

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kadmium (Cd) merupakan logam berat non-esensial dan merupakan salah satu logam berat dengan penyebaran yang sangat luas di alam. Secara alamiah, keberadaan kadmium di lingkungan dapat berasal dari proses pelapukan batuan dan mineral di sekitar perairan. Secara non-alamiah, kadmium berasal dari kegiatan manusia seperti kegiatan pertambangan logam, limbah rumah tangga, dan berbagai kegiatan industri (Connel and Miller, 1995). Industri yang membuang limbahnya ke sungai berpotensi mencemari sungai dengan logam berat termasuk kadmium. Keberadaan kadmium di alam dapat dalam bentuk ion (Cd^{2+}) ataupun berikatan dengan ion lain.

Kadmium termasuk salah satu logam berat yang berbahaya bagi hewan air maupun manusia. Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut; merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Sutamihardja dkk., 1982). Menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn, bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, sedangkan bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui fungsi *transport ion transepitel* pada insang dan saluran pencernaan (Bastos and Fraire, 2011). Jumlah

logam yang terakumulasi dalam tubuh biota perairan akan terus mengalami peningkatan (Palar, 1994). Logam kadmium akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Keberadaan logam berat dalam tubuh organisme akan menyebabkan kerusakan beberapa organ tubuh terutama yang berhubungan dengan bioakumulasi dan biotransformasi kadmium dalam tubuh. Udang *Penaeus japonicus* yang terpapar kadmium mengalami nekrosis karena penyempitan pembuluh *haemolymph* yang disebabkan akumulasi kadmium pada daerah filamen (Soegianto *et al.*, 1999). Kadmium juga merusak struktur insang, Soegianto dkk. (2004) melaporkan adanya struktur sel insang udang regang yang mengalami hiperplasia pada paparan kadmium sebesar 10 ppb, sedangkan paparan kadmium sebesar 20, dan 30 ppb menyebabkan nekrosis dan hiperplasia insang udang. Chiarelli and Roccheri (2012) menambahkan bahwa paparan kadmium dapat menyebabkan terjadinya apoptosis sel pada konsentrasi menengah (10 M CdCl₂).

Paparan kadmium akan menyebabkan stres pada sel yang akan mengakibatkan kerusakan DNA dan pada akhirnya akan berdampak pada terjadinya apoptosis pada sel-sel insang. Apoptosis merupakan salah satu cara pertahanan integritas organisme dari cekaman polutan baik melalui jalur intrinsik maupun jalur ekstrinsik. Apoptosis bertanggung jawab atas banyak kejadian fisiologis, adaptif, dan patologis (Kumar *et al.*, 2005). Stres seluler seperti kerusakan DNA akan memprovokasi satu atau lebih pro-apoptotik yang akan merangsang mitokondria untuk mensintesis sitokrom-c. Selanjutnya, sitokrom-c akan berikatan dengan adaptor Apaf-1 dan memulai pembentukan apoptosom dan aktivasi inisiator caspase-9 yang berlanjut pada apoptosis jalur intrinsik (Schulze-Osthoff, 2008).

Apoptosis juga dapat disebabkan oleh perubahan kondisi lingkungan. Perubahan lingkungan perairan salah satunya adalah perubahan salinitas. Perubahan salinitas akan

menyebabkan perubahan tekanan osmotik pada lingkungan. Perbedaan tekanan osmotik antara internal biota akuatik dan lingkungan sering disebut dengan kapasitas osmoregulasi. Semakin besar nilai kapasitas osmoregulasi, semakin besar pula perbedaan tekanan osmotik antara internal biota akuatik dengan lingkungannya. Salinitas lingkungan menurunkan kapasitas osmoregulasi udang regang (Putranto *et al.*, 2014), artinya semakin tinggi salinitas semakin kecil perbedaan tekanan osmotik internal udang regang dengan lingkungannya.

Perubahan salinitas akan menyebabkan perubahan aktivitas Na^+/K^+ ATPase. Pada kondisi salinitas yang rendah udang regang mengalami hipoosmotik yang membuat aktivitas pompa Na meningkat yang diikuti dengan peningkatan aktivitas Na^+/K^+ ATPase. Sebaliknya pada salinitas tinggi, tekanan osmotik lingkungan mendekati tekanan osmotik udang regang, hal ini membuat ion-ion dapat berdifusi dari dan menuju sel udang sehingga energi yang dibutuhkan untuk pompa Na cenderung lebih sedikit. Kebutuhan energetik untuk pengaturan ion secara umum akan lebih rendah pada lingkungan yang isoosmotik, dengan demikian energi yang disimpan dapat cukup substansial untuk meningkatkan pertumbuhan (Imsland *et al.*, 2003). Osmoregulasi pada *crustacea* lebih banyak dilakukan oleh insang dan usus. Nanba *et al.* (2012) membuktikan bahwa insang berperan sebagai pengatur osmoregulasi, pada *crustacea* melalui perubahan aktivitas Na^+/K^+ ATPase pada insang bagian 6, 7 dan 8.

