

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh Jenis Filtrat Bakteri Endofit terhadap Penetasan Telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber))

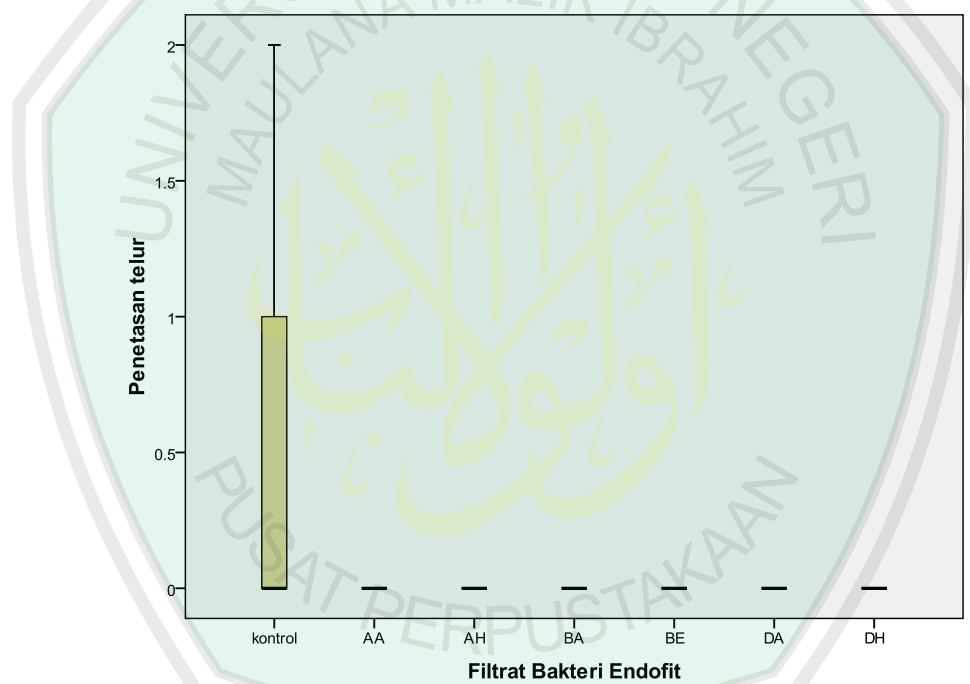
Bakteri endofit yang digunakan pada uji penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) termasuk bakteri gram negatif, gambar pengamatan terdapat pada lampiran 1, tabel 1. Hasil penelitian jenis filtrat isolat bakteri endofit terhadap penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) terdapat pada lampiran 1 tabel 2.

Sebelum dilakukan uji Rancangan Anak Lengkap (RAL) faktorial, data dianalisis terlebih dahulu dengan uji normalitas “Uji Kolmogorov Smirnov”. Dari hasil pengolahan data penetasan telur NSK (lampiran 1, tabel 4) diperoleh Asymp. Sig. $< 0,05$ yaitu $0,000 < 0,05$. Artinya data penetasan telur tidak berdistribusi normal. Hal ini bisa dilihat pada tingkat signifikansi pada uji tersebut yang jauh dibawah $0,05$ (5%). Sehingga data ditransformasi ke arcsin, kemudian diuji normal kembali.

Hasil uji normal setelah transformasi data penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) diperoleh Asymp. Sig. $< 0,05$ yaitu $0,000 < 0,05$ (lampiran 1, tabel 4). Artinya data penetasan telur setelah ditransformasi tidak berdistribusi normal. Sehingga, data dianalisis menggunakan “Uji Kruskal-Wallis”.

Hasil analisis menggunakan “Uji Kruskal-Wallis” (lampiran 1, tabel 7), diketahui jumlah Asymp. Sig. (filtrat bakteri endofit) sebesar $0,001 < \text{jumlah kritik } 0,05$ dan jumlah Asymp. Sig. (lama perendaman) sebesar $0,015 < \text{jumlah}$

kritik 0,05, karena itu hipotesis null keduanya diterima. Artinya bahwa, tidak terdapat cukup bukti dimana terdapat perbedaan dari ketujuh perlakuan filtrat bakteri endofit dan keenam waktu perendaman terhadap penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)). Begitu juga dengan hasil analisis data menggunakan “Analisis Probit” (lampiran 1, tabel 10), diketahui nilai Sig. 0,803 > 0,05. Artinya data penetasan telur setelah ditransformasi tidak berdistribusi normal. Sehingga data dianalisis menggunakan “Uji Deskriptif”.



