

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kemampuan pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit dalam meningkatkan ketahanan tanaman kentang terhadap serangan nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*)

Hasil pengamatan menunjukkan pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit ini berpengaruh nyata dalam meningkatkan ketahanan tanaman kentang terhadap serangan *G. rostochiensis*. Hal ini berdasarkan hasil analisis one-way anova menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ (Tabel 4.1), yang artinya ada perbedaan nyata antara kontrol positif dengan perlakuan pada parameter populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar. Setelah dilakukan uji lanjut BNT pada taraf 5% dapat diketahui bahwa pupuk hayati berbahan baku bakteri tunggal *Klebsiella ozaenae* mampu menurunkan rata-rata jumlah nematoda sista kuning yang menempel pada akar tanaman kentang (tabel 4.2). sedangkan pupuk hayati berbahan baku tunggal *B. mycooides* dan *Ps. pseudomallei*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B. mycooides* + *Ps. Pseudomallei*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *Ps. pseudomallei* + *Klebsiella ozaenae*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B. mycooides*+ *K. ozaenae* + *Ps. Pseudomallei*, dan pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B.*

mycooides + *K. Ozaenae* memiliki nilai rata-rata tidak berbeda nyata dengan kontrol positif.

Tabel 4.1 Hasil Analisis One-Way Anova pada parameter populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar

sk	db	jk	kt	fhit	ftabel
perlakuan	8	4.06	0.51	4.76**	2.31
galat	18	1.92	0.11		
Total	26				

Keterangan **) : Berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5 %

Tabel 4.2 Kemampuan Pupuk Hayati Berbahan Baku Bakteri Endofit Dalam Meningkatkan ketahanan tanaman kentang terhadap serangan *G. rostochiensis* pada parameter populasi sista *G. rostochiensis* yang menempel pada akar

Perlakuan Pupuk Endofit	Rata-rata <i>G. rostochiensis</i> yang menempel pada akar tanaman kentang
Kontrol negative	00.00 a
<i>Klebsiella ozaenae</i>	06.33 a
<i>Ps. pseudomallei</i> + <i>Klebsiella ozaenae</i>	09.00 ab
<i>B. mycooides</i> + <i>K. ozaenae</i> + <i>Ps. Pseudomallei</i>	12.33 ab
<i>B. mycooides</i> + <i>Ps. pseudomallei</i>	10.33 ab
<i>B. mycooides</i>	11.33 ab
<i>B. mycooides</i> + <i>K. Ozaenae</i>	15.33 ab
<i>Ps. pseudomallei</i>	19.67 ab
Kontrol positif	28.00 b

Keterangan : Nilai-nilai yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%

Kontrol positif memiliki nilai rata-rata paling tinggi pada penempelan *G. rostochiensis* (Tabel 4.2). Hal ini membuktikan bahwa kontrol positif tidak tahan terhadap serangan *G. rostochiensis* karena kontrol tidak direndam dengan pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit sebelum ditanam.

Banyaknya nematoda yang menempel membuktikan bahwa nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*) yang diinokulasikan telah menetas dan menyerang tanaman kentang tersebut.

G. rostochiensis menyerang tanaman kentang dengan mengadakan penetrasi secara langsung pada akar primer muda atau bagian ujung meristem dari akar sekunder (Sunarto, 2007). Penetrasi ini dilakukan nematoda untuk mencari tempat makan yang tepat dalam akar yaitu dekat jaringan angkut untuk mengambil nutrisi dari sitoplasma sel (Dropkin, 1991). Penyerapan sari-sari makanan oleh *G. rostochiensis* di dalam akar menyebabkan berat akar berkurang dan pertumbuhannya terhambat (Harni, 2007).

Telur *G. rostochiensis* menetas terjadi ketika faktor lingkungan dalam kondisi yang tepat dan kehadirannya akan tersebar pada akar tanaman inang. Telur menetas ketika pada kondisi optimal. Ketika juvenil stadia kedua menemukan inang, maka juvenil 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 *syncytium* (Sarjana, 2008).

