

Patogenesitas Bakteri Enterobacteriaceae pada Ikan Zebra (*Danio rerio*) Sebagai Hewan Model

(PATHOGENICITY OF BACTERIA ENTEROBACTERIACEAE
ON ZEBRAFISH AS ANIMAL MODEL)

Widyaningsih Rahayu, Esti Handayani Hardi, Gina Saptiani

Laboratorium Mikrobiologi Perairan,
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman,
Jl. Gn Tabur Kampus Gunung Kelua, Samarinda,
Kalimantan Timur, Indonesia 75119
Telp./Fax: +62-813-5444-0130,
Email: widyaningsihrahayu1@gmail.com

ABSTRACT

Enterobacteriaceae are Gram negative bacteria contain endotoxin and exotoxins which are requirements for pathogenic bacteria and act as opportunistic pathogens. The purpose of this research was to determine the ability of Enterobacteriaceae bacteria to infect zebrafish (*Danio rerio*) by observing anatomical pathology, mortality, time death and cumulative time of death. The method used in this research is a completely randomized design method (CRD). This research was conducted in three stages, first preparation of zebrafish as animal model by average size 3-5cm and reach three months old. Second, bacterial cultures from 10 species of *Enterobacteriaceae* were *Escherichia coli* 1, *E. coli* 2, *Enterobacter cloacae* 1, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Enterobacter amnigenus* 1, *Enterobacter amnigenus* 2, *Escherichia coli* 3, *Pantoea* spp., *E. cloacae* 1, *E. cloacae* 2, *E. cloacae* 3, cultured in Brain Heart Infused Broth (BHIB) and later media washed with Phosphate Buffer Saline (PBS) 0.45%. The third stage was bacterial infection to zebrafish using immersion method with each treatment repeated 3 times and observed for 120 hours. The results showed 10 species that used caused death (mortality), the highest mortality in fish that infected with *E. coli* 2 and *E. cloacae* 1 with a percentage of 66.67% infected by *E. coli* 2 and *E. cloacae* 1. Anatomical pathology in the external organs and internal organs showed post-infectious symptoms. Infection occurred with mean time to death of 12-86 hours, as long as the cumulative time of fish death caused by *E. coli* 2, *Acinetobacter calcoaceticus* and *E. cloacae* 1 causing death from 24 hours after infection until the end of observation

Key words: pathogenicity; enterobacteriaceae; Zebra fish.

ABSTRAK

Bakteri *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri Gram negatif yang memiliki endotoksin dan eksotoksin yang merupakan syarat bakteri patogen dan bertindak sebagai patogen oportunistik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri *Enterobacteriaceae* dalam menginfeksi ikan zebra (*Danio rerio*) dengan mengamati patologi anatomi, mortalitas, waktu rerata kematian dan waktu kumulatif kematian. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian ini dilakukan tiga tahap, pertama persiapan ikan zebra sebagai ikan uji dengan stadia umur tiga bulan dan berukuran 3-5 cm. Kedua, mengkultur bakteri dari 10 spesies bakteri *Enterobacteriaceae* yaitu *Escherichia coli* 1, *E. coli* 2, *Enterobacter cloacae* 1, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Enterobacter amnigenus* 1, *Enterobacter amnigenus* 2, *Escherichia coli* 3, *Pantoea* spp., *Enterobacter cloacae* 2, *E. cloacae* 3 yang dikultur pada media tumbuh *Brain Heart Infused Broth* (BHIB) dan kemudian dicuci dengan *Phosphate Buffer Saline* (PBS) 0,45. Tahap ketiga yaitu infeksi bakteri pada ikan zebra menggunakan metode perendaman dengan masing-masing perlakuan diulang tiga kali dan diamati selama 120 jam. Hasil penelitian menunjukkan 10 spesies yang digunakan menyebabkan kematian (mortalitas) dengan mortalitas tertinggi pada ikan yang terinfeksi *E. coli* 2 dan *E. cloacae* 1 dengan presentase 66,67%. Patologi anatomi pada organ luar dan organ dalam menunjukkan

gejala pascainfeksi yang timbul. Infeksi terjadi dengan waktu rerata kematian 12-86 jam, sedangkan waktu kumulatif kematian ikan menunjukkan *E. coli* 2, *A. calcoaceticus* dan *E. cloacae* 1 menyebabkan kematian sejak 24 jam pascainfeksi hingga akhir pengamatan.

