

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit dalam Menghambat Populasi Sista *Globodera rostochiensis* dalam 100 gram Tanah pada Tanaman Kentang

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan uji statistik menggunakan Analysis Of Varians (ANOVA) menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 yang berarti bahwa aplikasi filtrat bakteri endofit mampu menurunkan populasi sista *Globodera rostochiensis* pada tanaman kentang.

Berdasarkan uji lanjut dengan BNT pada taraf 5%, menunjukkan bahwa perlakuan kontrol memberikan nilai tertinggi, hal ini dikarenakan pada perlakuan kontrol tidak ada penambahan filtrat bakteri endofit. Populasi sista *Globodera rostochiensis* pada kontrol dengan tanaman kentang yang diaplikasikan menggunakan filtrat bakteri endofit menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa filtrat bakteri endofit (isolat bakteri AH, DA, BA, BE, DH, dan AA) dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning. Sedangkan antara semua isolat bakteri endofit tidak berbeda nyata kecuali pada isolat AH, hal ini menunjukkan bahwa antara isolat memiliki kemampuan yang sama dalam menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning kecuali isolat AH yang tidak berbeda nyata dengan kontrol.

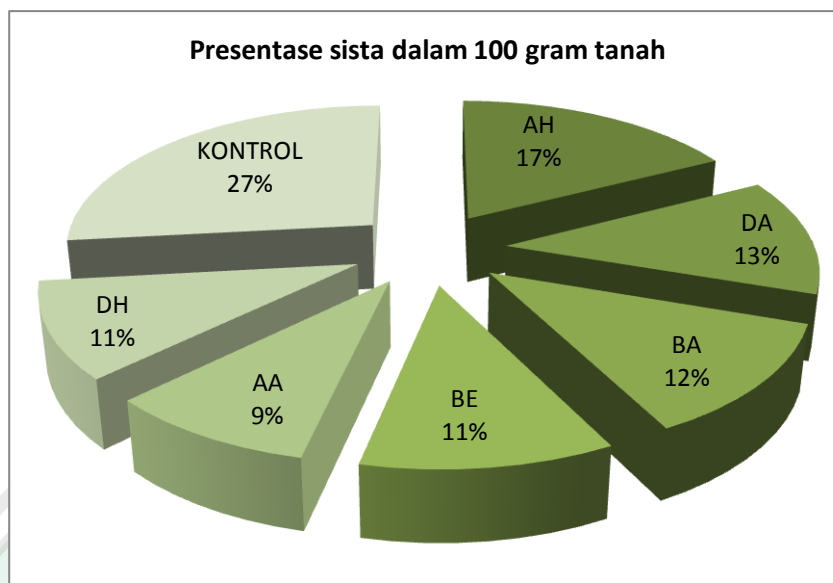
Tabel 4.1. Kemampuan filtrat bakteri endofit dalam menghambat populasi sista *Globodera rostochiensis* dalam 100 gram tanah.

Perlakuan (Isolat Filtrat Bakteri Endofit)	Rata-rata jumlah sista dalam 100 gram tanah dan notasi (ekor)
Isolat AA	5,33 a
Isolat DH	6 a
Isolat BE	6,33 a
Isolat BA	7 a
Isolat DA	7,33 a
Isolat AH	10 b
Kontrol	15,33 c

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

Persentase kehidupan nematoda *G. rostochiensis* dalam tanah yang diberi perlakuan dengan filtrat bakteri endofit dan tanpa perlakuan menunjukkan perbedaan yang cukup jauh. Pada kontrol persentase populasi nematoda *G.rostochiensis* 27% (Gambar 4.1) lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi perlakuan filtrat bakteri endofit.

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



Gambar 4.1. Presentase sista *Globodera rostochiensis* dalam 100 gram tanah

Adapun isolat yang memiliki kemampuan tinggi dalam menekan populasi nematoda sista kuning adalah isolat AA, yaitu dengan jumlah sista paling sedikit 9% dibandingkan dengan isolat yang lain. Rendahnya populasi nematoda *Globodera rostochiensis* dalam tanah yang diberi perlakuan isolat filtrat bakteri endofit menunjukkan bahwa adanya senyawa-senyawa kimia tertentu yang dihasilkan oleh isolat filtrat bakteri endofit, seperti siderofor, fitoaleksin dan juga senyawa antinematoda yang dapat menghambat pertumbuhan nematoda.

