

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas *G. rostochiensis*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas *G. rostochiensis* yang ditunjukkan pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap persentase kematian larva II *G. rostochiensis* dalam 100 μ L/mL setelah 24 jam perlakuan

No	Isolat Bakteri Endofit	Mortalitas (%)
1	AA	35 ^a
2	DA	25 ^{ab}
3	BE	24 ^{ab}
4	AH	22,67 ^{ab}
5	BA	13,67 ^{bc}
6	DH	12,67 ^{bc}
7	KM	0,67 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Berdasarkan uji lanjut dengan DMRT 5% pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa perlakuan KM (kontrol) memberikan nilai terendah, hal ini dikarenakan pada perlakuan KM adalah merupakan kontrol yang pada perlakuannya tidak ada penambahan filtrat bakteri endofit. Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa perlakuan KM memiliki nilai 0,67 yang artinya pada perlakuan kontrol terdapat larva nematoda *G. rostochiensis* yang mati. Kematian larva nematoda *G. rostochiensis* pada perlakuan kontrol disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor lingkungan abiotis. Faktor lingkungan abiotis yang paling berpengaruh terhadap penetasan telur n 40 a *G. rostochiensis* adalah suhu

(Hadisoeganda, 2006). Suhu di labortaorium pada saat penelitian adalah 16°C, sedangkan suhu yang dibutuhkan untuk membuat larva *G. rostochiensis* aktif menurut Mc Kenna, dkk. (1972) dalam Lisnawati (2010) adalah 25°C. Temperatur sangat mempengaruhi faktor biologi NSK, seperti jumlah sista baru, faktor reproduksi, daya tahan hidup dan perbanyakkan (Lisnawati, dkk. 2010).

Perlakuan filtrat bakteri endofit isolat AA memberikan pengaruh tertinggi (35 %) terhadap mortalitas nematoda disusul DA (25 %), BE (24 %). Sedangkan pengaruh terendah terdapat pada perlakuan bakteri endofit isolat AH (22,67 %), BA (13,67 %) dan DH (12,67 %). Tingginya mortalitas nematoda pada perlakuan bakteri endofit isolat AA dimungkinkan berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut menghasilkan enzim. Enzim merupakan metabolit sekunder dari hasil metabolisme bakteri.

Enzim pada mulanya dihasilkan di dalam sel, beberapa disekresikan melalui dinding sel dan dapat berfungsi di luar sel. Ada dua tipe enzim, enzim ekstraseluler atau ekoenzim (berfungsi di luar sel) dan enzim intraseluler atau endoenzim (berfungsi di dalam sel). Fungsi utama eksoenzim adalah melangsungkan perubahan – perubahan seperlunya pada nutrien di sekitarnya sehingga memungkinkan nutrien tersebut memasuki sel (Cappucini, dkk. 2005). Enzim intraseluler mansintesis energi yang dibutuhkan oleh sel. Bakteri dapat menghidrolisis senyawa kompleks menjadi sederhana. Potensi hidrolitik yang dimiliki bakteri di dasarkan pada kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim sebagai pengendali aktivitas dalam metabolisnya (Pelzar, dkk. 2007).

Enzim ekstraseluler yang dihasilkan bakteri endofit diantaranya adalah kitinase, protease, dan selulase. Enzim kitinase merupakan enzim penting yang dihasilkan oleh bakteri antagonis untuk mengendalikan patogen tular tanah, karena enzim ini dapat mendegradasi dinding sel patogen yang terdiri dari kitin seperti dinding sel cendawan, nematoda, dan serangga. Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri selain berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen, protease dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman. Benhamou, dkk. (1996) menyebutkan bahwa enzim selulase dan pektinase yang dihasilkan *Pseudomonas fluorescens* dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk mengkolonisasi daerah interseluler jaringan korteks akar, sehingga terjadi penghambatan invasi patogen.

Beberapa spesies bakteri yang terdapat pada tanaman kentang di antaranya yakni *Bacillus mycoides*, *Klebsiella ozonae*, *Pseudomonas pseudomallei* (Wardhani, 2010). Ketiga bakteri tersebut menurut Yurnaliza (2002) merupakan kelompok bakteri yang mampu menghasilkan enzim kitinase. Bakteri memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber karbon dan nitrogen (Guswenrivo, 2008). Enzim kitinase merupakan enzim penting yang dihasilkan bakteri, karena enzim ini dapat mendegradasi dinding sel nematoda.

Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup pada jaringan tumbuhan dan berinteraksi dengan tumbuhan yang ditumpanginya dengan interaksi yang bersifat mutualisme (Strobel dkk, 2003). Bakteri endofit secara umum ditemukan pada berbagai tumbuhan diantaranya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter* dan *Agrobacterium*. *Pontea*, *Enterobacter*, *Methylobacterium*, *Agrobacterium* dan

Bacillus banyak dilaporkan sebagai bakteri endofit pada tumbuhan yang dibudidayakan. *Pontea* banyak ditemukan di dalam jaringan tanaman dan *Klebsiella* sp. juga dilaporkan mengkolonisasi jaringan tanaman (Susilowati, 2010).