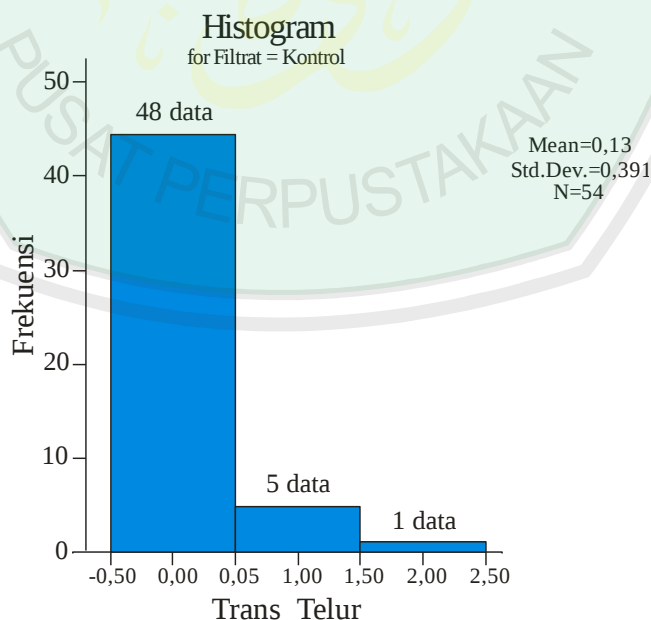
Gambar 4.1 Histogram pengaruh filtrat bakteri endofit terhadap penetasan telur (*G. rostochiensis* (Wollenweber))

Berdasarkan gambar 4.1 kelompok data yang hanya mengalami variasi/perbedaan data, yaitu pada perlakuan kontrol. Sedangkan, data hasil perlakuan filtrat bakteri endofit isolat -AA, -AH, -BA, -BE, -DA, -DH dapat ditampilkan pada gambar 4.1, karena data hasil pengamatan terhadap penetasan

telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) adalah 0% (konstan), tidak mengalami penetasan. Sedangkan, penetasan telur pada kontrol mencapai 2,67% (gambar 4.1).

Hasil analisis rekapitulasi data deskriptif (lampiran 1, tabel 14) menunjukkan bahwa semua data jenis filtrat bakteri endofit yang diuji (isolat isolat -AA, -AH, -BA, -BE, -DA, -DH dan kontrol) ada 54 data dan semua data tersebut *valid* (100%), sedangkan data yang hilang (*Missing*) adalah 0 data (0%).

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 15) dari 54 data mempunyai rata-rata penetasan telur (*Mean*) pada kontrol adalah 0,1296 dengan standar error 0,05318. Berarti rentang rata-rata telur terletak pada 0,39076 standar deviasi. Nilai median 0,000, hal ini menunjukkan bahwa lebih dari 50% telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) tidak menetas dengan perlakuan kontrol jenis filtrat bakteri endofit.



Gambar 4.2 Histogram data penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) pada kontrol.

Gambar 4.2 adalah histogram dari hasil analisis deskriptif pada lampiran 1, tabel 15. Berdasarkan analisis jumlah penetasan deskriptif (lampiran 1, tabel 15) jumlah penetasan terbanyak (*Maximum*) adalah 2 telur (1 data) dan jumlah penetasan terkecil (*Minimum*) adalah 0 telur atau tidak menetas (48 data). Ukuran *skewness* adalah 3,197. Maka rasio *skewness* adalah = nilai *skewness/std.error skewness*, sebesar 9,837. Ukuran *kurtosis* adalah 10,527. Rasio *kurtosis* adalah nilai *kurtosis/std.error kurtosis*, sebesar 16,474. Sebagai pedoman, jika rasio *kurtosis* dan *skewness* berada diantara -2 sampai dengan +2, maka distribusi data adalah normal. Karena kedua ukuran kemiringan (*skewness*) dan kelancipan (*kurtosis*) distribusi penetasan lebih dari +2, maka distribusi penetasan telur dari perlakuan kontrol dikatakan distribusi yang tidak normal. Berdasarkan angka persentil 90% dan 95% rata-rata penetasan pada kontrol dibawah 1 butir telur.

Menurut Li (2002) bahwa potensi metabolit sekunder kultur filtrat bakteri *Burkholderia ambifaria* isolat BC-F dapat menekan penetasan telur nematoda *Meloidogyne incognita*. Kultur filtrat bakteri tersebut mengandung kitinase dan proteinase dengan aktifitas daya hambat antara <3kDa hingga >8kDa.

Berdasarkan hasil penelitian Siddiqui dkk (2009) bahwa, biokontrol terhadap nematoda menggunakan isolat *Pseudomonas fluorescent* dan isolat *Bacillus*, keduanya menyebabkan efek penghambatan yang besar terhadap penetasan telur dan penetrasi nematoda *M. incognita* dalam sebuah eksperimen di dalam *greenhouse*. Pengujian siderofor, hydrogen sianida (HCN) dan asam indolasetat dari produksi isolat *Pseudomonas*, menyebabkan isolat ini lebih efektif dari pada isolat *Bacillus* pada pertumbuhan kacang polong.

Bakteri endofit dapat mengeluarkan enzim ekstraseluler 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 (Munif, 2011).