Tanaman kentang yang direndam pada pupuk hayati berbahan baku *Klebsiella ozaenae* mampu meningkatkan ketahanan tanaman kentang terhadap serangan *G. rostochiensis*. *Klebsiella ozaenae* adalah bakteri tanah yang dapat mengkoloni akar tanaman (Simanungkalit, 2006). Beberapa

penelitian menunjukkan bahwa beberapa rhizobacteria seperti *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp. dan *Agrobacterium* spp. yang dikenal mempunyai aktifitas antagonis terhadap berbagai penyakit juga menunjukkan aktifitas nematisida dengan menekan infeksi nematoda dan mengurangi populasi nematoda pada kondisi *glass house* dan di lapang (Nasahi, 2010). Begitu juga *Klebsiella* spp dilaporkan memiliki aktivitas kitinolitik, yakni mampu menguraikan kitin (Pujiyanto *et al.*, 2008). Menurut Singh *et al.*, (1999) Sebagian besar mikroorganismen tanah dan air adalah adalah pendegradasi kitin yang baik.

Terjadinya penekanan populasi nematoda oleh bakteri endofit, diduga disebabkan oleh metabolit sekunder, enzim kitinase, dan protease yang dihasilkannya (Harni, 2007). Enzim ini dapat digunakan langsung oleh bakteri untuk mendegradasi dinding sel pathogen (Meryandini, dkk, 2009).

Enzim kitinase dan enzim protease adalah enzim yang berperan sebagai anti nematoda. Dimana enzim kitinase adalah enzim yang mendegradasi kitin pada lapisan luar telur nematoda. Enzim kitinase mengganggu perkembangan nematoda dengan cara menembus dinding tubuh nematoda dan menghambat enzim asetilkolinesterase serta mengubah fungsi metabolik nematoda (Natasasmita, 2004). Sedangkan enzim protease adalah enzim yang mendegradasi protein pada nematoda dan menghancurkan inti telur nematoda (Harni, dkk, 2006).

Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri endofit berfungsi untuk mendegradatif dinding sel jamur secara intraseluler. Seperti dinding

Fusarium sp tersusun atas 39% kitin, 29% glukukan, 7% protein, dan 6% lemak (Juanda, 2009). Kulit telur nematoda yang paling utama juga terdiri dari protein dan chitin (Bird dan Bird, 1991 dalam Thikonov, 2002) maka dari itu enzim protease dan kitinase ini berpengaruh pada degradasi kutikula dan kulit telur nematoda (Thikonov, 2002) serta pendegradasi dinding sel jamur pathogen (Suryanto, 2005).

Mekanisme penghambatan mikroorganisme oleh senyawa antimikrobia dapat disebabkan oleh sintesis protein (misalnya, penghambatan translasi dan transkripsi material genetik) dan penghambatan terhadap sintesis asam nukleat (Brooks *et al.*, 2005 dalam Nurmayulis, 2005). Sitoplasma semua sel hidup dibatasi oleh membran sitoplasma yang berperan sebagai barrir permeabilitas selektif, membawa fungsi transpor aktif, dan kemudian mengontrol komposisi internal sel. Jika fungsi integritas membran sitoplasma dirusak maka makromolekul dan ion keluar dari sel, kemudian sel akan rusak (Brooks *et al.*, 2005 Nurmayulis, 2005).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Wardhani (2009) menunjukkan bahwa bakteri endofit yang berhasil diisolasi dari akar tanaman kentang, diantaranya yaitu : *Bacillus mycoides*, *Pseudomonas pseudomallei*, dan *Klebsiella ozaenae* dapat menghambat pertumbuhan larva *Globodera rostochiensis*. Masing-masing bakteri endofit memiliki kemampuan mematikan larva *G. rostochiensis* dengan persentase kematian 87,70% untuk

B. mycooides; kemudian *Ps. pseudomallei* mampu mematikan 78,44% larva *G. rostockiencis*; dan *Klebsiella ozaenae* mampu mematikan 58,66% larva *G. rostockiencis*.

Maha Besar Allah yang telah menciptakan bakteri endofit agar dimanfaatkan oleh manusia untuk kesejahteraannya. Diterangkan dalam surat Al-Jaatsiyah : 13

سَخَّطَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: Dan Dia telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir. (QS. Al-Jaatsiyah: 13).