Mekanisme bakteri endofit dalam menginduksi ketahanan adalah dengan mengkolonisasi jaringan dalam tanaman sehingga menstimulasi tanaman untuk meningkatkan produksi senyawa metabolit yang berperan dalam ketahanan tanaman, di antaranya enzim peroksidase, peningkatan aktifitas kitinase, β -1,3 glucanase, pathogenesis related protein dan fitoaleksin (Press *et al.*, 1997). Enzim peroksidase dibutuhkan oleh tanaman untuk menghasilkan senyawa-senyawa

pertahanan tanaman seperti lignin, kitin dan beberapa senyawa penyusun dinding sel (Hallmann, 2001).

Kuc (1995), menyatakan bahwa pada tanaman kentang ditemukan Phytoalexin dan rishitin. Tingginya kemampuan isolat bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan nematoda juga bisa disebabkan oleh adanya senyawa tertentu seperti fitoaleksin yang dihasilkan oleh isolat bakteri endofit yang berasosiasi dengan kentang.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap beberapa isolat, populasi sista yang paling rendah terdapat pada isolat AA yang berasal dari akar tanaman kentang. Isolat AA mampu menghambat populasi sista hingga 91%, hal ini dapat dikarenakan isolat AA menghasilkan senyawa-senyawa kimia yang lebih banyak dibandingkan dengan isolat yang lain, dimana senyawa-senyawa yang dihasilkan isolat AA ini mampu berasosiasi dengan tanaman kentang sehingga dapat mencegah perkembangan *Globodera rostochiensis*.

Pada isolat DH dan BE yang masing-masing isolat diisolasi dari bagian batang tanaman kentang tidak berbeda jauh dengan isolat AA, keduanya juga mampu menurunkan populasi sista dalam tanah. Hal ini juga disebabkan oleh senyawa-senyawa kimia hasil metabolit sekunder yang dihasilkan dari filtrat bakteri endofit yang dapat menghambat perkembangan *G.rostochiensis*. Begitu pula dengan isolat BA, DA dan AH tidak berbeda jauh dalam menekan populasi sista *Globodera rostochiensis*.

Terhambat atau terbunuhnya nematoda kemungkinan disebabkan oleh adanya senyawa kimia yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Hallman *dkk.*, (1995)

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

Jumlah sista dalam tanah pada kontrol menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan isolat yang lainnya. Hal ini disebabkan larva yang telah menginfeksi akar pada tanaman kentang telah berkembang menjadi *G. rostochiensis* betina yang kemudian menjadi sista. Sedangkan pada tanaman yang diberikan perlakuan filtrat bakteri endofit, jumlah sista memiliki nilai yang rendah dibandingkan dengan kontrol, Hal ini disebabkan larva yang telah menginfeksi akar pada tanaman kentang tidak berkembang menjadi *G. rostochiensis* betina. Larva mati pada tingkat awal perkembangan, sehingga larva yang berhasil menjadi *G. rostochiensis* betina yang kemudian akan menjadi sista hanya sedikit.

Bacon (2007) dalam Harni (2011) melaporkan bahwa bakteri endofit dalam menekan populasi nematoda diantaranya (1) mengkolonisasi jaringan internal inang dan menempati relung ekologi yang dibutuhkan oleh patogen, (2) mengkolonisasi jaringan kortek, dan (3) menghasilkan metabolit yang dapat menekan perkembangan patogen, serta (4) menginduksi ketahanan tanaman.

Menurut Singh (1994), jika tanaman inang melakukan pembatasan pada aktifitas parasit, maka inang tersebut menunjukkan ketahanan (resistensi). Hasil percobaan ternyata bahwa isolat AA yang diisolasi dari akar tanaman kentang mampu menghambat *G. rostochiensis* dengan hasil populasi lebih sedikit dibandingkan dengan isolat lain. Hal ini terlihat dari sista yang terdapat dalam tanah yang menyerang tanaman kentang, dimana sista yang terdapat pada tanah memiliki jumlah rata-rata 5,33 merupakan jumlah paling rendah dibandingkan dengan isolat yang lain. Singh (1994) mendefinisikan ketahanan sebagai hambatan perkembangan penyakit oleh agen patogenik. Jadi dengan perlakuan pemberian filtrat bakteri endofit, tanaman memiliki ketahanan terhadap patogen.