Kitin yang merupakan elemen struktural (poly-B(1-4)-N-asetil-D-Glucosamin) dalam lapisan tengah kulit telur ataupun di dinding sel dari nematoda nematoda terdegradasi oleh kitinase yang dihasilkan dari bakteri kitin (Ashoub dan Amara, 2010). Sehingga permeabilitas membran cangkang telur semakin tinggi dan komponen penyusun cangkang telur berkurang. Kondisi ini menyebabkan cairan filtrat bakteri endofit dapat masuk melalui celah pori-pori cangkang telur, kemudian menyerang larva yang berada di dalam cangkang telur, sehingga larva telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) tidak bisa tumbuh dan menetas.

Menurut Tian dkk. (2000) enzim kitinase yang dikeluarkan oleh bakteri endofit dapat mendegradasi lapisan tengah telur nematoda seperti *M. javanica*, *R. reniformis*, *Tylenchulus semipenetrans*, dan *Pratylenchus minyus*.

Kultur filtrat bakteri *Pseudomonas oryzae* dapat mengurangi jumlah nematoda betina dan massa telur ketika diterapkan pada tanah (Vagelas dkk., 2007). Menurut Samaliev dkk. (2000) dalam Vagelas dkk. (2007) tentang studi in-

vitro menggunakan strain bakteri yang sama yaitu *P. oryzihabitans* mengakibatkan paralisis (hilangsa fungsi otot untuk satu atau banyak otot) dan gerakan kejang-kejang.

Penelitian Siddiqui dkk. (2005) melaporkan bahwa kultur filtrat bakteri endofit *Pseudomonas fluorescens* dalam kultur filtrat dapat menurunkan penetasan telur dan membunuh larva nematoda *Meloidogyne javanica*. Ini disebabkan oleh aktifitas bakteri tersebut yang mampu menghasilkan enzim protease ekstraseluler, enzim inilah yang mampu bekerja dalam menghambat penetasan telur nematoda.

Enzim protease yang dihasilkan dari bakteri memiliki potensi yang besar dalam melepaskan nitrogen yang terperangkap dan tidak dapat digunakan sebagai zat hara bagi tanaman. Sehingga terlebih dahulu harus ada enzim protease yang dapat menguraikan protein menjadi unit yang lebih kecil (peptide). Peptida diuraikan oleh peptidase sehingga pada akhirnya menghasilkan asam amino (Budiyanto, 2004).



Menurut penelitian Khan dkk. (2004) dari penelitian mikroskopis transmisi elektron mengungkapkan bahwa protease dan kitinase merubah struktur cangkang telur dengan drastis ketika diterapkan secara individu atau pun dalam kombinasi. Dalam perlakuan protease terhadap telur, lapisan lemak menghilang dan lapisan kitin pada telur lebih tipis dari pada di kontrol.

Telur yang diperlakukan dengan kitinase menampakkan vakuola yang besar pada lapisan kitin, dan lapisan vitellin tersebut pecah serta telah kehilangan

integritas. Perubahan besar dalam struktur kulit telur terjadi oleh efek gabungan dari protease dan kitinase. Lapisan lemak dimusnahkan, lapisan kitin dihidrolisis dan lapisan vitelin telah kehilangan integritas (Khan dkk., 2004).

4.2 Pengaruh Lama Perendaman Filtrat Bakteri Endofit terhadap Penetasan Telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber))

Berdasarkan hasil pengamatan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) pada perlakuan filtrat bakteri endofit isolat -AA, -AH, -BA, -BE, -DA, -DH tidak menetas, sedangkan pada perlakuan kontrol dengan persentase penetasan yang rendah. Persentase rata-rata penetasan pada kontrol yaitu 2% pada hari ke-3, dan 2,67% pada hari ke-6 (lampiran 1, tabel 2).

Hasil analisis rekapitulasi data deskriptif (lampiran 1, tabel 17) menunjukkan bahwa semua data semua data lama perendaman hari ke -9, -12, -15, dan -18 ada 63 data dan semua data tersebut *valid* (100%), sedangkan data yang hilang (*Missing*) adalah 0 data (0%).

Waktu inkubasi yang mempengaruhi penetasan telur dari *G. rostochiensis* (Wollenweber) merupakan faktor yang sangat penting (Cronin, 1997) karena kondisi ini menentukan keberadaan bakteri didalam menekan penetasan telur.

Beberapa spesies bakteri gram negatif penghasil kitinase yang telah diteliti menurut Cronin (1997) bahwa, kitinase komersial murni dapat menghambat penetasan *G. rostochiensis* (Wollenweber) secara *in-vitro* hingga 70% bila dibandingkan dengan kontrol yang tanpa inokulum. Strain M1-12 yang teridentifikasi sebagai *Stenotrophomonas maltophilia* dan UP1 sebagai *Chromobacterium* sp. dapat menghambat penetasan telur NSK *G. rostochiensis*. Kemampuan Strain untuk menghambat penetasan telur secara signifikan pada

tingkat inokulum 10^6 CFU/ml dan waktu inkubasi selama 2 minggu. Beberapa bakteri kitinase yang diproduksi dari uji bakteri secara *in vitro* dapat mengurangi penetasan telur *G. rostochiensis*, hingga 90% dibandingkan dengan kontrol.