Kata-kata kunci: patogenisitas, enterobacteriaceae, ikan zebra

PENDAHULUAN

Semakin tingginya permintaan ikan mendorong pembudidaya untuk meningkatkan produksi dengan melakukan budidaya intensif, sehingga resiko serangan penyakit pada hewan budidaya ikan juga meningkat. Penelitian pada budidaya ikan tilapia (*Oreochromis niloticus*), dan ikan lele (*Clarias batrachus*) di kota Samarinda, Kalimantan Timur ditemukan 37 jenis bakteri yang menginfeksi ikan budidaya, 14 dari bakteri tersebut diduga patogen pada manusia dan juga hewan budidaya, salah satunya ialah, Enterobacteraceae (Hardi *et al.*, 2018).

Beberapa jenis bakteri *Enterobacteriaceae* adalah bakteri patogen yang memiliki endotoksin dan eksotoksin yang merupakan syarat bakteri patogen. *Enterobacteriaceae* juga bertindak sebagai patogen oportunistik yaitu menyebabkan sakit apabila sistem pertahanan tubuh organisme menurun atau telah terserang penyakit sebelumnya. *Enterobacteriaceae* dapat ditemukan pada ikan dan manusia (Gauthier 2015) dan keberadaannya dapat digunakan sebagai indikator kontaminasi polusi pada manusia dan hewan yang dapat menyebabkan kerusakan organ, anemia dan pendarahan pada organ (Noor El-Deen *et al.*, 2010).

Ikan zebra (*Danio rerio*) merupakan jenis ikan tropis berukuran kecil yang dapat ditemukan di sungai-sungai di negara India dan Asia Selatan. Ikan zebra dipilih karena telah berfungsi sebagai alat penting biomedis penelitian, memberikan kemajuan besar dalam pemahaman kita tentang perkembangan vertebrata dan pemodelan penyakit. Beberapa tahun terakhir, Ikan zebra telah digunakan secara efektif model penyakit menular manusia karena adanya kesamaan gen yang menyerupai manusia atau mamalia. Gen dari ikan zebra dan teleost lainnya, menunjukkan sebuah evolusi yang terjadi selama ratusan juta tahun yang lalu dari mamalia (Allen dan Neely, 2010). Patogenesis pada ikan zebra juga mencerminkan patogenesis pada hewan liar yang sakit dan ikan yang dibudidayakan dan gejala klinis yang diamati selama infeksi pada manusia serta penggunaan ikan zebra dapat memberikan

informasi tentang perkembangan patogen dan bagaimana kontribusinya pada penularan penyakit manusia.

Penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui virulensi bakteri Enterobacteriaceae terhadap ikan zebra sebagai hewan model, dengan harapan dapat mengetahui patogenisitas bakteri pada ikan zebra, karena ikan zebra memiliki kesamaan gen yang menyerupai manusia atau mamalia sehingga dapat dilakukan pengendalian yang tepat. Penelitian ini melakukan pengujian infeksi bakteri dengan cara perendaman menggunakan isolat bakteri *Enterobacteriaceae* pada ikan zebra. Kemudian mengamati patologi anatomi organ luar dan organ dalam, waktu rerata kematian dan mortalitas untuk melihat efek yang ditimbulkan oleh bakteri *Enterobacteriaceae* di dalam tubuh ikan.

METODE PENELITIAN

Alat yang akan digunakan disterilisasikan terlebih dahulu menggunakan metode sterilisasi kering dan basah. Akuarium yang digunakan berukuran panjang 41 cm x lebar 27 cm x tinggi 10 cm dan diisi air sebanyak \pm 7 L aquades dan diberi aerasi menggunakan aerator dan juga filter selama 24 jam sebelum ikan dimasukkan ke dalam akuarium. Ikan zebra dengan ukuran 3-5 cm di aklimasi selama 4-7 hari kemudian dimasukkan ke dalam akuarium sebanyak tiga ekor per akuarium untuk setiap ulangan.