Ayat di atas menunjukkan bahwa manusia dapat memanfaatkan segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT, termasuk bakteri untuk kemaslahatan kehidupan manusia. Para ahli bahasa menerangkan bahwa kata *memudahkan* atau *menundukkan* pada ayat di atas ialah sesuatu yang dapat kita tundukkan atau kita taklukkan yang berarti memudahkan (menundukkan) segala isi alam semesta untuk kepentingan manusia. Karena di dalam alam semesta di langit dan di bumi, tidak ada sesuatu pun yang sukar untuk dipergunakan oleh manusia itu, asal saja ia suka menggunakan akal fikiran serta ilmu pengetahuannya dan suka mengusahakan untuk

diambil manfaatnya, serta mengerti bagaimana mengembangkan kebaikan-kebaikan yang berasal dari benda tersebut (Assiba'i,1993).

Bibit kentang yang sebelum ditanam direndam pada pupuk hayati berbahan baku tunggal *B. mycooides* dan *Ps. pseudomallei*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B. mycooides* + *Ps. Pseudomallei*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *Ps. pseudomallei* + *Klebsiella ozaenae*, pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B. mycooides*+ *K. ozaenae* + *Ps. Pseudomallei*, dan pupuk hayati berbahan baku kombinasi *B. mycooides* + *K. Ozaenae* memiliki nilai rata-rata tidak berbeda nyata dengan kontrol positif. Hal ini mungkin saja terjadi karena Hal ini diduga karena populasi inokulan yang kurang tepat, dan kemungkinan bakteri endofit kurang mampu beradaptasi dengan lingkungannya. Anugrahwati (2008) menyatakan bahwa antibiosis bukanlah satu-satunya faktor dalam menghambat perkembangan stadia nematoda dan menurunkan pembentukan puru akar. Raaijmakers *et al.* (2002 dalam Anugrahwati (2008)) menyatakan bahwa mikroorganisme pada tanaman dapat memproduksi antibiotik seperti yang dihasilkan *in vitro*, tetapi tidak dapat dijamin jumlahnya mencukupi untuk menghambat aktifitas metabolik patogen.

Efektifitas agen pengendali hayati dalam menekan perkembangan nematoda dipengaruhi oleh kerapatan populasi inokulan, dimana kerapatan optimum untuk setiap strain perlu diidentifikasi (Anugrahwati, 2008). Pada penelitian ini, setiap bakteri endofit diaplikasikan pada konsentrasi 10⁸

cfu/ml. Setiap perlakuan mungkin memerlukan kerapatan spora berbeda agar efektif dalam menekan perkembangan nematoda. Oostendorp dan Sikora (1989) dalam Anugrahwati, (2008) menunjukkan bahwa beberapa isolat rhizobacteria pada konsentrasi tinggi menurunkan aktifitas nematisidanya, sedangkan isolat lainnya yang efektif pada konsentrasi tinggi, menurun aktifitasnya pada kelembaban yang tinggi.

Segala sesuatu yang ada di dunia ini diciptakan menurut ukurannya. Seperti yang difirmankan Allah dalam surat Al-hijr: 19

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

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

Surat Al-hijr: 19 jelas menerangkan bahwa segala sesuatu yang ada di dunia ini diciptakan sesuai dengan ukurannya masing-masing. Seperti Efektifitas agen pengendali hayati dalam menekan perkembangan nematoda dipengaruhi oleh kerapatan populasi inokulan, dimana kerapatan optimum untuk setiap strain perlu diidentifikasi (Anugrahwati, 2008). Hal ini membuktikan bahwa dibutuhkan ukuran kerapatan yang tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam menekan perkembangan nematoda.

Keberhasilan pupuk hayati juga dipengaruhi oleh kemampuan bakteri endofit dalam mengkolonisasi jaringan internal akar (Harni, 2007). Hasil

penelitian yang telah dilakukan Harni (2007) menunjukkan bahwa bakteri yang digunakan dapat mengkolonisasi jaringan internal akar nilam. Bakteri yang dapat mengkolonisasi memiliki kerapatan populasi bakteri di dalam akar sangat bervariasi bergantung pada isolat yang digunakan. Setiap bakteri selulolitik menghasilkan kompleks enzim selulase yang berbeda-beda, tergantung dari gen yang dimiliki dan sumber karbon yang digunakan (Meryandini, dkk, 2009). Hal inilah yang mungkin menyebabkan kerapatan populasi bakteri di dalam akar sangat bervariasi bergantung pada isolat yang digunakan.