Korelasi antara tingkat hambatan penetasan secara *invitro* dengan produksi kitinase pada media agar minimum dari kitin menunjukkan bahwa dimungkinkan kitinase bukan satu-satunya faktor yang berkontribusi dengan kemampuan bakteri ini untuk menghambat penetasan telur *G. rostochiensis* (Wollenweber) (Cronin, 1997).

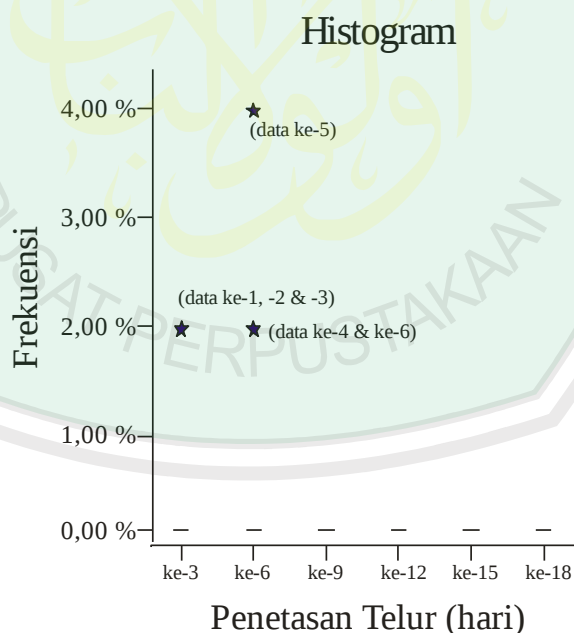
Filtrat bakteri endofit pada penelitian Harni dkk. (2010), dapat menekan penetasan telur nematoda *Pratylenchus brachyurus* 48,5-74,6% dibanding dengan kontrol setelah dua minggu aplikasi. Hal ini terjadi karena filtrat bakteri merupakan toksik bagi telur, sehingga telur tidak bisa menetas.

Selain menghasilkan enzim, dimungkinkan pada filtrat bakteri endofit dari bakteri gram negatif ini juga menghasilkan senyawa yang bersifat toksik pada nematoda, yaitu eksotoksin (metabolit sekunder yang diekskresikan) dan endotoksin (hanya dikeluarkan sewaktu lisis). Namun, keberadaannya dalam filtrat belum diketahui.

Menurut Knowles & Bunch (1986) dalam Siddiqui dkk., (2006) sianida adalah metabolit sekunder bersifat toksik yang disintesis oleh beberapa bakteri gram negatif. Hydrogen sianida (HCN) dari hasil metabolisme sekunder (eksotoksik) bakteri dapat menekan penetasan telur dan menyebabkan mortalitas juvenile secara *in vitro*.

Persentase penetasan yang rendah pada kontrol dapat disebabkan dari perlakuan kontrol yang menggunakan air kran yang diambil dari sumur artesis UIN Maliki Malang. Menurut Harian Suara Merdeka (2012) sumur artesis dilengkapi dengan sistem aerasi yang berfungsi untuk menyaring kandungan unsur logam di air sebelum disalurkan melalui kran-kran. Sehingga, pada perlakuan kontrol menghasilkan penetasan yang rendah pada hari ke-3 dan ke-6 dan pada hari ke-9 hingga ke-18 tidak terjadi penetasan.

Menurut hasil penelitian Ellen dan Perry (1976), menunjukkan bahwa karakteristik pola penetasan NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) dalam perendaman dengan eksudat akar buatan dari air kran selama 14 hari adalah tidak semua telur didalam sista menetas.

