,20
	20	32,67	37,33	51,67	121,67	40,56
	30	49,33	53,33	53,33	155,99	52,00
	40	41,67	48,00	45,67	135,34	45,11
Jumlah			642,34	610,01	648,35	

Dosis	Perlakuan			Total
	A1	A2	A3	
0	203,34	170,01	188,34	561,69
20	153,99	142,00	121,67	417,66
30	146,34	157,34	155,99	459,67
40	165,67	160,67	135,34	461,68
Total	669,34	630,02	601,34	1900,70

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A1	222,00	220,34	227,00	669,34
A2	226,67	192,34	211,01	630,02
A3	193,67	197,33	210,34	601,34
Total	642,34	610,01	648,35	1900,7

ANNOVA

SR	DB	JK	KT	F HIT	F 5%	F 1%	notasi
Rep	2	70,87	35,43	1,17	6,94	18,00	ns
A(nematisida)	2	194,24	97,12	3,20	6,94	18,00	ns
galat a	4	121,21	30,30				
B (Dosis)	3	1246,15	415,38	10,31	3,16	5,09	**
a x b	6	369,76	61,63	1,53	2,66	4,01	ns
galat b	18	725,28	40,29				
total	35	2727,51	77,93				

Uji Polinomial

Orde Polinomial	Skala Periodik				Ci ²	JK
	0	20	30	40		
Linier	-9,000	-1,000	3,000	7,000	140,000	589,854
Kuadratik	1,250	-2,000	-1,000	1,750	9,625	533,932
Kubik	-1,000	6,000	-8,000	3,000	110,000	122,362
Total	561,690	417,660	459,670	461,680		1246,149
Hasil Perkalian						
Linier	-5055,210	-417,660	1379,010	3231,760	-862,100	
Kuadratik	702,113	-835,320	-459,670	807,940	215,063	
Kubik	-561,690	2505,960	-3677,360	1385,040	-348,050	

Annova

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
Mainplot :							
Kelompok	2	70,8696	35,4348	1,1693	ns	6,94	18,00
Faktor A	2	194,2390	97,1195	3,2049	ns	6,94	18,00
Galat (a)	4	121,2145	30,3036				
Subplot :							
Faktor B	3	1246,1489	415,3830	10,3090	**	3,16	5,09
Linier	1	589,854	589,8543	14,6390	**	4,41	8,29
Kuadratik	1	533,932	533,9322	13,2511	**	4,41	8,29
Kubik	1	122,362	122,3624	3,0368	ns	4,41	8,29
Interaksi AB	6	369,7601	61,6267	1,5295	ns	2,66	4,01
Galat (b)	18	725,2790	40,2933				
Total	35	2727,5111					

Keterangan : r = 3

a = 3

b = 4

** : Berbeda sangat nyata

* : Berbeda nyata

ns : Tidak berbeda nyata

FK = 100351,6803

JKPU = 386,3231

JKKP = 1810,1481

kka = 10,43%

kkb = 12,02%

6. DATA JUMLAH NSK DALAM AKAR

Perlakuan	Dosis	Ulangan			Jumlah	Rerata
		1	2	3		
A1	0	19,00	18,00	15,00	52,00	17,33
	20	10,00	7,00	5,00	22,00	7,33
	30	6,00	5,00	4,00	15,00	5,00
	40	7,00	15,00	17,00	39,00	13,00
A2	0	24,00	17,00	14,00	55,00	18,33
	20	14,00	11,00	10,00	35,00	11,67
	30	7,00	11,00	6,00	24,00	8,00
	40	8,00	11,00	3,00	22,00	7,33
A3	0	21,00	25,00	15,00	61,00	20,33
	20	8,00	9,00	4,00	21,00	7,00
	30	13,00	3,00	4,00	20,00	6,67
	40	13,00	12,00	5,00	30,00	10,00
Jumlah		150,00	144,00	102,00	396,00	

Dosis	Perlakuan			Total
	A1	A2	A3	
0	52,00	55,00	61,00	168,00
20	22,00	35,00	21,00	78,00
30	15,00	24,00	20,00	59,00
40	39,00	22,00	30,00	91,00
Total	128,00	136,00	132,00	396,00

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A1	42,00	45,00	41,00	128
A2	53,00	50,00	33,00	136
A3	55,00	49,00	28,00	132
Total	150	144	102	396

ANNOVA

SR	DB	JK	KT	F HIT	F 5%	F 1%	notasi
Rep	2	114,00	57,00	4,87	6,94	18,00	ns
A(nematisida)	2	2,67	1,33	0,11	6,94	18,00	ns
galat a	4	46,83	11,71				
B (Dosis)	3	762,89	254,30	24,11	3,16	5,09	**
a x b	6	113,78	18,96	1,80	2,66	4,01	ns
galat b	18	189,83	10,55				
total	35	1230,00	35,14				

Uji Polinomial

Orde Polinomial	Skala Periodik				Ci ²	JK
	0	20	30	40		
Linier	-9,000	-1,000	3,000	7,000	140,000	477,917
Kuadratik	1,250	-2,000	-1,000	1,750	9,625	274,667
Kubik	-1,000	6,000	-8,000	3,000	110,000	10,304
Total	168,000	78,000	59,000	91,000		762,889
Hasil Perkalian						
Linier	-1512,000	-78,000	177,000	637,000	-776,000	
Kuadratik	210,000	-156,000	-59,000	159,250	154,250	
Kubik	-168,000	468,000	-472,000	273,000	101,000	

Annova

Sumber Keragaman	dB	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F-hitung	F-tabel		
					5%	1%	
Mainplot :							
Kelompok	2	114,0000	57,0000	4,8683	ns	6,94	18,00
Faktor A	2	2,6667	1,3333	0,1139	ns	6,94	18,00
Galat (a)	4	46,8333	11,7083				
Subplot :							
Faktor B	3	762,8889	254,2963	24,1124	**	3,16	5,09
Linier	1	477,917	477,9175	45,3161	**	4,41	8,29
Kuadratik	1	274,667	274,6674	26,0440	**	4,41	8,29
Kubik	1	10,304	10,3040	0,9770	ns	4,41	8,29
Interaksi AB	6	113,7778	18,9630	1,7981	ns	2,66	4,01
Galat (b)	18	189,8333	10,5463				
Total	35	1230,0000					

Keterangan : r = 3

a = 3

b = 4

** : Berbeda sangat nyata

* : Berbeda nyata

ns : Tidak berbeda nyata

FK = 4356,0000

JKPU = 163,5000

JKKP = 879,3333

kka = 31,11%

kkb = 29,52%