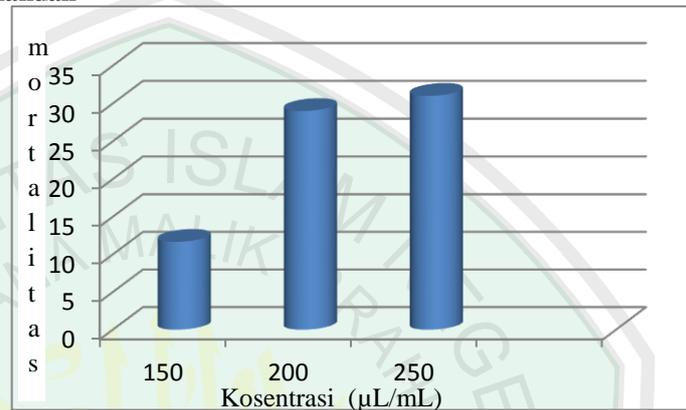
Isolat bakteri endofit dari genera *Bacillus* sp mempunyai daya bunuh terhadap nematoda peluka akar *Pratylenchus brachyuru* hingga 100% (Harni, 2006). Menurut (Dwijoseputro, 1989), *Bacillus* sp. dapat menghasilkan zat antibiotik berupa basistrasin, subtilin, polimixin, tritosin, bulbivormin, dan dapat juga menghasilkan senyawa volatil. Bakteri dari genus *Bacillus* sp. diketahui telah banyak digunakan sebagai biokontrol pada beberapa spesies tanaman dan terbukti mampu menjadi penghambat perkembangan beberapa penyakit tanaman.

Beberapa jenis bakteri seperti *Bacillus thuringiensis* dikenal mempunyai sifat antagonis terhadap nematoda parasitik. Bakteri tersebut menghasilkan β -exotoxin dan δ -endotoxin yang menyebabkan sel tubuh nematoda akan rusak. Efek lain dari infeksi bakteri tersebut terhadap nematoda adalah terganggunya proses pencernaan nematoda seperti *Meloidogyne incognita*, *Ratylenchus reniformis*, dan *Pratylenchus penetrans* (Kloper dkk, 1992). Beberapa strain *B. thuringiensis* mampu mensintesis lebih dari satu jenis δ -endotoksin. Toksin tersebut disintesis sebagai protoksin yang belum aktif dan tidak larut dalam air, akan tetapi dapat larut dalam mesentron larva nematoda setelah diuraikan oleh enzim protease. δ -endotoksin juga menghambat pembentukan ATP, merusak transportasi ion dan glukosa serta menghambat kontraksi otot-otot mesenteron (Ellar 1997).

4.2 Kosentrasi Filtrat Bakteri Endofit Terbaik terhadap Mortalitas Larva II

G. rostochiensis

Diagram 4.1 Pengaruh kosentrasi filtrat bakteri endofit terbaik isolat AA terhadap persentase kematian *G. rostochiensis* setelah 48 jam perlakuan



Pada uji kosentrasi filtrat bakteri endofit terbaik yakni isolat AA memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap tingkat kematian Larva II *G. rostochiensis* tergantung pada tingkat kosentrasi yang diaplikasikan. Bila dibandingkan dengan kontrol, filtrat bakteri endofit dengan kosentrasi 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$ dan 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ yang menunjukkan pengaruh dalam meningkatkan kematian Larva II. Dari data yang diperoleh pada pengujian kosentrasi filtrat bakteri endofit terbaik terhadap mortalitas *G. rostochiensis* menunjukkan bahwa isolat terbaik AA dengan kosentrasi 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ mampu membunuh larva II hingga 31 %. Secara berturut – turut hasil uji kosentrasi 150 $\mu\text{L}/\text{mL}$, 200 $\mu\text{L}/\text{mL}$, dan 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ adalah 11,67 %, 29 %, 31 %. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin tinggi kosentrasi yang diujikan semakin tinggi pula mortalitas larva II *G. rostochiensis*.

Pengaruh konsentrasi enzim pada laju aktivitas enzim terdapat suatu hubungan linear, yakni semakin tinggi konsentrasi enzim maka semakin cepat pula taraf aktivitas enzim tersebut (Pelzar dan Chan, 2005). Menurut Harni (2010) konsentrasi filtrat bakteri endofit sangat berpengaruh terhadap mortalitas nematoda, semakin tinggi konsentrasi filtrat semakin cepat dan banyak nematoda yang mati.