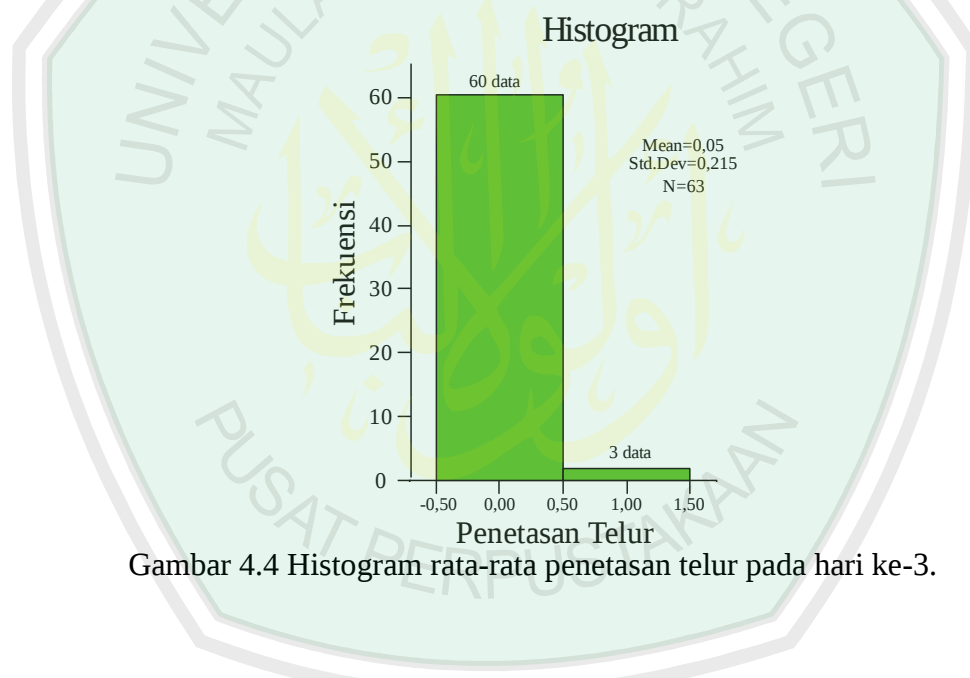


Gambar 4.3 Histogram rata-rata hari ke-3 hingga ke-18.

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 18) tentang pengaruh lama perendaman terhadap penetasan telur (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) data

statistik yang dimunculkan adalah dari perlakuan kontrol pada hari ke-3 dan ke-6, sedangkan pada hari ke-9, -12, -15 dan -18 tidak dapat dimunculkan karena nilainya konstan 0 (gambar 4.3).

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 18) dari data lama perendaman mempunyai rata-rata (*Mean*) penetasan telur pada kontrol hari ke-3 adalah 0,0476 dengan standar error 0,02705. Rentang rata-rata telur terletak pada standar deviasi, yaitu 0,21467. Nilai median 0,000, menunjukkan bahwa lebih dari 50% telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) tidak menetas.

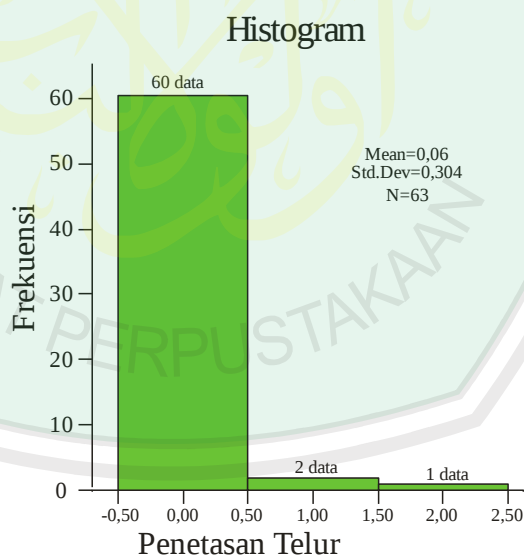


Gambar 4.4 Histogram rata-rata penetasan telur pada hari ke-3.

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 18) menggambarkan rata-rata penetasan telur pada hari ke-3 (gambar 4.4). Ukuran *skewness* adalah 4,353. Maka rasio *skewness* adalah = nilai *skewness*/*std.error skewness*, sebesar 14,4139. Ukuran *kurtosis* adalah 17.502. Rasio *kurtosis* adalah nilai *kurtosis/std.error kurtosis*, sebesar 29,415. Sebagai pedoman, jika rasio *kurtosis* dan *skewness* berada diantara -2 sampai dengan +2, maka distribusi data adalah normal. Karena

kedua ukuran kemiringan (*skewness*) dan kelancipan (*kurtosis*) distribusi penetasan lebih dari +2, maka distribusi penetasan telur pada kontrol hari ke-3 dikatakan distribusi yang tidak normal. Jumlah penetasan terbanyak (*Maximum*) adalah 1 telur (3 data) dan jumlah penetasan terkecil (*Minimum*) adalah 0 telur atau tidak menetas (60 data). Berdasarkan angka persentil 95% rata-rata penetasan telur dibawah 0,8 butir.

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 18) dari data lama perendaman mempunyai rata-rata (*Mean*) penetasan telur pada kontrol hari ke-6 adalah 0,0635 dengan standar error 0,03835. Rentang rata-rata telur terletak pada standar deviasi 0,30443. Nilai median 0,000, menunjukkan bahwa lebih dari 50% telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) tidak menetas.



Gambar 4.5 Histogram rata-rata penetasan telur pada hari ke-6.

Hasil analisis deskriptif (lampiran 1, tabel 18) menggambarkan rata-rata penetasan telur pada hari ke-6 (gambar 4.5). Ukuran *skewness* adalah 5,248. Maka rasio *skewness* adalah = nilai *skewness*/std.error *skewness*, sebesar 17,377.