Media yang digunakan yaitu media cair dan media cair Brain Heart Infusion Broth (BHIB). Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah 10 spesies bakteri *Enterobacteriaceae* yaitu *E. coli* 1, *E. coli* 2, *E. cloacae* 1, *A. calcoaceticus*, *E. amnigenus* 1, *E. amnigenus* 2, *E. coli* 3, *Pantoea* spp., *E. cloacae* 2, *E. cloacae* 3 yang berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman. Kemudian, isolat bakteri uji dikultur dalam media BHIB dan diinkubasi ke dalam inkubator selama 24 jam pada suhu 30°C. Kemudian, dimasukkan ke dalam lemari es. Bakteri yang tumbuh pada media BHIB sudah menjadi bakteri siap pakai sebelum digunakan untuk uji perendaman dan

disimpan dalam refrigerator. Bakteri yang digunakan dalam uji perendaman disentrifus kemudian dicuci terlebih dahulu dengan PBS 0,45% sebanyak 1 mL. Selanjutnya diambil sebanyak 1 mL dan dicampur dengan aquades steril sebanyak 99 mL untuk perendaman.

Pengujian menggunakan 10 perlakuan dari 10 isolat bakteri dengan masing-masing tiga ulangan. Setiap ulangan menggunakan tiga ekor ikan uji, sehingga jumlah total ikan uji yang digunakan adalah 300 ekor. Ikan direndam dengan menggunakan larutan golongan bakteri *Enterobacteriaceae* berdasarkan perlakuan dan ulangannya yang telah disediakan dari pengenceran di atas. Perendaman dilakukan di dalam toples yang berisi larutan bakteri sebanyak 100 mL/ 3 ekor ikan dan diberi aerasi selama 10 menit. Ikan yang telah direndam dimasukkan kedalam akuarium perawatan dengan volume air 7 L/akuarium atau air mencapai 10 cm pada akuarium dan dilengkapi dengan filter air, kemudian ikan diamati setiap 6 jam selama 120 jam (5 hari) pengamatan

Pengamatan mortalitas ikan zebra dilakukan setelah perendaman dengan larutan bakteri *Enterobacteriaceae* dan dihitung dengan rumus Effendi (1997): mortalitas = [(jumlah ikan mati pada akhir penelitian) x (jumlah ikan yang digunakan dalam penelitian)⁻¹] x 100%.

Bertujuan untuk menghitung waktu rata-rata yang diperlukan oleh bakteri *Enterobacteriaceae* dalam menginfeksi, hingga akhirnya membunuh ikan uji berdasarkan rumus perhitungan MTD (Hubert, 1980):

$$MTD = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

Keterangan :

a = waktu kematian pada hari ke i

b = jumlah ikan yang mati pada hari ke – i (ekor)

Hasil uji kemudian dicatat untuk menentukan pengaruh infeksi bakteri *Enterobacteriaceae* pada ikan zebra berdasarkan parameter yang diamati. Dianalisis dengan analisis deskriptif dengan bantuan tabel dan gambar untuk mengamati patologi anatomi ikan, waktu rerata kematian dan waktu kematian kumulatif ikan. Data mortalitas ikan dianalisis secara statistik menggunakan aplikasi SPSS versi 17.