Terhambat dan terbunuhnya nematoda kemungkinan disebabkan oleh adanya senyawa kimia yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Yurliza (2007) menyebutkan bahwa bakteri endofit mampu menghasilkan enzim kitinase. Banyak organisme seperti bakteri, jamur, tumbuhan tingkat tinggi, dan hewan menghasilkan kitinase yang mengkonversi kitin menjadi monomer atau oligomernya. Organisme ini biasanya memiliki beragam gen kitinase yang ekspresinya diinduksi oleh ekstraseluler kitin atau derivatnya. Bakteri memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber karbon dan nitrogen. ini digunakan sebagai pertahanan melawan serangan organisme patogen yang mengandung kitin (Guswenrivo, 2008).

Enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri endofit dimanfaatkan untuk melakukan penetrasi kutikula *G. rostochiensis* dan menghidrolisis telur nematoda *G. rostochiensis* yang sebagian besar penyusunnya adalah zat kitin. Penetrasi kutikula oleh *Bacillus* dilakukan dengan memulai pertumbuhan spora pada kutikula. Spora bakteri menempel pada tubuh nematoda kemudian berkecambah dan menembus kutikula nematoda (Mustika, 2006) hingga mempengaruhi sistem syaraf nematoda dan menyebabkan asetilkolin menumpuk (Aisyah, 2011).

Asetilkolin merupakan substansi transmittor kimia yang penting dalam sistem saraf kebanyakan binatang, termasuk nematoda (Lee dan Atkinson, 1976). Jaringan saraf yang menghasilkannya yaitu sinapsis disebut sebagai saraf kolinergik. Asetilkolin menyebabkan kontraksi pada otot *Ascaris*. Tingkat kontraksi berhubungan langsung dengan konsentrasi asetilkolin yang digunakan. Asetilkolin dipecah dalam jaringan oleh kolinesterase termasuk juga asetilkolinesterase (Lee dan Atkinson, 1976). Apabila aktivitas enzim kolinesterase atau asetilkolinesterase terhambat maka asetilkolin akan menumpuk menyebabkan kontraksi yang terus menerus kemudian terjadi depolarisasi. Depolarisasi ditandai dengan kekakuan tubuh cacing, menyebabkan paralisis spastik ditandai dengan lengkung tubuh cacing yang membentuk huruf C (Aisyah, 2011).

Hasil uji konsentrasi pengaruh filtrat bakteri endofit tertinggi (isolat AA) terhadap mortalitas larva II *G. rostochiensis* jika dibandingkan dengan hasil uji sebelumnya yaitu uji pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas larva II *G. rostochiensis* menunjukkan adanya penurunan tingkat kematian larva II. Pada konsentrasi 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ filtrat bakteri endofit isolat AA mampu membunuh larva II hingga 35 %, sedangkan pada pengujian konsentrasi bakteri endofit isolat AA pada konsentrasi tertinggi 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ hanya mampu membunuh larva II sebesar 31 %. Terjadinya penurunan daya bunuh ini disebabkan adanya perbedaan lokasi pengambilan NSK (nematoda sista kuning). Pada pengujian pertama NSK didapat dari pertanian warga Desa Sumber Brantas ($\pm 1.700 - 1.800$ m d.p.l) sedangkan pengujian kedua NSK didapat dari Desa Junggo (± 1.200 m d.p.l).

Kedua lokasi ini memiliki tingkat ketinggian yang berbeda sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan suhu, kelembaban tanah, dan faktor lingkungan lainnya.

Perbedaan faktor lingkungan ini menyebabkan perbedaan daya tahan terhadap cekaman antara NSK yang diperoleh dari Desa Sumber Brantas dan Desa Junggo. Menurut Huang (1994) dalam Nurjanah (2009) diantara semua faktor lingkungan, suhu merupakan faktor abiotik yang paling penting karena suhu mempengaruhi proses dormansi (diapause) dan daya tahan hidup NSK. Hadisoeganda (2006) menambahkan bahwa 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). 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 (Winslow dan Willis 1972). Dalam situasi dorman tersebut nematoda tahan terhadap bahan aktif nematisida, suhu ekstrim (-35°C) maupun kekeringan (Spears 1968).

4.3 Penanggulangan Penyakit Menurut Islam

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan famili dari Solanaceae yang menjadi host plant (inang) bagi *Globodera rostochiensis*. Nematoda ini hanya dapat tumbuh dan berkembang sangat baik pada tanaman kentang. Menurut Byrne (1998) hal ini dikarenakan tanaman kentang memiliki senyawa kimia yang mampu membuat larva II dari *G. rostochiensis* menjadi aktif.