Ukuran *kurtosis* adalah 29.126. Rasio *kurtosis* adalah nilai *kurtosis/std.error kurtosis*, sebesar 48,591. Sebagai pedoman, jika rasio *kurtosis* dan *skewness* berada diantara -2 sampai dengan +2, maka distribusi data adalah normal. Karena kedua ukuran kemiringan (*skewness*) dan kelancipan (*kurtosis*) distribusi penetasan lebih dari +2, maka distribusi penetasan telur pada kontrol hari ke-6 dikatakan distribusi yang tidak normal. Jumlah penetasan terbanyak (*Maximum*) adalah 2 telur sebanyak 1 data dan jumlah penetasan terkecil (*Minimum*) adalah 0 telur atau tidak menetas sebanyak 60 data. Berdasarkan angka persentil 95% rata-rata telur penetasan dibawah 0,8 butir. Artinya pada kontrol dianggap tidak terjadi penetasan, karena tingkat penetasannya rendah.

Menurut hasil penelitian Aisyah dkk. (2007), bahwa kontrol air menyebabkan penetasan telur 0,67%. Ferris (2012) menambahkan bahwa kira-kira hanya 5% telur *G. rostochiensis* (Wollenweber) menetas akibat rangsangan dari air. Dan beberapa telur tidak menetas hingga tahun berikutnya.

Ada beberapa kemungkinan dari pengaruh faktor penetasan pada perendaman air yang dibuat dari eksudat akar air kran dan air kran biasa. perendaman telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) menyebabkan lapisan cangkang telur menjadi lunak dan air dapat masuk melalui celah pori-pori cangkang telur. Sehingga air dapat merangsang larva yang berada didalam cangkang telur (Ellen dan Perry, 1976).

Menurut Clarke dkk. (2008) bahwa dari berbagai pengujian ion anorganik telah dilakukan karena ion anorganik memiliki kemampuan untuk merangsang telur nematoda sista. Namun, ion yang paling aktif keberadaannya tidak melimpah

di tanah. Bahan-bahan ion dan agen penetasan lain yang diserap ke dalam telur atau larva akan mengubah struktur dan fungsi dari bahan-bahan tersebut.

Selain eksudat akar, Clarke dan Henessy (1987) meneliti peranan ganda dari tujuh logam kation, dari sampel logam yang diuji hanya kation Ba^{2+} , Zn^{2+} , dan La^{3+} yang mampu menstimulasi pergerakan larva, dengan efektifitas $La^{3+} > Zn^{2+} > Ba^{2+}$, namun dengan persentase penetasan yang tidak signifikan.

Suatu logam untuk terakumulasi didalam sel dan memberikan efek biologis, pertama-pertama harus berinteraksi dengan membran. Dalam sistem larutan logam berada dalam bentuk ion bebas atau dalam bentuk kompleks ligan. Mendekati permukaan sel, logam dalam berbagai bentuk harus melewati dinding sel. Makromolekul dalam dinding sel bersifat posporus dan mengandung gugus fungsional sederhana yang didominasi oleh grup oksigen sebagai donor elektron ($-COH$; $-COOH$; $-P(O)(OH)_2$). Pada pH netral kebanyakan gugus fungsional tersebut mengalami ionisasi menghasilkan matriks hidrofilik bermuatan negatif, sehingga ion logam dan bentuk kompleksnya dapat melewati membran plasma (Suseno dan Panggabean, 2007).

Interaksi logam dengan dinding sel mengikuti beberapa langkah, yaitu: (1) Difusi logam dari larutan ke permukaan biologis; (2) sorpsi/kompleksasi logam pada sisi ikatan pasif dalam lapisan pelindung atau sisi pengikat spesifik pada permukaan luar membran plasma dan; (3) pengambilan atau internalisasi logam yang diangkut sepanjang membran plasma (Suseno dan Panggabean, 2007).

Bentuk bahan anorganik terakumulasi didalam sel organisme melalui dua proses, yaitu transport aktif dan difusi pasif. Untuk bahan organik, akumulasi melalui proses difusi pasif (Suseno dan Panggabean, 2007). Pada proses ini air dari larutan encer akan berdifusi melalui membran ke larutan yang lebih tinggi konsentrasinya terus-menerus hingga tercapai keadaan setimbang (Ponting dkk. (1996); Yulianto dkk. (2009)). Melalui proses ini pada akhirnya ion anorganik dari air kran (kontrol) dapat masuk melalui lapisan-lapisan membran cangkang telur dan sampai pada membran larva.