HASIL DAN PEMBAHASAN

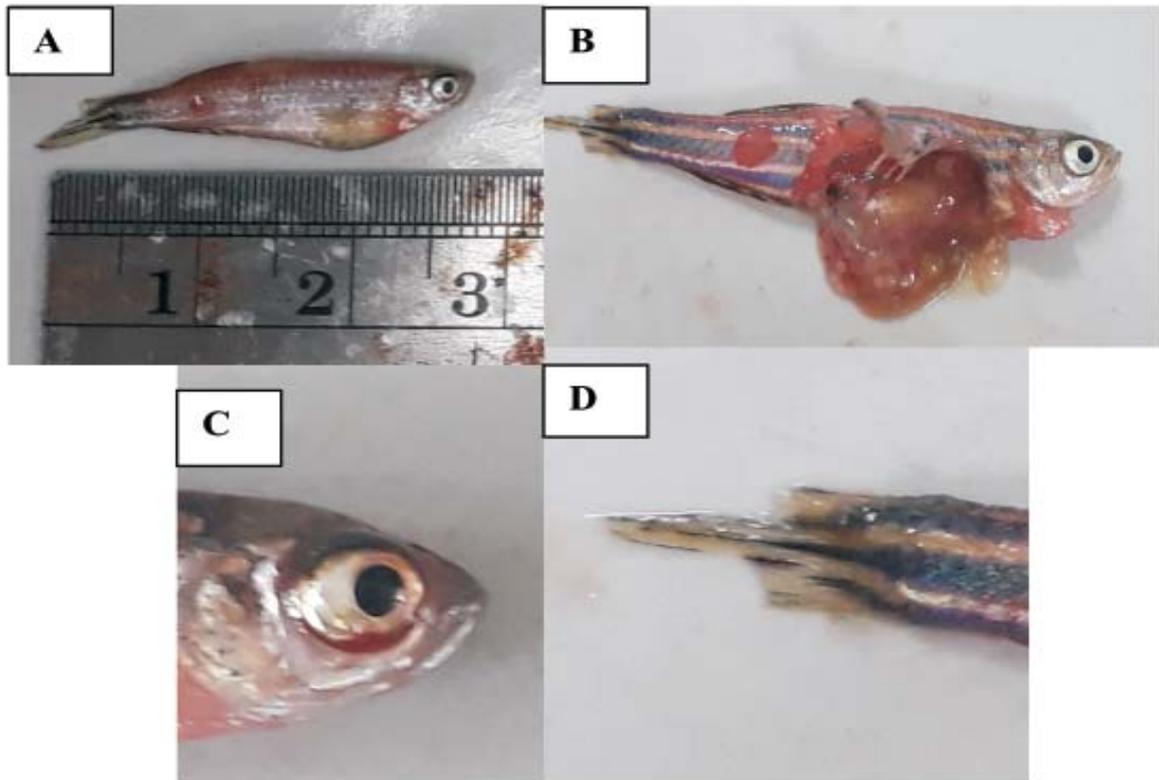
Patologi Anatomi

Pengamatan dilakukan setiap 6 jam dan hanya pada ikan yang mengalami kematian, tidak dilakukan kepada ikan yang masih bertahan hidup. Gejala awal yang timbul selama pengamatan adalah beberapa ikan mulai berdiam di dasar dan respon lambat terhadap rangsangan. Namun beberapa ikan uji lain terdapat pula yang berenang tidak beraturan ataupun berenang seperti biasa namun bagian tubuh mulai menunjukkan adanya gejala infeksi. Menurut Boyland (2011), ikan yang terinfeksi *Enterobacteriaceae* menunjukkan gejala seperti diam di dasar, berenang tidak beraturan, eksophtalmia dan anoreksia.

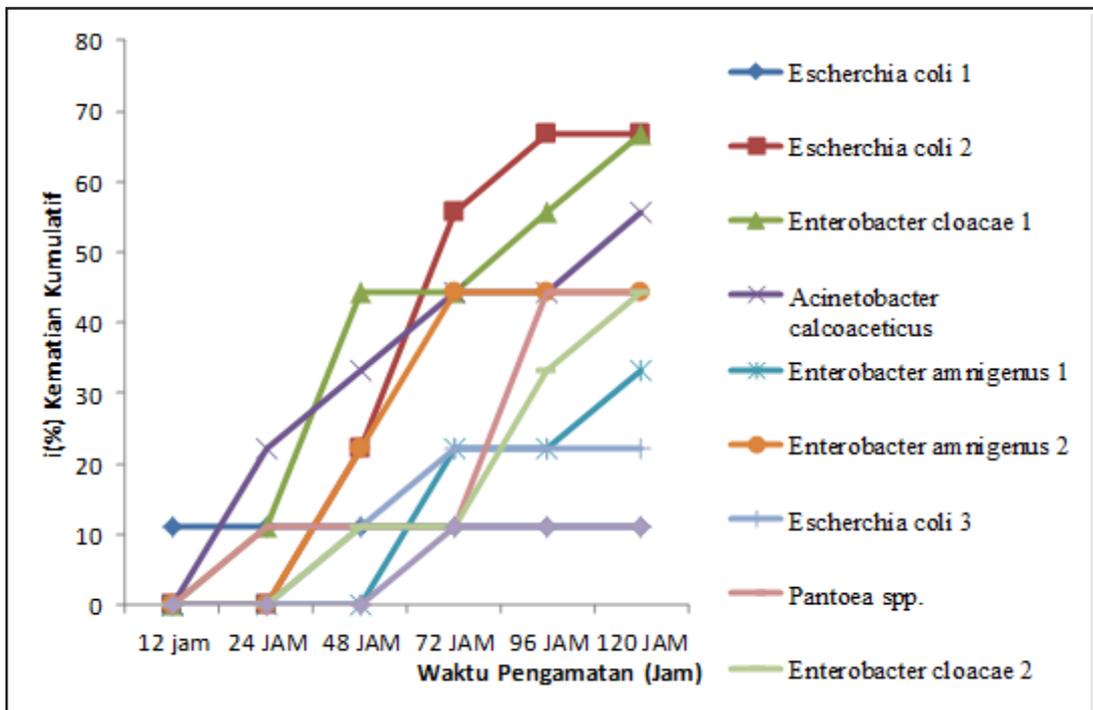
Secara umum gejala yang timbul dan tampak pada patologi anatomi luar ialah memudarnya garis tubuh ikan zebra yang disertai dengan lepasnya sisik pada tubuh ikan. Ikan uji yang digunakan adalah ikan zebra yang memiliki garis tubuh berwarna biru dan putih sepanjang bagian tubuh, namun ketika terjadinya infeksi, garis tubuh biru tersebut menghilang atau memudar dan terdapat pula ulcer berwarna kuning pada perut ikan, hitam pada bagian badan ikan, maupun kemerahan pada bagian operkulum