Dari tanaman kentang pula *G. rostochiensis* mendapatkan nutrisi untuk hidup dan berkembang biak. Kecocokan tanaman kentang sebagai inang NSK bukan hanya kebetulan semata. Allah SWT yang telah mengatur dan menempatkan binatang ini pada inang yang tepat dan cocok untuk dirinya. Dalam Surat Al-Huduud Allah SWT berfirman:

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

“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).” (QS. AL-Huduud: 6)

Berdasarkan ayat di atas, sesungguhnya keberadaan *G.rostochiensis* pada tanaman kentang merupakan ketetapan Allah SWT. Namun, pada saat ini keberadaan *G. rostochiensis* sangat meresahkan para petani kentang. Nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis* W.) saat ini telah digolongkan sebagai salah satu organisme pengganggu tanaman, sehingga keberadaannya pada lahan kentang perlu dikendalikan.

Dari Ibnu Mas’ud radhiallahu ‘anhu, bahwa Rasulullah Shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda (Imran, 2010):

“Sesungguhnya Allah Subhanahu wa Ta’ala tidaklah menurunkan sebuah penyakit melainkan menurunkan pula obatnya. Obat itu diketahui oleh orang yang bisa mengetahuinya dan tidak diketahui oleh orang yang tidak bisa mengetahuinya.” (HR. Ahmad, Ibnu Majah, dan Al-Hakim, beliau menshahihkannya dan disepakati oleh Adz-Dzahabi. Al-Bushiri menshahihkan hadits ini dalam Zawa`id-nya)

Dari hadis Nabi Saw tersebut dapat diketahui bahwa penyakit yang diturunkan Allah memiliki obat penyembuhnya, yang obat tersebut hanya bisa diketahui oleh orang – orang yang memiliki ilmu. Terwujudnya hal tersebut hanya dapat dilakukan dengan jalan penelitian – penelitian. Penelitian tentang pengaruh filtrat bakteri endofit merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk membuat obat bagi tanaman kentang yang terserang *G. rostochiensis*.

Ibnu Majah telah meriwayatkan dari Harun Al Hamani, dari Hisyam ibnul Qasim, dari Ziyad ibnu Abdullah ibnu Ilassah dan dari Musa ibnu Muhammad ibnu Ibrahim AtTaimi, dari ayahnya, dari Anas dan Jabir, dari Rasulullah Saw. Disebutkan bahwa apabila Rasulullah Saw. Berdoa dalam menghadapi wabah belalang, beliau mengucapkan (Ibnu Katsir, 2006):

“Ya Allah, binasakanlah yang besar-besarnya, matikanlah yang kecil-kecilnya, rusakkanlah telur-telurnya, hancurkanlah keturunannya serta hindarkanlah mulutnya dari tempat penghidupan kami dan dari rezeki kami. Sesungguhnya Engkau Maha Memperkenankan doa.”

Penelitian pengaruh filtrat bakteri endofit tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap mortalitas larva II *Globodera rostochiensis* W. merupakan salah satu upaya untuk mematikan generasi muda *G. rostochiensis* dan memperkecil resiko gagal panen akibat serangan nematoda ini. Larva II ini sangat berbahaya bagi tanaman kentang, dia bergerak aktif menuju akar ketika terangsang oleh eksudat akar inang. Apabila larva sudah melakukan penetrasi dan masuk pada jaringan tanaman kentang menyebabkan umbi kentang kerdil atau tidak dapat berkembang karena terjadi perebutan nutrisi yang tidak seimbang. Tanaman jenis umbi – umbian menyimpan cadangan makanannya di dalam akar.

Larva II menggunakan nutrisi tanaman tersebut untuk berkembang dan memperbanyak populasi. Sehingga dari sinilah kita dapat mengetahui kenapa Larva II *G. rostochiensis* perlu untuk dimatikan.

Adanya pengaruh filtrat bakteri endofit pada perlakuan merupakan salah satu jalan yang ditunjukkan Allah SWT kepada manusia. Allah menunjukkan jalan terang dalam memecahkan permasalahan hidup yang terjadi diantara umat manusia. Serangan *Globodera rostochiensis* pada lahan pertanian kentang yang terjadi di Indonesia mulai menemukan solusi permasalahannya. Para peneliti terus menerus melakukan hal yang terbaik agar dampak merugikan dari serangan *G.rostochiensis* tidak terus berlanjut. Melalui cahaya-Nya, Allah berkenan menunjukkan jalan keluar terhadap suatu permasalahan melalui siapapun yang dikehendakinya. Allah Subhanallahu Ta'ala berfirman:

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَلَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ﴾

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus[1039], yang di dalamnya ada Pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya)[1040], yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu.” (QS. An-Nuur: 35)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas *G. rostochiensis*

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas *G. rostochiensis* yang ditunjukkan pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap persentase kematian larva II *G. rostochiensis* dalam 100 μ L/mL setelah 24 jam perlakuan

No	Isolat Bakteri Endofit	Mortalitas (%)
1	AA	35 ^a
2	DA	25 ^{ab}
3	BE	24 ^{ab}
4	AH	22,67 ^{ab}
5	BA	13,67 ^{bc}
6	DH	12,67 ^{bc}
7	KM	0,67 ^c