Mineral yang terkandung didalam air tanah secara umum merupakan mikronutrien yang diperlukan oleh makhluk hidup khususnya hewan dalam membantu proses pembentukan energi didalam tubuh. Poedjiadi (1994) menyatakan bahwa sejumlah besar enzim membutuhkan suatu komponen lain untuk dapat berfungsi sebagai katalis. Ion-ion logam merupakan aktivator enzim pada umumnya (sebagai kofaktor enzim) yang mudah terikat atau mudah terlepas dari enzim. Contoh aktivator logam adalah K^+ , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} atau Zn^{2+} . Sumarsih (2007) dalam Setyawan (2012) menambahkan bahwa ion logam merupakan komponen penting untuk memantapkan struktur protein dengan adanya interaksi antar muatan.

Magnesium (Mg^{2+}) merupakan kation nomor dua paling banyak setelah natrium dalam cairan ekstra seluler (Almatsier, 2001). Aktivitas listrik jantung berasal dari pergerakan berbagai ion yang melintasi membran sel mikrokardium. Dalam hal ini ion natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}) merupakan ion yang paling berperan. Ion Mg^{2+} merupakan elemen penting

untuk kinerja berbagai enzim vital, termasuk energi yang mengatur distribusi ion Na^+ , K^+ , Ca^{2+} pada saat melewati membran sel, sehingga perubahan ion Mg^+ dalam serum mempunyai potensi besar terhadap pengaturan aktivitas listrik jantung (Hamsya dan Harahap, 2010)

Transfer fosfat dan reaksi pemecahan non oksidatif pada nukleus atau ribosom. Pada kasus Mg, ATP (di dalam sitosol) dan trifosfat tidak hanya berperan sebagai senyawa penyusun dari nukleotida pada DNA/RNA saja tetapi juga merupakan konstituen dari molekul intermediet pembawa energi pada organisme yang dapat mengalami perubahan atau hidrolisis sederhana 5-bifosfat karboksilase. (Primadoni dan Fernando, 2011). Magnesium merupakan aktivator enzim peptidase dan enzim lain yang berfungsi memecah dan memindahkan gugus fosfat (fosfatase) (Poedjiadi, 1994) dalam respirasi seluler eukariot dengan menghasilkan energi (ATP dan ADP).

Energi yang dihasilkan dari proses respirasi seluler tersebut nantinya dipakai dalam proses metabolisme lebih lanjut agar organisme sel eukariotik dapat menjalankan aktivitasnya. Seperti pada perlakuan nematoda menggunakan air kran yang berasal dari sumur (air tanah), dimungkinkan air kran yang digunakan pada kontrol mengandung ion logam yang masuk ke dalam sel, sehingga dapat terjadi proses respirasi seluler yang berujung pada penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)).

4.3 Interaksi antara Filtrat Bakteri Endofit dan Lama Perendaman Filtrat Bakteri Endofit terhadap Penetasan Telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber))

Mengetahui ada tidaknya hubungan antara variabel yang dimasukkan yaitu filtrat bakteri endofit dan lama perendaman dengan uji Chi-Square. Pada jumlah R square = 0,052. Ini berarti bahwa pengaruh filtrat bakteri endofit dan lama perendaman terhadap penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) hanya sebesar 5,2%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh antara lama perendaman dan filtrat bakteri endofit terhadap penetasan telur.

4.4 Kajian Integrasi

Mempelajari peranan makhluk hidup dalam lingkungannya seperti pada kasus dari penelitian ini, yaitu mengungkap potensi yang terkandung dari bakteri endofit tanaman kentang (*S. tuberosum* L.) terhadap penghambatan penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) yang hingga kini menjadi ancaman bagi petani kentang.

Fenomena makhluk hidup yang seperti ini, sangat menarik untuk dikaji sebagai salah satu bentuk fenomena tersebut adalah interaksi (hubungan timbal balik) antara makhluk hidup dengan lingkungannya, yaitu alam semesta. Interaksi terjadi antara sesama makhluk hidup dan antara makhluk hidup dengan makhluk tak hidup (Rosidy, 2008).

Apabila dalam hubungan tersebut terjadi kehidupan yang tidak seimbang, maka sebagai khalifah memiliki peran utama dalam menjaga keseimbangan dan kelestariannya, bahkan turut dalam mencari solusi bila terjadi kerusakan (Rosidy, 2008). Oleh karena itu, manusia sebagai makhluk yang dilengkapi akal untuk

berfikir berkewajiban untuk mencari solusi dari serangan NSE *G. rostochiensis* (Wollenweber). Allah Swt. berfirman di dalam Alquran (QS. Ali Imran [3]: 190-191).