Isolat *E. coli* 2, *E. coli* 3, *E. cloacae* 1, *E. cloacae* 2, *E. amnigenus* 2, *A. calcoaceticus* dan *Pantoea* spp., yang diinfeksi pada ikan zebra memiliki kesamaan gejala pada anatomi organ luar, yaitu lendir berlebih dan ulcer pada perut, punggung dan operkulum ikan. Ulcer yang timbul pada ikan pasca infeksi *Pantoea* spp menyebabkan tubuh ikan seperti berlubang sedangkan ikan zebra yang terinfeksi *E. amnigenus* 1, memiliki ulcer yang berbeda yaitu tubuh ikan berubah menjadi kehitaman. Menurut Hardi *et al.* (2011) menghitamnya bagian tubuh ikan uji terjadi karena bakteri masuk ke dalam ginjal melalui aliran darah dan menginfeksi tubulus ginjal sehingga mempengaruhi metabolisme dan proses-proses enzimatik dalam sel, yang dapat menyebabkan terjadinya degenerasi dan nekrosa pada tubulus ginjal. Kondisi ini merusak struktur dan fungsi ginjal, yang mengakibatkan terganggunya proses-proses fisiologik di dalam tubuh ikan bahkan dapat menyebabkan kematian.

Sirip gripis terjadi pada ikan uji yang terinfeksi *E. coli* 1 *E. coli* 3, *E. cloacae* 1 ,



Gambar 1. Patologi anatomi ikan pasca infeksi *Enterobacteriaceae* (A) Terdapat borok pada tubuh ikan (B) Organ dalam ikan hancur dan terdapat cairan berlebih (C) Mata eksoptalmia dan pendarahan (C) Sirip ekor mengalami gripis



Gambar 2. Grafik kematian kumulatif ikan zebra pasca infeksi selama 120 jam

Tabel 1. Mortalitas ikan zebra pascainfeksi *Enterobacteriaceae*

Spesies	Jumlah Kematian	Mortalitas (%)±SD
<i>Eschericia coli 1.</i>	1	11,11 ± 0,58 ^a
<i>Eschericia coli 2.</i>	6	66,67 ± 1,00 ^c
<i>Eschericia coli 3.</i>	2	22,22 ± 0,58 ^{ab}
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	5	55,56 ± 0,58 ^{bc}
<i>Enterobacter amnigenus 1</i>	3	33,33 ± 1,00 ^{abc}
<i>Enterobacter amnigenus 2</i>	4	44,44 ± 0,58 ^{abc}
<i>Pantoea spp.</i>	4	44,44 ± 0,58 ^{bc}
<i>Enterobacter cloacae 1.</i>	6	66,67 ± 0,00 ^c
<i>Enterobacter cloacae 2.</i>	4	44,44 ± 0,58 ^{bc}
<i>Enterobacter cloacae 3.</i>	1	11,11 ± 0,58 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti dilengkapi dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Table 2. Rerata waktu kematian pascainfeksi bakteri *Enterobacteriaceae* selama 120 jam