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 5%

Berdasarkan uji lanjut dengan DMRT 5% pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa perlakuan KM (kontrol) memberikan nilai terendah, hal ini dikarenakan pada perlakuan KM adalah merupakan kontrol yang pada perlakuannya tidak ada penambahan filtrat bakteri endofit. Berdasarkan tabel 4.1, diketahui bahwa perlakuan KM memiliki nilai 0,67 yang artinya pada perlakuan kontrol terdapat larva nematoda *G. rostochiensis* yang mati. Kematian larva nematoda *G. rostochiensis* pada perlakuan kontrol disebabkan oleh banyak faktor, diantaranya adalah faktor lingkungan abiotis. Faktor lingkungan abiotis yang paling berpengaruh terhadap penetasan telur n 40 a *G. rostochiensis* adalah suhu (Hadisoeganda, 2006). Suhu di labortaorium pada saat penelitian adalah 16°C,

sedangkan suhu yang dibutuhkan untuk membuat larva *G. rostochiensis* aktif menurut Mc Kenna, dkk. (1972) dalam Lisnawati (2010) adalah 25°C. Temperatur sangat mempengaruhi faktor biologi NSK, seperti jumlah sista baru, faktor reproduksi, daya tahan hidup dan perbanyakkan (Lisnawati, dkk. 2010).

Perlakuan filtrat bakteri endofit isolat AA memberikan pengaruh tertinggi (35 %) terhadap mortalitas nematoda disusul DA (25 %), BE (24 %). Sedangkan pengaruh terendah terdapat pada perlakuan bakteri endofit isolat AH (22,67 %), BA (13,67 %) dan DH (12,67 %). Tingginya mortalitas nematoda pada perlakuan bakteri endofit isolat AA dimungkinkan berkaitan dengan kemampuan bakteri tersebut menghasilkan enzim. Enzim merupakan metabolit sekunder dari hasil metabolisme bakteri.

Enzim pada mulanya dihasilkan di dalam sel, beberapa disekresikan melalui dinding sel dan dapat berfungsi di luar sel. Ada dua tipe enzim, enzim ekstraseluler atau ekoenzim (berfungsi di luar sel) dan enzim intraseluler atau endoenzim (berfungsi di dalam sel). Fungsi utama eksoenzim adalah melangsungkan perubahan – perubahan seperlunya pada nutrisi di sekitarnya sehingga memungkinkan nutrisi tersebut memasuki sel (Cappucini, dkk. 2005). Enzim intraseluler mensintesis energi yang dibutuhkan oleh sel. Bakteri dapat menghidrolisis senyawa kompleks menjadi sederhana. Potensi hidrolitik yang dimiliki bakteri didasarkan pada kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim sebagai pengendali aktivitas dalam metabolisme (Pelzar, dkk. 2007).

Enzim ekstraseluler yang dihasilkan bakteri endofit diantaranya adalah kitinase, protease, dan selulase. Enzim kitinase merupakan enzim penting yang

dihasilkan oleh bakteri antagonis untuk mengendalikan patogen tular tanah, karena enzim ini dapat mendegradasi dinding sel patogen yang terdiri dari kitin seperti dinding sel cendawan, nematoda, dan serangga. Enzim protease yang dihasilkan oleh bakteri selain berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen, protease dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk melakukan penetrasi secara aktif ke dalam jaringan tanaman. Benhamou, dkk. (1996) menyebutkan bahwa enzim selulase dan pektinase yang dihasilkan *Pseudomonas fluorescens* dapat digunakan oleh bakteri tersebut untuk mengkolonisasi daerah interseluler jaringan korteks akar, sehingga terjadi penghambatan invasi patogen.

Beberapa spesies bakteri yang terdapat pada tanaman kentang di antaranya yakni *Bacillus mycoides*, *Klebsiella ozonae*, *Pseudomonas pseudomallei* (Wardhani, 2010). Ketiga bakteri tersebut menurut Yurnaliza (2002) merupakan kelompok bakteri yang mampu menghasilkan enzim kitinase. Bakteri memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber karbon dan nitrogen (Guswenrivo, 2008). Enzim kitinase merupakan enzim penting yang dihasilkan bakteri, karena enzim ini dapat mendegradasi dinding sel nematoda.

Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup pada jaringan tumbuhan dan berinteraksi dengan tumbuhan yang ditumpangnya dengan interaksi yang bersifat mutualisme (Strobel dkk, 2003). Bakteri endofit secara umum ditemukan pada berbagai tumbuhan diantaranya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Enterobacter* dan *Agrobacterium*. *Pontea*, *Enterobacter*, *Methylobacterium*, *Agrobacterium* dan *Bacillus* banyak dilaporkan sebagai bakteri endofit pada tumbuhan yang dibudidayakan. *Pontea* banyak ditemukan di dalam jaringan tanaman dan

Klebsiella sp. juga dilaporkan mengkolonisasi jaringan tanaman (Susilowati, 2010).