Bakteri selulolitik adalah bakteri yang mampu menghasilkan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa (Maranata, 2002). Bakteri endofit termasuk bakteri selulolitik karena menggunakan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa yang secara langsung dapat dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber makanan pada dinding sel tumbuhan untuk melakukan kolonisasi pada akar tumbuhan (Pham *et al.*, 2007).

Rusaknya dinding sel tanaman oleh enzim selulase menyebabkan terjadinya luka pada tanaman (Yudiarti, 2007) sehingga memudahkan bakteri untuk melakukan penetrasi untuk masuk ke jaringan inang (Pham *et al.*, 2007). Kemudian bakteri mengkolonisasi jaringan tanaman dengan melakukan perluasan jaringan invasi pada tanaman inang. Penelitian Harni (2007) menunjukkan bahwa bakteri endofit yaitu *Bacillus subtilis* dan

Pseudomonas fluorescent yang diisolasi dari tanaman nilam mampu menghasilkan enzim selulase.

Semua jenis makhluk hidup di dunia ini di manapun dia berada tidak lepas dari pengawasan dan telah tersedia rizkinya. Firman Allah menjelaskan hal ini dalam surat (Hud, 11: 06) :

﴿ وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا كُلُّ فِي كِتَابٍ

مُبِينٍ ﴿٦﴾

Artinya : *Dan tidak ada suatu binatang melata pun di bumi melainkan Allah-lah yang memberi rezkinya, dan Dia mengetahui tempat berdiam binatang itu dan tempat penyimpanannya. semuanya tertulis dalam kitab yang nyata (Lauh Mahfuzh) (Hud, : 06).*

Rizki, makan, dan minum makhluk hidup di dunia ini telah dijamin oleh Allah. Seperti bakteri endofit ini memperoleh makanan dari dalam tumbuhan. Allah telah membekali bakteri endofit dengan kemampuannya sebagai bakteri selulolitik, karena menggunakan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa yang secara langsung dapat dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber makanan pada dinding sel tumbuhan untuk melakukan kolonisasi pada akar tumbuhan (Pham *et al.*, 2007)

4.2 Pengaruh pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit pada pertumbuhan tanaman kentang

Kemampuan pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit ini dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yang meliputi parameter berat basah akar, berat kering akar, panjang akar, berat basah tumbuhan dan berat kering tumbuhan tidak menunjukkan perbedaan nyata antara kontrol positif dengan perlakuan. Hal ini diperlihatkan dengan hasil analisis one-way anova yang menunjukkan $F_{hitung} < F_{tabel}$ (Tabel 4.3; 4.4; 4.5; 4.6; 4.7).

Tabel 4.3 Hasil Analisis One-Way Anova pada Parameter Berat Basah Akar Tanaman Kentang

Sk	db	jk	Kt	fhit	ftabel
Perlakuan	8	26.72	3.34	2.29*	2.51
Galat	18	26.21	1.46		
Total	26				

Keterangan *) : Tidak berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5 %

Tabel 4.4 Hasil Analisis One-Way Anova pada Parameter Berat kering akar tanaman kentang

Sk	db	jk	Kt	fhit	ftabel
Perlakuan	8	0.84	0.10	0.21*	2.51
Galat	18	9.17	0.51		
Total	26				

Keterangan *) : Tidak berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5 %

Tabel 4.5 Hasil Analisis One-Way Anova pada Parameter Panjang akar

sk	db	jk	Kt	fhit	ftabel
perlakuan	8	761.45	95.18	1.17*	2.51
galat	18	1463.03	81.28		
Total	26				

Keterangan *) : Tidak berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5 %

Tabel 4.6 Hasil Analisis One-Way Anova pada parameter Berat basah

sk	db	jk	Kt	fhit	ftabel
perlakuan	8	8744.23	1093.03	0.10*	2.51
galat	18	199801.31	11100.07		
Total	26				

Keterangan *) : Tidak berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5%

Tabel 4.7 Hasil Analisis One-Way Anova pada parameter Berat Kering

sk	db	jk	kt	fhit	ftabel
perlakuan	8	1157.42	144.68	1.24*	2.51
galat	18	2095.32	116.41		
Total	26				