Spesies	Jam	Hari
<i>Eschericia coli 1.</i>	12	0,5
<i>Eschericia coli 2.</i>	59	2,5
<i>Eschericia coli 3.</i>	48	2,0
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	54	2,3
<i>Enterobacter amnigenus 1</i>	86	3,6
<i>Enterobacter amnigenus 2</i>	48	2,0
<i>Pantoea spp.</i>	69	2,9
<i>Enterobacter cloacae 1.</i>	57	2,4
<i>Enterobacter cloacae 2.</i>	75	3,1
<i>Enterobacter cloacae 3.</i>	54	2,3

E. amnigenus 1, *E. cloacae 3* dan *A. calcoaceticus*. Ikan yang terinfeksi mengalami gejala eksoptalmia atau mata menonjol yang disertai dengan pendarahan disekitar pupil mata pada ikan yang terinfeksi bakteri *E. coli 1*, *A. calcoaceticus*, *E. amnigenus*, *E. coli 3* dan *E. cloacae 3*. Eksoptalmia disebabkan karena adanya bakteri yang mengakibatkan kerusakan pada sel yang mengalami hipertropi dan hiperplasi pada organ mata yang hanya dapat diamati secara mikroskopis, sedangkan secara makroskopis ditandai dengan terjadinya eksoptalmia (Hardi *et al.*, 2011). Insang ikan yang terinfeksi bakteri juga menjadi pucat dan memproduksi lendir berlebih. Infeksi bakteri

melalui perendaman memungkinkan bakteri masuk kedalam tubuh melalui seluruh bagian tubuhnya seperti kulit, mulut, mata, operkulum, dan insang. Masuknya bakteri kedalam insang menyebabkan bakteri dapat tumbuh dan berkembang di insang, karena insang banyak mengandung oksigen dan bahan nutrient. Hal ini semakin mempercepat infeksi bakteri kedalam tubuh ikan. Pucatnya insang ikan juga dapat disebabkan infeksi tingkat lanjut karena pendarahan pada insang dan darah banyak yang keluar (Hardi, 2016).

Enterobacteriaceae menyerang organ pencernaan dan kemudian menyebar ke organ lain seperti ginjal dan hati. Pernyataan ini dapat dibuktikan karena ikan uji saat dinekropsi ditemukan adanya cairan atau abses pada rongga perut. Terlihat bahwa membesarnya perut ikan karena ditemukannya cairan dan abses di rongga perut ikan, usus dan lambung menjadi lunak. Pada beberapa ikan yang dibedah juga menunjukkan adanya pendarahan pada bagian usus dan lambung ikan. Organ dalam lain yaitu ginjal tampak menghitam yang menunjukkan bahwa bagian tubuh ikan pada patologi anatomi organ luar yang tampak menghitam memang dikarenakan adanya gangguan pada organ ginjal. Hati menjadi lunak, berubah warna dan bentuknya tidak beraturan serta jantung yang tampak memucat dan pada sebagian ikan ditemukan bahwa jantung mengalami pembesaran dan pendarahan.

Hal ini dapat disebabkan karena *Enterobacteriaceae* merupakan bakteri patogen yang memiliki endotoksin dan eksotoksin dan salah satu produk yang dihasilkan oleh eksotoksin adalah enterotoksin, menyerang organ dalam ikan dan menyebabkan pendarahan (Noor El-Deen *et al.*, 2010). Mahendra (2016) menyatakan bahwa enterotoksin memiliki efek toksik pada bagian usus. Hal ini mungkin menyebabkan banyaknya cairan pada usus. Hal ini lah yang diduga menyebabkan banyaknya cairan yang terdapat pada rongga perut serta organ pencernaan ikan uji.