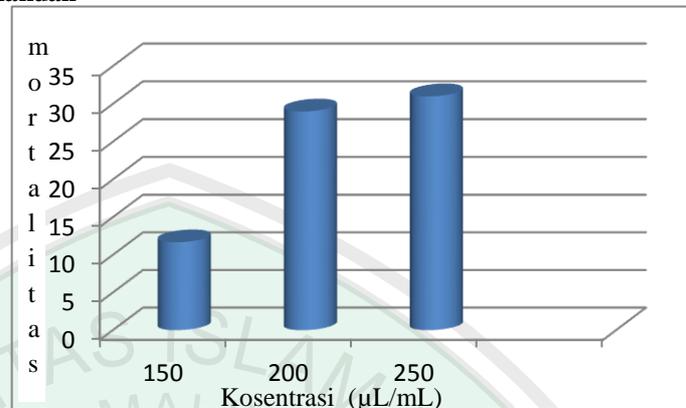
Isolat bakteri endofit dari genera *Bacillus* sp mempunyai daya bunuh terhadap nematoda peluka akar *Pratylenchus brachyuru* hingga 100% (Harni, 2006). Menurut (Dwijoseputro, 1989), *Bacillus* sp. dapat menghasilkan zat antibiotik berupa basistrasin, subtilin, polimixin, tritosin, bulbivormin, dan dapat juga menghasilkan senyawa volatil. Bakteri dari genus *Bacillus* sp. diketahui telah banyak digunakan sebagai biokontrol pada beberapa spesies tanaman dan terbukti mampu menjadi penghambat perkembangan beberapa penyakit tanaman.

Beberapa jenis bakteri seperti *Bacillus thuringiensis* dikenal mempunyai sifat antagonis terhadap nematoda parasitik. Bakteri tersebut menghasilkan β -exotoxin dan δ -endotoxin yang menyebabkan sel tubuh nematoda akan rusak. Efek lain dari infeksi bakteri tersebut terhadap nematoda adalah terganggunya proses pencernaan nematoda seperti *Meloidogyne incognita*, *Ratylenchus reniformis*, dan *Pratylenchus penetrans* (Kloper dkk, 1992). Beberapa strain *B. thuringiensis* mampu mensintesis lebih dari satu jenis δ -endotoksin. Toksin tersebut disintesis sebagai protoksin yang belum aktif dan tidak larut dalam air, akan tetapi dapat larut dalam mesentron larva nematoda setelah diuraikan oleh enzim protease. δ -endotoksin juga menghambat pembentukan ATP, merusak transportasi ion dan glukosa serta menghambat kontraksi otot-otot mesenteron (Ellar 1997).

4.2 Kosentrasi Filtrat Bakteri Endofit Terbaik terhadap Mortalitas Larva II

G. rostochiensis

Diagram 4.1 Pengaruh konsentrasi filtrat bakteri endofit terbaik isolat AA terhadap persentase kematian *G. rostochiensis* setelah 48 jam perlakuan



Pada uji konsentrasi filtrat bakteri endofit terbaik yakni isolat AA memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap tingkat kematian Larva II *G. rostochiensis* tergantung pada tingkat konsentrasi yang diaplikasikan. Bila dibandingkan dengan kontrol, filtrat bakteri endofit dengan konsentrasi 150 µL/mL, 200 µL/mL dan 250 µL/mL yang menunjukkan pengaruh dalam meningkatkan kematian Larva II. Dari data yang diperoleh pada pengujian konsentrasi filtrat bakteri endofit terbaik terhadap mortalitas *G. rostochiensis* menunjukkan bahwa isolat terbaik AA dengan konsentrasi 250 µL/mL mampu membunuh larva II hingga 31 %. Secara berturut – turut hasil uji konsentrasi 150 µL/mL, 200 µL/mL, dan 250 µL/mL adalah 11,67 %, 29 %, 31 %. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang diujikan semakin tinggi pula mortalitas larva II *G. rostochiensis*.

Pengaruh konsentrasi enzim pada laju aktivitas enzim terdapat suatu hubungan linear, yakni semakin tinggi konsentrasi enzim maka semakin cepat pula taraf aktivitas enzim tersebut (Pelzar dan Chan, 2005). Menurut Harni (2010)

kosentrasi filtrat bakteri endofit sangat berpengaruh terhadap mortalitas nematoda, semakin tinggi kosentrasi filtrat semakin cepat dan banyak nematoda yang mati.

Terhambat dan terbunuhnya nematoda kemungkinan disebabkan oleh adanya senyawa kimia yang dihasilkan oleh bakteri endofit. Yurliza (2007) menyebutkan bahwa bakteri endofit mampu menghasilkan enzim kitinase. Banyak organisme seperti bakteri, jamur, tumbuhan tingkat tinggi, dan hewan menghasilkan kitinase yang mengkonversi kitin menjadi monomer atau oligomernya. Organisme ini biasanya memiliki beragam gen kitinase yang ekspresinya diinduksi oleh ekstraseluler kitin atau derivatnya. Bakteri memanfaatkan kitinase untuk asimilasi kitin sebagai sumber karbon dan nitrogen. ini digunakan sebagai pertahanan melawan serangan organisme patogen yang mengandung kitin (Guswenrivo, 2008).