Keterangan *) : Tidak berbeda nyata pada F hitung dengan taraf signifikansi 5%

Pertumbuhan berarti penambahan ukuran karena organisme multisel tumbuh dari zigot, penambahan itu bukan hanya dalam volume, tetapi juga dalam bobot, jumlah sel, banyaknya protoplasma dan tingkat kerumitan. Pada perpanjangan sel, terjadi pembesaran sel-sel baru tersebut. Proses ini membutuhkan air yang banyak, gula dan Perkembangannya memerlukan karbohidrat. Pendekatan yang digunakan untuk pengukuran biomassa tanaman adalah menimbang berat basah dan berat kering tanaman. Berat basah dapat ditentukan tanpa merusak tanaman dan nilainya dapat

bervariasi tergantung kadar air dalam tanaman. Berat kering mencerminkan akumulasi senyawa organik yang disintesis tanaman dari senyawa anorganik. Unsur hara yang diserap tanaman dari lingkungan juga memberi kontribusi pada berat kering tanaman (Parman, 2007).

Berat basah tanaman merupakan gambaran kandungan air yang mampu diserap oleh tanaman. Berat tanaman diukur secara langsung setelah panen, sebelum tanaman menjadi layu akibat kehilangan air (Lakitan, 1996). Berat kering tanaman mencerminkan status nutrisi tanaman yang diikuti oleh peningkatan berat kering tanaman. Komposisi N merupakan berat kering tanaman terbesar selain P dan K. Berat kering tanaman adalah indikator pertumbuhan tanaman karena berat kering tanaman merupakan hasil akumulasi asimilat tanaman yang diperoleh dari total pertumbuhan dan perkembangan tanaman selama hidupnya. Semakin besar berat kering tanaman berarti semakin baik pertumbuhan dan perkembangan tersebut (Noor, 2003). Jadi, ketika proses fiksasi N berjalan tidak terlalu tinggi, maka berat kering pun akan menurun.

Respon tanaman kentang terhadap inokulasi pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit memberikan hasil rata-rata tidak berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini kemungkinan terjadi karena bakteri endofit tersebut kurang mampu beradaptasi dengan lingkungan tempat tumbuhnya, seperti jenis vegetasi dan kerapatannya, rotasi tanaman, kelembaban, suhu, aerasi, faktor kimia-fisik dan reaksi tanah/pH. Menurut Suliasih (2006), bakteri endofit

dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan baik karena bakteri endofit tersebut mampu beradaptasi dengan lingkungan tempat tumbuhnya, seperti jenis vegetasi dan kerapatannya, rotasi tanaman, kelembaban, suhu, aerasi, faktor kimia-fisik dan reaksi tanah/pH.

Lingkungan yang baik dan cocok untuk jenis bakteri endofit tertentu akan meningkatkan aktifitasnya dalam mengeluarkan asam-asam organik, enzim-enzim (fosfatase, fitase dan nuklease) dan hormon-hormon tumbuh untuk melarutkan P tanah yang terikat menjadi tersedia sehingga tanaman mampu menyerap P untuk mencukupi kebutuhannya (Suliasih, 2006). Enzim fitase berfungsi untuk mendegradasi ikatan fitat, sehingga dapat melepaskan mineral, asam amino dan protein tertentu. Bakteri yang menghasilkan enzim fitase adalah *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, dan fitase periplasma dan sitoplasma dari *Escherichia coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Pseudomonas spec*, *K. terrigena* dan *K. Aerogenes* (Nat dan Sajidan (2009), dalam Suriaman, 2010).

Bakteri endofit dalam tubuh tanaman berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang yaitu dengan menambat N₂ dan memacu pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan fitohormon (IAA, sitokinin dan giberelin), dan melarutkan P (Suriaman, 2010) yang terikat menjadi tersedia melalui asam-asam organik dan enzim yang dihasilkannya (Wulandari, 2001). Hasil penelitian Suriaman (2010) menunjukkan bahwa semua jenis bakteri endofit yang telah diisolasi dari tanaman kentang *B. mycooides*, *K. ozaenae*, dan *Ps. Pseudomallei*, baik bakteri tunggal dan bakteri kombinasi

mampu memfiksasi N₂ di udara dan mampu menghasilkan hormone IAA, dan *Bacillus* serta *pseudomonas* dalam penelitian Harni (2007) mampu menghasilkan fosfat.