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾ رَبَّنَا إِنَّكَ مَن تُدْخِلِ النَّارَ فَقَدْ أَخْرَجْتَهُ ۖ وَمَا لِلظَّالِمِينَ مِن أَنصَارٍ ﴿١٩٢﴾

Artinya: “Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal (190),. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka (191). Ya Tuhan Kami, Sesungguhnya Barangsiapa yang Engkau masukkan ke dalam neraka, Maka sungguh telah Engkau hinakan ia, dan tidak ada bagi orang-orang yang zalim seorang penolongpun (192).” (QS. Ali Imran [3]: 190-192)

Alquran menyebut manusia sebagai *Ulil al-Albab*, yaitu ilmuwan yang memahami ciptaan dan fenomena alam yang setiap saat ia mengingat dan menyadari bahwa Aktor dibalik semua misteri itu adalah Allah Yang Maha Perkasa, dilanjutkan dengan pengakuan ungkapan yang tulus dan pasrah. (Rossidy, 2008)

Menurut tafsir Al Misbah ayat diatas menyebutkan ciri-ciri orang yang yang dinamai Ulul Albab. Mereka adalah orang-orang, baik laki-laki maupun perempuan yang terus menerus mengingat Allah dengan ucapan dan atau dengan hati, dan dalam seluruh situasi dan kondisi, saat bekerja atau istirahat, sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring atau bagaimanapun, pada

mereka memikirkan tentang penciptaan yakni kejadian dan sistem kerja langit dan bumi (Shihab, 2002).

Terlihat bahwa obyek dzikir adalah Allah, sedang obyek pikir adalah makhluk-makhluk Allah berupa fenomena alam. Lebih mendahulukan dzikir atas pikir, karena dengan dzikir mengingat Allah, dan menyebut nama-nama keagungan-Nya, di hati akan menjadi tenang. Dengan ketenangan pikiran akan menjadi cerah, bahkan siap untuk memperoleh limpahan ilham dan bimbingan ilahi. Semakin banyak hasil yang diperoleh dari dzikir dan pikir, semakin luas pengetahuan tentang alam raya dan semakin dalam pula rasa takut kepada-Nya. Hal ini tercermin pada permohonan untuk menghindarkan dari siksa neraka. *“Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama/cendekiawan..”* (Q.S Fathir [35]:28) (Shihab, 2002).

Banyak hikmah yang dapat dikaji seperti kehidupan NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) dalam bertahan hidup. Salah satunya adalah kehebatan dari seekor induk NSK betina yang mematikan dirinya dan membentuk sista untuk melindungi telur-telur yang dikandungnya. Sista ini akan bertahan untuk melindungi telur-telur yang didalamnya agar tetap hidup saat situasi mulai mendukung dan mampu menjaga telur-telur yang dikandungnya dari lingkungan yang tidak mendukung. Hal ini terbukti, bahwa nematoda mempunyai kemampuan yang resisten terhadap nematisida dalam stadium dorman.

Kedua, pengendalian nematoda yang menggunakan nematisida akan memiliki dampak yang buruk bagi lingkungan, selain mengakibatkan keracunan, residu dan pencemaran lingkungan terhadap organisme pengganggu sasaran.

Sehingga, digunakanlah filtrat dari bakteri endofit sebagai salah satu alternatif pengendalian nematoda parasit tanaman.

Ini merupakan wujud dari perintah Allah Swt. dalam QS. Ar-Ruum [30] ayat 41, bahwa akibat dari perbuatan manusia sehingga nampaklah kerusakan di darat dan di laut. Dengan demikian sebagai *ulil albab* yang memiliki amanah di bumi untuk selalu memperhatikan keadaan lingkungan. Wajib berpikir dan bertindak, sebagai wujud dari amal sholih yang melakukan perbaikan dengan mementingkan segala aspek termasuk aspek ekologi dengan tidak mengabaikan penurunan kondisi lingkungan.

Firman Allah: رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا “Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia”, bahwa ia adalah sebagai *natijah* dan kesimpulan dari upaya dzikir dan pikir (Shihab, 2002).

Bakteri merupakan bukti dari sekian banyak makhluk bahwa Allah Swt. tidak menciptakan sesuatu itu dengan sia-sia, walaupun terhadap makhluk seperti bakteri endofit (berukuran yang kecil, memiliki usia yang pendek dan memiliki kisaran toleransi yang sempit terhadap kondisi lingkungan) memiliki potensi yang sangat besar dalam menghambat penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber))

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Filtrat bakteri endofit tidak memberikan pengaruh terhadap penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)).
2. Filtrat bakteri endofit yang digunakan tidak menetasakan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) dengan lama perendaman yang sama, yaitu sampai hari ke-18.
3. Interaksi antar variabel jenis filtrat bakteri endofit dan lama perendaman, semuanya tidak memiliki hubungan. Sebab, pengaruh yang diberikan oleh variabel yang diuji hanya 5,2%.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap kemampuan filtrat bakteri dalam menekan penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber)) dengan konsentrasi dibawah 1 ml.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui identifikasi dari isolat bakteri endofit.
3. Perlu dilakukan uji lanjut untuk mengetahui senyawa aktif yang menghambat penetasan telur NSK (*G. rostochiensis* (Wollenweber))