Reaksi hipersensitif pada tanaman kentang merupakan mekanisme ketahanan didalam inang. Reaksi hipersensitif ini dapat mencegah perkembangan *sincytia giant cells* (sel raksasa) sehingga tidak berfungsi, dan hal tersebut dapat menghambat suplai makanan untuk nematoda. Menurut Singh (1994), nekrosis dalam sel sekitar tempat nematoda makan, mencegah nematoda untuk berkembang menjadi nematoda dewasa, sehingga larva mati pada tingkat perkembangan lebih awal.

Bakteri endofit pada kentang yang berperan dalam menginduksi sistem ketahanan tanaman memiliki ciri khusus misalnya, memproduksi *siderophores* dan menghasilkan enzim *lipopolysaccharides*. Laporan terbaru menunjukkan bahwa senyawa organik juga memainkan peranan dalam menginduksi sistem ketahanan. Induksi sistem ketahanan berhubungan dengan peningkatan sensitivitas

menghasilkan hormon pertumbuhan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan mendorong pengaktifan gen pertahanan secara parsial (Compant, 2005).

Selain itu bakteri endofit pada kentang juga mampu menghasilkan enzim kitinase yang mampu menghambat perkembangan nematoda sista kuning. Menurut Faticah (2011) dalam tanaman kentang terdapat bakteri endofit yang berpotensi dalam menghasilkan enzim kitinase yang mampu menghambat perkembangan nematoda sista kuning.

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

4.2. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.)

4.2.1. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Tinggi Tanaman Kentang

Berdasarkan hasil analysis of varians (ANOVA) menunjukkan bahwa $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05 yang berarti bahwa perlakuan isolat filtrat bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kentang. Hasil uji lanjut dengan menggunakan BNT 5%, menunjukkan bahwa isolat filtrat bakteri endofit berpotensi dalam meningkatkan tinggi tanaman kentang. Pada isolat AA, DH dan BE dihasilkan rata-rata tinggi tanaman 80, 67 dan 59 cm, hal ini menunjukkan bahwa isolat AA, DH dan BE merupakan isolat yang berpotensi dalam menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning. Adapun isolat yang paling

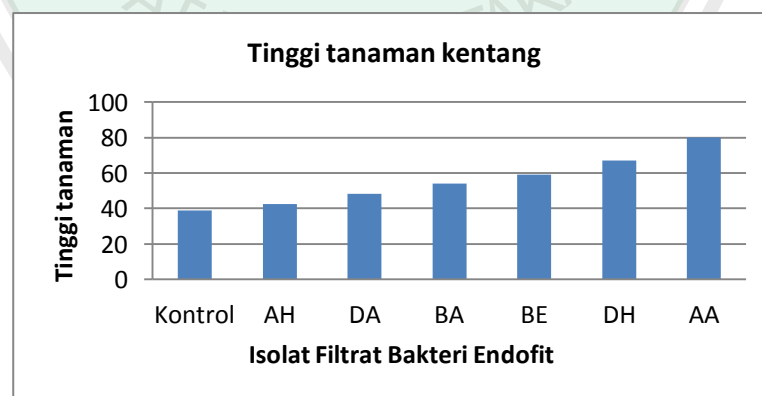
bagus dalam meningkatkan tinggi tanaman adalah isolat AA dengan tinggi tanaman 80 cm.