Mortalitas

Tingkat patogenesis ditandai dengan tingkat mortalitas yang tinggi. Hasil presentase mortalitas pada masing – masing ikan uji diperlihatkan dalam Tabel 1. Hasil uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan dari isolat *Enterobacteriaceae* yang digunakan berpengaruh nyata (0,036<0,05) terhadap tingkat mortalitas ikan zebra, sedangkan untuk

melihat pengaruh dari masing-masing perlakuan disajikan dalam tabel data superskrip pada Tabel 1. Mortalitas tertinggi terjadi pada infeksi bakteri *E. coli* 2. dan *E. cloacae* 1. yaitu 66,67%. Penelitian pada ikan lele, bakteri *E. coli* 2. dan *E. cloacae* 1 menyebabkan kematian paling besar yaitu sekitar 63% dan 90%. Tingkat mortalitas yang tinggi juga menunjukkan bahwa bakteri tersebut memiliki virulensi pada ikan uji. Bakteri yang memiliki mortalitas terendah ialah *E. coli* 1 dan *E. cloacae* 3. yaitu sebesar 11,11%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua bakteri tersebut tidak menyebabkan kematian pada ikan uji nila, lele dan patin.

Salah satu faktor bakteri menjadi patogen yaitu kemampuan bakteri untuk menghasilkan enzim dan toksin tertentu yang berperan dalam proses invasi dan infeksi (Mangunwardoyo *et al.*, 2010). Menurut Mahendra (2016), terjadinya kematian pada ikan sangat berkaitan dengan faktor-faktor virulensi bakteri, kecepatan perkembangbiakan bakteri, maupun faktor pertahanan inang dalam melawan bakteri patogen.

Mean Time Death

Pengamatan MTD ini dilakukan untuk mengetahui waktu rata-rata suatu penyakit untuk menyebabkan kematian pada suatu inang. Ikan uji yang di infeksi dengan bakteri *Escherichia coli* 1, mengalami kematian 12 jam pasca infeksi, namun setelah itu tidak mengalami kematian lagi hingga hari terakhir. Pada penelitian bakteri *E. coli* 1 adalah bakteri yang menyebabkan kematian pada ikan lele, dan patin.

Diurutan kedua yang memiliki nilai MTD tinggi ialah *E. cloacae* 1, yaitu rata-rata waktu kematian 46 jam. Menurut Yuningtyas (2011) *E. cloacae* 1 bukan merupakan bakteri patogen pada ikan karena tidak memiliki endotoksin dan eksotoksin sebagai syarat bakteri patogen tetapi hanya memiliki enzim α -galaktosidase yang mampu merombak glukosa dan galaktosa yang mudah dicerna dalam usus ikan (Yuningtyas, 2011). Pernyataan ini dibuktikan pada penelitian bahwa tiga jenis ikan uji tidak mengalami kematian. Namun, pada ikan uji ikan zebra dapat dilihat bahwa ikan mengalami kematian dan mengalami gejala infeksi.

Bakteri *E. amnigenus* 1 adalah bakteri yang MTD-nya paling panjang yaitu 86 jam. Semakin panjang nilai MTD yang ditunjukkan maka tingkat virulensi bakteri tersebut justru lebih tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa

sesuai pernyataan Hardi (2016) bahwa bakteri yang memiliki nilai MTD lebih panjang bersifat kronis karena lebih menonjolkan tanda-tanda serangan penyakit diawal.

Patogen yang bersifat akut biasanya menyebabkan kematian kurang dari 24 jam, sedangkan patogen bersifat kronis adalah patogen yang menyebabkan kematian dalam kurun waktu lebih dari 24 jam dan menonjolkan gejala klinis baik tingkah laku maupun patologi anatomi (Hardi, 2016). Penyakit akut adalah penyakit yang datang secara mendadak dan menimbulkan kematian secara masal dalam waktu singkat dan memerlukan pertolongan secepatnya, sedangkan penyakit kronis adalah penyakit yang menyerang secara perlahan, menurunkan kondisi hingga akhirnya terjadi kematian.