Nitrogen yang ditambat oleh bakteri endofit berperan sebagai penyusun protein, sedangkan fosfat berperan dalam memacu pembelahan jaringan meristem dan merangsang pertumbuhan akar dan perkembangan daun. Akar menentukan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi dan air, pertumbuhannya ditentukan oleh area daun yang aktif melakukan fotosintesis karena akar bergantung pada penangkapan energi 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).

Akibat dari area daun yang aktif melakukan fotosintesis, tingkat absorpsi unsur hara dan air oleh tanaman sampai batas optimumnya yang akan digunakan untuk pembelahan, perpanjangan dan diferensiasi sel. Unsur hara nitrogen dan fosfor akan meningkatkan aktivitas fotosintesis tumbuhan sehingga meningkatkan karbohidrat yang dihasilkan sebagai cadangan makanan (Poerwowidodo, 1992). Proses fotosintesis membutuhkan klorofil dan klorofil umumnya disintesis pada daun untuk menangkap cahaya

matahari yang jumlahnya berbeda pada tiap spesies tumbuhan tergantung dari faktor lingkungan dan genetiknya (Hendriyani, 2009).

Pupuk hayati berbahan baku bakteri endofit memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan kontrol kemungkinan disebabkan oleh kurang optimalnya sintesis klorofil pada daun yang disebabkan bakteri endofit kurang mampu menyesuaikan diri dengan habitatnya sehingga bakteri endofit kurang optimal dalam mengikat N₂. Selain habitat, faktor-faktor lain yang mempengaruhi sintesis protein meliputi: cahaya, gula atau karbohidrat, air, temperature, faktor genetik dan unsur-unsur nitrogen, magnesium, besi, mangan, Cu, Zn, sulfur dan oksigen (Hendriyani, 2009).

Maha Besar Allah yang telah menciptakan bakteri endofit, makhluk kecil yang terlihat oleh mata telanjang ternyata memiliki manfaat yang begitu besar bagi kehidupan manusia dan tumbuhan. Dijelaskan dalam surat Al-Baqarah : 26, sebagai berikut :

﴿ إِنَّ اللَّهَ لَا يَسْتَحْيِي ۚ أَنْ يَضْرِبَ مَثَلًا مَّا بَعُوضَةً فَمَا فَوْقَهَا ۚ فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا فَيَعْلَمُونَ أَنَّهُ
 الْحَقُّ مِنْ رَبِّهِمْ ۗ وَأَمَّا الَّذِينَ كَفَرُوا فَيَقُولُونَ مَا ذَا أَرَادَ اللَّهُ بِهَذَا مَثَلًا ۙ يُضِلُّ بِهِ كَثِيرًا
 وَيَهْدِي بِهِ كَثِيرًا ۚ وَمَا يُضِلُّ بِهِ إِلَّا الْفَاسِقِينَ ﴿٢٦﴾

Artinya: *Sesungguhnya Allah tiada segan membuat perumpamaan berupa nyamuk atau yang lebih rendah dari itu. Adapun orang-orang yang beriman, maka mereka yakin bahwa perumpamaan itu benar dari Tuhan mereka, tetapi mereka yang kafir mengatakan: "Apakah maksud Allah menjadikan ini untuk perumpamaan?" Dengan perumpamaan itu banyak orang yang disesatkan Allah, dan dengan*

perumpamaan itu (pula) banyak orang yang diberi-Nya petunjuk. Dan tidak ada yang disesatkan Allah kecuali orang-orang yang fasik (QS. Al-Baqarah :26).

Ayat tersebut mengisyaratkan bahwa tidak ada segala sesuatu di dunia ini yang tercipta sia-sia meskipun nyamuk ataupun yang lebih kecil sekalipun seperti bakteri endofit yang ternyata begitu bermanfaat dalam meningkatkan ketahanan tanaman kentang terhadap serangan *G. rostochiensis* dan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang dengan kemampuannya menghasilkan enzim protease, enzim kitinase, hormon IAA, menambat N dari udara, dan melarutkan fosfat.