Tabel 4.2. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Tinggi Tanaman Kentang

Perlakuan (Isolat Filtrat Bakteri Endofit)	Rata-rata tinggi tanaman kentang dan notasi (cm)
Kontrol	39 a
Isolat AH	42,66 b
Isolat DA	48,33 c
Isolat BA	54 d
Isolat BE	59 e
Isolat DH	67 ef
Isolat AA	80 f

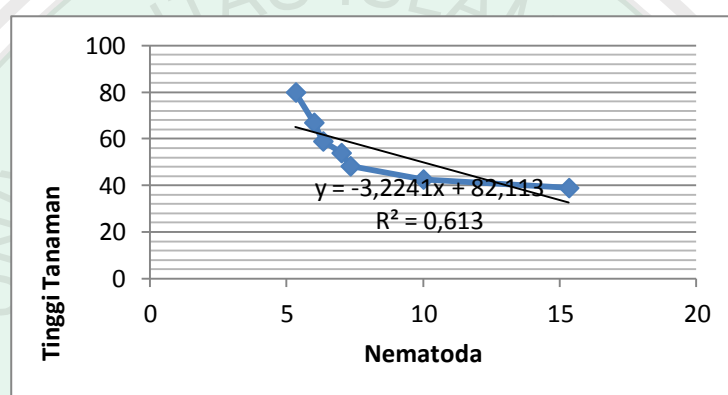
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Berdasarkan hasil analisa pengaruh nematoda terhadap tinggi tanaman menunjukkan bahwa tinggi tanaman dipengaruhi oleh banyaknya jumlah nematoda yang hidup. Semakin sedikit nematoda yang hidup maka semakin bertambah tinggi tanaman. Knoxfield (2006), menyatakan bahwa tanaman yang diserang nematoda *G. rostochiensis* akan menjadi kerdil.



Gambar 4.2. Diagram pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap tinggi tanaman kentang

Hasil penelitian Tirta (2007), menyatakan bahwa tinggi tanaman merupakan salah satu peubah dari pertumbuhan vegetatif yang dapat diamati untuk melihat pengaruh inokulasi dan pemupukan nitrogen. Hasil uji menunjukkan bahwa dengan pemberian perlakuan bakteri endofit berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman jagung dan mampu meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol.



Gambar 4.3 Grafik hasil analisa regresi polynomial pengaruh jumlah sista *G.rostochiensis* terhadap tinggi tanaman

Hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa jumlah sista *Globodera rostochiensis* mempengaruhi tinggi tanaman kentang sebesar 61,3%.

Tanaman yang diberi perlakuan filtrat bakteri endofit memiliki tinggi yang lebih dibandingkan dengan kontrol, hal ini dipengaruhi oleh jumlah sista yang terdapat pada tanaman kentang. Tanaman yang diserang nematoda akan menjadi kerdil hal ini karena nutrisi yang terdapat pada tanaman kentang telah diserap oleh nematoda sehingga kebutuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman kentang untuk tumbuh dan berkembang menjadi berkurang.

Tinggi kemampuan isolat filtrat bakteri endofit dalam meningkatkan tinggi tanaman kemungkinan berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut dalam menghambat pertumbuhan nematoda *Globodera rostochiensis* dan menghasilkan hormon pertumbuhan. Hasil penelitian Aryantha dkk (2004), menunjukkan bahwa *Bacillus*

mampu menghasilkan hormon IAA sebesar 34, 44 sampai 54,7 µg/ml pada media *Potato Dextrose Broth*, setelah diinkubasi selama 25 jam. Hasil penelitian Karnwal (2009), menyatakan *P. fluorescens* dan *P. aeruginosa* masing-masing mampu menghasilkan hormon IAA 4,0 µg/ml setelah diinkubasi selama 3 jam dan 3,9 µg/ml setelah diinkubasi 4 jam.

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

Peningkatan tinggi dan berat kering tanaman yang lebih tinggi pada tanaman merupakan konsekuensi logis dari semakin meningkatnya ketersediaan nitrogen yang dimediasi oleh isolat yang digunakan. Selain itu, nitrogen adalah unsur makro primer yang merupakan komponen utama berbagai senyawa dalam tubuh tanaman. Tanaman yang tumbuh harus mengandung nitrogen dalam membentuk sel-sel baru. Fotosintesis menghasilkan karbohidrat dan O₂, namun

proses tersebut tidak bisa berlangsung untuk menghasilkan protein dan asam nukleat jika nitrogen tidak tersedia. Nitrogen yang tersedia bagi tanaman dapat mempengaruhi pembentukan protein, dan disamping itu juga merupakan bagian integral dari klorofil (Nyakpa dkk, 1988 dalam Tirta, 2007).