Isolat Enterobactriaceae yang digunakan untuk uji, seluruhnya menyebabkan kematian pada ikan uji. Untuk melihat bertambahnya tingkat kematian harian ikan uji yang mati selama 5 hari masa percobaan, maka dilakukan perhitungan waktu kematian kumulatif selama 5 hari atau 120 jam (Gambar 2) untuk melihat tingkat kematian ikan uji setiap harinya. Ikan yang direndam dengan jenis bakteri *E. coli* 2, *E. cloacae* 1 dan *Acinobacter calcoaceticus* adalah jenis bakteri yang menyebabkan kematian ikan setelah 24 jam pasca infeksi dan berlangsung setiap harinya hingga hari pengamatan akhir dan mencapai presentase 66,7% selama lima hari pengamatan.

SIMPULAN

Seluruh isolat Enterobacteriaceae yaitu *E. coli* 1, *E. coli* 2, *E. cloacae* 1, *A. calcoaceticus*, *E. amnigenus* 1, *E. amnigenus* 1, *E. coli* 3, *Pantoea spp.*, *E. cloacae* 2, *E. cloacae* 3, menyebabkan kematian pada ikan zebra yang ditandai dengan adanya ulcer, tubuh menghitam, eksoptalmia, lendir berlebih, sisik lepas, sirip gripis, abses pada usus dan lambung, menghitamnya ginjal, serta perubahan yang terjadi hati dan jantung baik dari konsistensi dan warna.

Bakteri *E. coli* 2, *E. cloacae* 1 dan *A. calcoaceticus* adalah isolat yang menyebabkan mortalitas tertinggi pada ikan uji, memiliki waktu rerata kematian panjang dan presentase waktu kematian kumulatif tertinggi. *E. coli* 1 adalah isolat yang menyebabkan kematian tercepat pasca infeksi.

SARAN

Perlu adanya penelitian bakteri Enterobacteriaceae menggunakan larva ikan zebra karena pada beberapa literature larva ikan menunjukkan hasil yang lebih baik, serta kajian lebih lanjut tentang cara pencegahan dan penanggulangan dari infeksi yang ditimbulkan. Namun, diperlukan metode efektif untuk pemeliharaan larva ikan zebra yang akan digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Mikrobiologi Perairan dan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen JP, Neely MN. 2010. Trolling for the ideal model host: zebrafish take the bait. *Future Microbiol* 5: 563–569. [PubMed: 20353298]
- Boyland S. 2011. Zoonoses associated with fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 14: 427-438.
- Effendie MI. 1997. Biologi Perikanan. Yogyakarta. Yayasan Pustaka Nusatama. Hlm. 130.
- Gauthier TD. 2015. Bacterial zoonoses of fishes: A review and appraisal of evidence for linkages between fish and human infections. *Vet J* 203(1): 27-35.
- Hardi EH. 2016. *Parasit Biota Akuatik dan Penanggulangan*. Samarinda. Mulawarman Press.
- Hardi EH, Nugroho RA, Saptiani G, Sarinah R, Anggriandini M, Mawardi M. 2018. Identification of Potentially pathogenic bacteria from tilapia (*Oreochromis niloticus*) and channel catfish (*Clarias bathracus*) culture in Samarinda, East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 19: 480-488.
- Hardi EH, Sukenda, Harris E, Lusiastuti AM. 2011. Karakteristik dan patogenisitas *Streptococcus agalactiae* tipe β -hemolitik dan nonhemolitik pada ikan nila. *Jurnal Veteriner* 12(2): 152-64.
- Hubert JJ. 1980. *Biossay*. Iowa USA. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Mahendra G, Triasturi RrJ, Andriyono S. 2016. Pengaruh injeksi bakteri Enterobacter sp. terhadap kelulushidupan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). Surabaya. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Airlangga. <http://repository.unair.ac.id/57174/>
- Mangunwardoyo W, Ismayasari R, Riani E. 2010. Uji Patogenisitas dan Virulensi *Aeromonas hydrophila* Stanier pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*. Lin) Melalui Postulat Koch. *Jurnal Riset Akuakultur* 5(2): 245-255
- Noor El-Deen AE, Atta NS, Abd El-Aziz MA. 2010. Oral vaccination of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) against Motile Aeromonas Septicemia. *Nat Sci* 8(2): 21-25.
- Yuingtyas S. 2011. Purifikasi, Amobilisasi dan Karakterisasi β -Galaktosidase dari Enterobacteriaceae cloacea serta potensinya terhadap Susu UHT. (Tesis). Bogor. Institut Pertanian Bogor.