Enzim kitinase yang dihasilkan oleh bakteri endofit dimanfaatkan untuk melakukan penetrasi kutikula *G. rostochiensis* dan menghidrolisis telur nematoda *G. rostochiensis* yang sebagian besar penyusunnya adalah zat kitin. Penetrasi kutikula oleh *Bacillus* dilakukan dengan memulai pertumbuhan spora pada kutikula. Spora bakteri menempel pada tubuh nematoda kemudian berkecambah dan menembus kutikula nematoda (Mustika, 2006) hingga mempengaruhi sistem saraf nematoda dan menyebabkan asetilkolin menumpuk (Aisyah, 2011).

Asetilkolin merupakan substansi transmitter kimia yang penting dalam sistem saraf kebanyakan binatang, termasuk nematoda (Lee dan Atkinson, 1976). Jaringan saraf yang menghasilkannya yaitu sinapsis disebut sebagai saraf kolinergik. Asetilkolin menyebabkan kontraksi pada otot *Ascaris*. Tingkat

kontraksi berhubungan langsung dengan konsentrasi asetilkolin yang digunakan. Asetilkolin dipecah dalam jaringan oleh kolinesterase termasuk juga asetilkolinesterase (Lee dan Atkinson, 1976). Apabila aktivitas enzim kolinesterase atau asetilkolinesterase terhambat maka asetilkolin akan menumpuk menyebabkan kontraksi yang terus menerus kemudian terjadi depolarisasi. Depolarisasi ditandai dengan kekakuan tubuh cacing, menyebabkan paralisis spastik ditandai dengan lengkung tubuh cacing yang membentuk huruf C (Aisyah, 2011).

Hasil uji konsentrasi pengaruh filtrat bakteri endofit tertinggi (isolat AA) terhadap mortalitas larva II *G. rostochiensis* jika dibandingkan dengan hasil uji sebelumnya yaitu uji pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap mortalitas larva II *G. rostochiensis* menunjukkan adanya penurunan tingkat kematian larva II. Pada konsentrasi 100 $\mu\text{L}/\text{mL}$ filtrat bakteri endofit isolat AA mampu membunuh larva II hingga 35 %, sedangkan pada pengujian konsentrasi bakteri endofit isolat AA pada konsentrasi tertinggi 250 $\mu\text{L}/\text{mL}$ hanya mampu membunuh larva II sebesar 31 %. Terjadinya penurunan daya bunuh ini disebabkan adanya perbedaan lokasi pengambilan NSK (nematoda sista kuning). Pada pengujian pertama NSK didapat dari pertanian warga Desa Sumber Brantas ($\pm 1.700 - 1.800$ m d.p.l) sedangkan pengujian kedua NSK didapat dari Desa Junggo (± 1.200 m d.p.l). Kedua lokasi ini memiliki tingkat ketinggian yang berbeda sehingga menyebabkan terjadinya perbedaan suhu, kelembabab tanah, dan faktor lingkungan lainnya.

Perbedaan faktor lingkungan ini menyebabkan perbedaan daya tahan terhadap cekaman antara NSK yang diperoleh dari Desa Sumber Brantas dan Desa Junggo. Menurut Huang (1994) dalam Nurjanah (2009) diantara semua faktor lingkungan, suhu merupakan faktor abiotik yang paling penting karena suhu mempengaruhi proses dormansi (diapause) dan daya tahan hidup NSK. Hadisoeganda (2006) menambahkan bahwa 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). 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 (Winslow dan Willis 1972). Dalam situasi dorman tersebut nematoda tahan terhadap bahan aktif nematisida, suhu ekstrim (-35 °C) maupun kekeringan (Spears 1968).

4.3 Penanggulangan Penyakit Menurut Islam

Tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan famili dari Solanaceae yang menjadi host plant (inang) bagi *Globodera rostochiensis*. Nematoda ini hanya dapat tumbuh dan berkembang sangat baik pada tanaman kentang. Menurut Byrne (1998) hal ini dikarenakan tanaman kentang memiliki senyawa kimia yang mampu membuat larva II dari *G. rostochiensis* menjadi aktif. Dari tanaman kentang pula *G. rostochiensis* mendapatkan nutrisi untuk hidup dan berkembang biak. Kecocokan tanaman kentang sebagai inang NSK bukan hanya kebetulan semata. Allah SWT yang telah mengatur dan menempatkan binatang ini

pada inang yang tepat dan cocok untuk dirinya. Dalam Surat Al-Huduud Allah SWT berfirman:

﴿ وَمَا مِنْ دَابَّةٍ فِي الْأَرْضِ إِلَّا عَلَى اللَّهِ رِزْقُهَا وَيَعْلَمُ مُسْتَقَرَّهَا وَمُسْتَوْدَعَهَا كُلٌّ ۗ ۝﴾

فِي كِتَابٍ مُبِينٍ ﴿٦﴾

“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).” (QS. AL-Huduud: 6)

Berdasarkan ayat di atas, sesungguhnya keberadaan *G.rostochiensis* pada tanaman kentang merupakan ketetapan Allah SWT. Namun, pada saat ini keberadaan *G. rostochiensis* sangat meresahkan para petani kentang. Nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis* W.) saat ini telah digolongkan sebagai salah satu organisme pengganggu tanaman, sehingga keberadaannya pada lahan kentang perlu dikendalikan.

Dari Ibnu Mas’ud radhiallahu ‘anhu, bahwa Rasulullah Shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda (Imran, 2010):

“Sesungguhnya Allah Subhanahu wa Ta’ala tidaklah menurunkan sebuah penyakit melainkan menurunkan pula obatnya. Obat itu diketahui oleh orang yang bisa mengetahuinya dan tidak diketahui oleh orang yang tidak bisa mengetahuinya.” (HR. Ahmad, Ibnu Majah, dan Al-Hakim, beliau menshahihkannya dan disepakati oleh Adz-Dzahabi. Al-Bushiri menshahihkan hadits ini dalam Zawa’id-nya)

Dari hadis Nabi Saw tersebut dapat diketahui bahwa penyakit yang diturunkan Allah memiliki obat penyembuhnya, yang obat tersebut hanya bisa diketahui oleh orang – orang yang memiliki ilmu. Terwujudnya hal tersebut hanya dapat dilakukan dengan jalan penelitian – penelitian. Penelitian tentang pengaruh

filtrat bakteri endofit merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk membuat obat bagi tanaman kentang yang terserang *G. rostochiensis*.

Ibnu Majah telah meriwayatkan dari Harun Al Hamani, dari Hisyam ibnul Qasim, dari Ziyad ibnu Abdullah ibnu Ilassah dan dari Musa ibnu Muhammad ibnu Ibrahim AtTaimi, dari ayahnya, dari Anas dan Jabir, dari Rasulullah Saw. Disebutkan bahwa apabila Rasulullah Saw. Berdoa dalam menghadapi wabah belalang, beliau mengucapkan (Ibnu Katsir, 2006):

“Ya Allah, binasakanlah yang besar-besarnya, matikanlah yang kecil-kecilnya, rusakkanlah telur-telurnya, hancurkanlah keturunannya serta hindarkanlah mulutnya dari tempat penghidupan kami dan dari rezeki kami. Sesungguhnya Engkau Maha Memperkenankan doa.”

Penelitian pengaruh filtrat bakteri endofit tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) terhadap mortalitas larva II *Globodera rostochiensis* W. merupakan salah satu upaya untuk mematikan generasi muda *G. rostochiensis* dan memperkecil resiko gagal panen akibat serangan nematoda ini. Larva II ini sangat berbahaya bagi tanaman kentang, dia bergerak aktif menuju akar ketika terangsang oleh eksudat akar inang. Apabila larva sudah melakukan penetrasi dan masuk pada jaringan tanaman kentang menyebabkan umbi kentang kerdil atau tidak dapat berkembang karena terjadi perebutan nutrisi yang tidak seimbang. Tanaman jenis umbi – umbian menyimpan cadangan makanannya di dalam akar. Larva II menggunakan nutrisi tanaman tersebut untuk berkembang dan memperbanyak populasi. Sehingga dari sinilah kita dapat mengetahui kenapa Larva II *G. rostochiensis* perlu untuk dimatikan.

Adanya pengaruh filtrat bakteri endofit pada perlakuan merupakan salah satu jalan yang ditunjukkan Allah SWT kepada manusia. Allah menunjukkan jalan terang dalam memecahkan permasalahan hidup yang terjadi diantara umat manusia. Serangan *Globodera rostochiensis* pada lahan pertanian kentang yang terjadi di Indonesia mulai menemukan solusi permasalahannya. Para peneliti terus menerus melakukan hal yang terbaik agar dampak merugikan dari serangan *G.rostochiensis* tidak terus berlanjut. Melalui cahaya-Nya, Allah berkenan menunjukkan jalan keluar terhadap suatu permasalahan melalui siapapun yang dikehendaknya. Allah Subhanallahu Ta'ala berfirman:

﴿ اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ ۚ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ ۚ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ ۚ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُورٌ عَلَى نُورٍ ۗ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَن يَشَاءُ ۗ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ ۗ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus[1039], yang di dalamnya ada Pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya)[1040], yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu.” (QS. An-Nuur: 35)