Tanaman yang diberi fitohormon mendorong ukuran tanaman menjadi lebih tinggi karena terjadi pembelahan sel yang lebih banyak dan pengembangan jaringan meristem pada ujung batang dan pada interkalar yang lebih baik (Krishnawati 2003).

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

4.2.2. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Berat Akar Tanaman Kentang

Berdasarkan hasil analisa menggunakan uji statistik dengan *Analisis Of Variance*, menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ 0,05, yang berarti ada pengaruh inokulasi filtrat bakteri endofit terhadap peningkatan berat akar tanaman kentang, yang kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara

berbagai macam jenis isolat yang digunakan dalam mempengaruhi berat akar tanaman kentang.

Hasil uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) dengan taraf signifikan 5% menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata antara beberapa macam isolat yang digunakan, dan isolat yang berpotensi dalam meningkatkan berat akar tanaman adalah isolat AA, DH dan BE.

Tabel 4.3. Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit Terhadap Berat Akar Tanaman Kentang

Perlakuan (Isolat Filtrat Bakteri Endofit)	Rata-rata berat akar tanaman kentang dan notasi (gram)
Kontrol	1,06 a
Isolat AH	1,3 b
Isolat DA	2,25 c
Isolat BA	2,41 d
Isolat BE	3,2 e
Isolat DH	3,57 f
Isolat AA	3,9 g

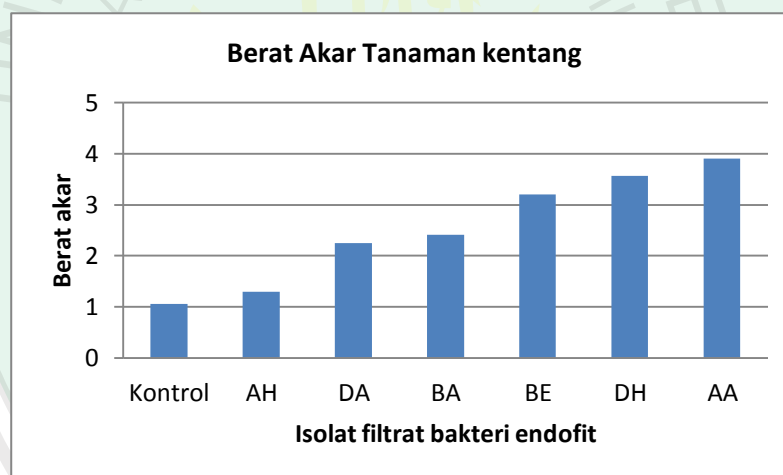
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan BNT 5%

Ketiga jenis isolat mampu meningkatkan berat akar tanaman kentang dikarenakan tingginya kemampuan ketiga jenis isolat tersebut dalam meningkatkan berat akar, dikarenakan oleh adanya senyawa kimia atau antibiotik tertentu yang dihasilkan. Sehingga bakteri endofit mampu melindungi tanaman dari serangan nematoda *Globodera rostochiensis*.

Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air, pertumbuhannya ditentukan oleh area daun yang aktif melakukan fotosintesis karena akar bergantung pada penangkapan energy oleh daun. Pada saat suplai energi terbatas, maka energi yang ada digunakan oleh jaringan tanaman yang

paling dekat dengan lokasi fotosintesis. Oleh karena itu akar menerima energi hanya pada saat ada kelebihan energi yang diproduksi melalui fotosintesis yang tidak digunakan untuk pertumbuhan bagian atas dari tanaman (Dewi, 2007).

Besarnya nilai panjang akar dan berat akar yang diinokulasikan dengan filtrat bakteri endofit dibandingkan kontrol menunjukkan adanya proses ketahanan yang dibangun oleh filtrat bakteri endofit bagi tanaman inang. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa bakteri terlebih dahulu menekan pertumbuhan mikroorganisme pengganggu melalui mekanisme kompetisi, predasi, dan antibiotik yang dihasilkannya (Kloepper *dkk.* 1991 dalam Harni et al, 2007).