Semakin meningkatnya aktivitas Na^+/K^+ ATPase berarti kebutuhan ATP juga akan meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan ATP pada sel, mitokondria akan bekerja lebih keras. Mitokondria menghasilkan ATP melalui proses respirasi. Proses respirasi dapat meningkatkan kadar ROS (*Reactive Oxygen Spesies*) dalam sel. Kadar ROS yang meningkat akan menjadi radikal bebas yang kemudian akan memicu peristiwa apoptosis pada sel (Yang and Jones, 1998).

Salinitas juga mempunyai pengaruh pada toksisitas logam berat. Salinitas mempengaruhi bioavailabilitas dan *ion trace metal* di perairan, yang dapat mempengaruhi keterserapannya oleh organisme air sehingga dapat mempengaruhi akumulasi kadmium pada ikan. Kulac *et al.* (2012) melaporkan bahwa akumulasi kadmium pada insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) berbanding terbalik dengan kondisi salinitas sampai empat hari pemaparan.

Insang merupakan organ yang penting bagi kelangsungan hidup organisme akuatik, selain memiliki fungsi sebagai pertukaran O₂ dan CO₂ insang juga dapat digunakan untuk keperluan lain, seperti proses ekskresi, pertukaran ion, dan pengaturan tekanan osmosis (Bernes *et al.*, 1998). Perubahan kondisi lingkungan akan berdampak pada fisiologis insang udang, perubahan fisiologi tersebut antara lain terjadinya apoptosis dan akumulasi kadmium pada sel insang.

Salah satu cara untuk mengetahui tingkat pencemaran suatu lingkungan adalah dengan menggunakan bioindikator berupa organisme tertentu yang khas, yang dapat mengakumulasi bahan-bahan pencemar yang ada. Bioindikator yang dapat digunakan untuk memantau keadaan lingkungan perairan antara lain mikroorganisme kelompok Mollusca, Annelida, Pisces, maupun Crustacea. Adapun jenis-jenis crustacea yang sering dijadikan sebagai bioindikator adalah kepiting dan udang.

Udang regang [*Macrobrachium sintangense* (De Man)] merupakan salah satu udang air tawar yang penyebarannya di Sumatera, Jawa dan Borneo (Wowor *et al.*, 2009). Udang regang merupakan jenis udang yang hidupnya tersebar dari hulu hingga hilir sungai. Udang ini mampu hidup pada kisaran toleransi salinitas besar. Menurut Irawan dkk. (1996) udang regang mampu bertahan hidup pada salinitas 20 permil hingga tujuh hari. Selain mampu bertahan pada kondisi salinitas yang luas, udang regang mempunyai pertahanan terhadap cekaman logam berat. Udang regang yang

terpapar logam berat kadmium akan mengalami beberapa ciri khusus, salah satunya terdapat kelainan atau kerusakan pada insang. Sel insang udang yang terpapar kadmium akan mengalami hiperplasi, nekrosis, dan apoptosis. Selain itu, pada udang yang terpapar kadmium akan terdapat akumulasi kadmium pada insangnya.

Dari uraian di atas, perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui pengaruh pemberian kadmium pada salinitas berbeda terhadap jumlah sel insang apoptosis dan akumulasinya pada organ insang udang regang.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut.

1. Apakah ada perbedaan jumlah sel insang udang regang yang mengalami apoptosis akibat perbedaan tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 0 ‰?
2. Apakah ada perbedaan jumlah sel insang udang regang yang mengalami apoptosis akibat perbedaan tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 10‰?
3. Apakah ada perbedaan jumlah sel insang udang regang yang mengalami apoptosis akibat perbedaan tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 20‰?
4. Apakah ada perbedaan akumulasi kadmium pada insang udang regang akibat perbedaan berbagai tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 0 ‰?
5. Apakah ada perbedaan akumulasi kadmium pada insang udang regang akibat perbedaan berbagai tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 10 ‰?
6. Apakah ada perbedaan akumulasi kadmium pada insang udang regang akibat perbedaan berbagai tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 20 ‰?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain untuk:

1. Mengetahui perbedaan jumlah sel insang udang regang yang mengalami apoptosis akibat tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 0 ‰, 10 ‰, dan 20‰.
2. Mengetahui perbedaan akumulasi kadmium pada insang udang regang akibat perbedaan tingkat konsentrasi kadmium pada media dengan salinitas 0 ‰, 10 ‰, dan 20 ‰.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini dapat ditinjau dari aspek teoritis maupun aspek aplikatif.

1. Ditinjau dari aspek teoritis

Ditinjau dari aspek teoritis, penelitian ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu ataupun studi tentang toksisitas logam berat kadmium pada berbagai salinitas terhadap apoptosis sel insang dan akumulasi kadmium pada insang udang regang.

2. Ditinjau dari aspek aplikatif

Ditinjau dari aspek aplikatif, penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi kepada masyarakat mengenai bahaya logam berat kadmium pada hewan air tawar khususnya pada insang udang regang pada salinitas yang berbeda.