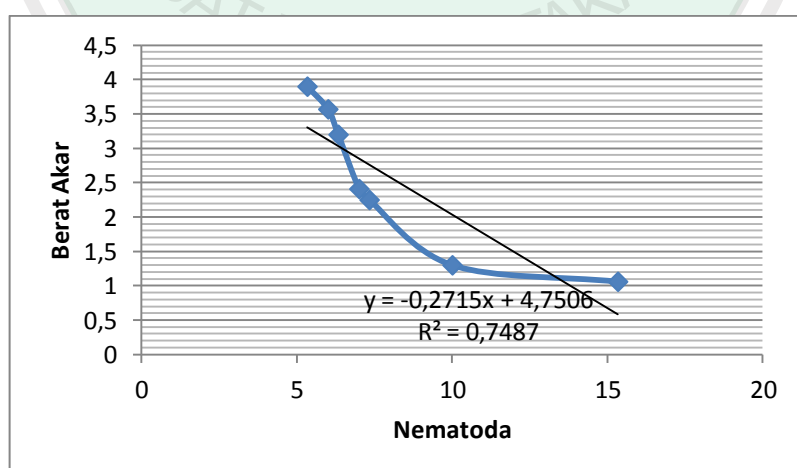


Gambar 4.4. Diagram batang berat akar tanaman kentang

Terjadinya peningkatan pertumbuhan, seperti berat akar, disebabkan oleh karena bakteri endofit dapat merangsang pembentukan akar lateral dan jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara. Bacon dan Hinton (2007) melaporkan bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan cara : 1) meningkatkan ketersediaan nutrisi tanaman, seperti nitrogen, fosfat, fosfor, dan mineral lainnya, 2) merangsang pertumbuhan dengan

memproduksi hormon pertumbuhan, seperti etilen, auxin, dan sitokinin, 3) mengurangi dampak negatif dari patogen.

Fatichah (2011) menyatakan bahwa bakteri endofit pada kentang menghasilkan enzim kitinase yang dapat menghambat pertumbuhan nematoda. Dewi (2008), menyatakan bahwa kemampuan bakteri endofit untuk memproduksi kitinase sangat bervariasi, mungkin disebabkan perbedaan pada gen yang mengkodennya. Variasi ini tidak saja terlihat dari jumlah aktifitas kitinase total yang diproduksi setiap spesiesnya, tetapi juga pada jenis kitinase yang dihasilkan. Genus bakteri yang sudah banyak dilaporkan menghasilkan kitinase antara lain *Aeromonas*, *Alteromonas*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Ewingella*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Serratia*,. Beberapa spesies yang telah dipelajari antara lain *Aeromonas* sp, *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *Clostridium* sp, *Enterobacter liquefaciens*, *Flavobacterium indoltheticum*, *Klebsiella* sp, *Micrococcus colpogenes*, *Pseudomonas* sp, *Serratia marcencens*, *Vibrio parahaemoliticus*, *V. alginolyticus*, *Bacillus* dan *Pyrococcus*.



Gambar 4.5. Grafik hasil analisa regresi polynomial pengaruh jumlah sista *G.rostochiensis* terhadap berat akar tanaman kentang

Hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa jumlah sista *G.rostochiensis* mempengaruhi berat akar tanaman kentang sebesar 74, 87%.

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

4.3. Kajian Keislaman Terkait Pengaruh Filtrat Bakteri Endofit terhadap Populasi Sista *Globodera rostochiensis* pada Tanaman Kentang

Kentang merupakan komoditas hortikultura penting di Indonesia yang saat ini menjadi bahan pangan alternatif karena memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber karbohidrat yang kaya protein untuk menunjang program diversifikasi pangan maupun sebagai bahan baku industri olahan. Tanaman ini menjadi salah satu komoditi yang mendapat prioritas pengembangan karena kebutuhan kentang cenderung meningkat sejalan dengan penambahan jumlah penduduk, meningkatnya pendapatan dan berkembangnya industri pengolahan

makanan. Keadaan tersebut mengakibatkan bertambah luasnya pertanaman kentang dan meningkatnya permintaan benih kentang yang bermutu dan berkualitas. Namun dalam peningkatan industri pertanian kentang terdapat beberapa kendala. Kendala utama produksi kentang di negara-negara tropis termasuk Indonesia adalah adanya penyakit-penyakit berbahaya yang diketahui berakibat terhadap penurunan hasil yang nyata dan terbatasnya penggunaan benih kentang bermutu oleh petani, yaitu seperti terserangnya tanaman kentang oleh Nematoda Sista Kuning (*Globodera rostochiensis*).

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

Penggalian manfaat dari alam, harus juga diikuti upaya pelestarian itu sendiri. Artinya, hendaklah dijaga keseimbangan ekologi dan dihindari pencemaran serta diupayakan agar kekayaan itu digunakan sehemat mungkin (Khaelany, 1996). Islam mengajarkan tentang adanya prinsip keseimbangan dan keharmonisan hidup, firman Allah SWT dalam Al-Qur'an surat Al-Mulk ayat 3:

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَوَاتٍ طِبَاقًا ۚ مَا تَرَىٰ فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِن تَفَوتٍ ۚ فَارْجِعِ
الْبَصَرَ هَلْ تَرَىٰ مِن فُطُورٍ ﴿٣﴾

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

Keseimbangan dan keharmonisan dalam Islam sesuai dengan bentuk dan jenis penciptaan alam raya yang menggambarkan keseimbangan sebagaimana yang diungkapkan Al-Qur'an dengan istilah fitrah (*Futhur*). Fitrah pada ayat diatas diartikan seimbang dan harmoni (Yusuf, 2006).

Munculnya hama dan penyakit pada tanaman merupakan salah satu peringatan kepada umat manusia untuk selalu memperhatikan keseimbangan dan kelestarian makhluk hidup. Salah satu rahmat yang diturunkan oleh Allah SWT adalah bakteri endofit yang digunakan untuk membantu menjaga keseimbangan di alam. Hal ini dikarenakan endofit menempati relung ekologi yang sama dengan hama, hal ini menyebabkan terjadinya kontak antara hama dan endofit semakin dekat sehingga endofit dapat digunakan sebagai agen pengendalian secara biologi (Athman, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan bakteri endofit mampu menghambat populasi sista *Globodera rostochiensis* dalam 100 gram tanah dan dapat memacu pertumbuhan tanaman kentang. Pada isolat AA mampu menghambat populasi sista *Globodera rostochiensis* hingga 91% dan juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa jumlah sista *Globodera rostochiensis* mempengaruhi tinggi tanaman kentang sebesar 61,3%. Sedangkan hasil analisa menggunakan regresi polynomial menunjukkan bahwa jumlah sista *Globodera rostochiensis* mempengaruhi panjang akar tanaman kentang sebesar 74,77%. Begitu pula pada hasil analisa menggunakan regresi

polynomial menunjukkan bahwa jumlah sista *Globodera rostochiensis* mempengaruhi berat akar tanaman kentang sebesar 74, 87%.

Hal ini memberikan bukti bahwa bakteri endofit dapat dijadikan sebagai agen pengendalian secara biologi. Jadi dengan adanya bakteri endofit sebagai agen pengendalian secara biologi, dapat diartikan bahwa bakteri endofit dapat digunakan untuk menjaga keseimbangan alam. Pengendalian patogen seperti nematoda bukan suatu hal yang mustahil untuk dilakukan karena Allah SWT menciptakan segala sesuatu melalui perhitungan yang matang dan Allah SWT tidak akan membiarkan umatnya dalam permasalahan yang tidak dapat diselesaikan. Allah SWT tidak akan menurunkan penyakit seperti patogen dalam lahan pertanian, melainkan menurunkan pula pembasmi bagi patogen tersebut. Hal ini sesuai dengan Sabda Nabi SAW:

أَنَّ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ : لِكُلِّ دَاءٍ دَوَاءٌ فَإِذَا أُصِيبَ دَوَاءُ الدَّاءِ
بَرَأَ بِإِذْنِ اللَّهِ عَزَّوَجَلَّ (رواه مسلم)

Artinya: Bahwa Nabi SAW. Beliau bersabda : “setiap penyakit pasti ada obatnya, apabila penyakit itu telah bertemu dengan obatnya, maka penyakit itu akan sembuh atas izin Allah, Tuhan yang Maha Perkasa lagi Maha Agung” (H.R. Muslim).

Jadi telah terbukti bahwa setiap penyakit itu ada obatnya, seperti pada hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa dengan pemberian filtrat bakteri endofit mampu menghambat pertumbuhan nematoda sista kuning yang selama ini meresahkan para petani kentang.