

PERAN HORMON DAN SYARAF PADA OSMOREGULASI HEWAN AIR

Imam Taufik¹⁾ dan Ani Kusrini²⁾

¹⁾ Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar, Bogor

²⁾ Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta

ABSTRAK

Osmoregulasi merupakan upaya yang dilakukan oleh ikan untuk mengontrol keseimbangan air dan ion-ion antara tubuh ikan dengan lingkungannya. Mekanisme osmoregulasi ikan dipengaruhi oleh sistem endokrin dan sistem syaraf. Selain itu kedua sistem ini juga berperan sebagai integrasi dan mengkoordinasikan semua proses biologis. Definisi osmoregulasi sendiri adalah proses pengaturan tekanan osmotik yang berlangsung di dalam tubuh organisme. Ada 2 kategori dalam proses menghadapi tekanan osmotik air media yaitu osmoregulator dan osmokonformer. Dalam kondisi perairan yang tidak menentu baik hipertonic maupun hipotonik, ikan akan berusaha mempertahankan tekanan osmotik cairan tubuhnya. Tekanan osmotik lingkungan tergantung dari salinitas. Untuk mengatur ion tubuhnya dipengaruhi oleh hormon kortikoid kortisol, atrial natriuretic peptide (ANP), adrenohipofisa, prolaktin (PRL), somatotropin, dan IGFS. Proses osmoregulasi juga sangat dipengaruhi oleh interaksi antara syaraf dan sistem endokrin.

KATA KUNCI: osmoregulasi, hormon, syaraf, salinitas

PENDAHULUAN

Ikan sebagai hewan air memiliki beberapa fungsi fisiologis yang tidak dimiliki oleh hewan darat karena kondisi di dalam air sangat berbeda dengan di darat. Densitas air menyebabkan pergerakan hewan air lebih lambat sementara pada waktu yang sama ikan harus mengapung dan mengontrol tekanan. Densitas air juga menyebabkan adanya perbedaan tekanan osmotik dari lingkungan perairan terhadap tubuh ikan sehingga ikan harus mengadaptasikan tubuh terhadap tekanan osmotik tersebut.

Osmoregulasi adalah upaya yang dilakukan oleh organisme air (ikan) untuk mengontrol keseimbangan air dan ion-ion antara tubuh ikan dengan lingkungannya atau suatu proses pengaturan tekanan osmose. Proses berlangsung karena: (1) harus terjadi keseimbangan antara cairan tubuh dan lingkungannya; (2) adanya membran sel yang permeabel sebagai tempat lewatnya beberapa substansi yang bergerak cepat; (3) perbedaan tekanan osmose antara cairan tubuh dan lingkungannya.

Semua organisme yang hidup dalam air tawar akan melakukan osmoregulasi akibat perbedaan tekanan osmose, sedangkan pada

ikan aestuari yang mempunyai cairan tubuh yang menyerupai air garam laut hanya melakukan sedikit upaya untuk mengontrol tekanan osmose dalam tubuhnya. Hal ini menyebabkan perbedaan laju metabolisme dasar karena upaya menahan garam-garam internal dan keluaran mineral yang lain membutuhkan konsumsi oksigen yang berbeda tergantung besarnya perbedaan konsentrasi cairan tubuh dengan lingkungannya.

Dalam mekanisme osmoregulasi hewan air selain melibatkan berbagai organ tubuh, juga akan dipengaruhi oleh sistem endokrin melalui hormon-hormon yang dihasilkan dan sistem syaraf. Kedua sistem tersebut dapat bekerja secara terpisah tetapi pada umumnya bekerja secara bersama-sama. Pada intinya kedua sistem tersebut melakukan sebagian besar fungsi pengaturan untuk tubuh hewan air, termasuk proses osmoregulasi.

HORMON DAN SYARAF

Hormon dan syaraf pada organisme air (ikan) berperan sebagai sistem integrasi atau pengaturan dan mengkoordinasikan semua proses biologis dalam tubuh ikan. Dilihat dari fungsinya, hormon mempunyai kemiripan dengan syaraf yaitu sebagai sistem integrasi (pengaturan/koordinasi), tetapi dalam per-

kembangannya sistem hormon dan syaraf dapat dipisahkan meskipun pada beberapa hewan tingkat tinggi kedua sistem tersebut masih bersatu.

Beberapa hal mendasar yang membedakan antara hormon dan syaraf antara lain adalah: (1) cara kerja, hormon bekerja lebih lambat (paling cepat 1 menit setelah ada rangsang) sedangkan syaraf sangat cepat di mana respon akan muncul dalam waktu $\pm 0,001$ detik setelah ada rangsangan; (2) dampak yang ditimbulkan oleh hormon relatif lebih lama hilang dibanding yang disebabkan oleh syaraf.

Hormon merupakan suatu zat organik yang dihasilkan oleh sistem endokrin yang akan berintegrasi dengan beberapa kondisi eksternal seperti: salinitas, suhu, metabolisme, reproduksi, migrasi, dan metabolisme melalui kombinasi beberapa alat-alat sensor dan organ-organ endokrin. Syaraf sistemnya pada tubuh ikan jauh lebih rumit jika dibanding dengan sistem hormon. Sistem syaraf tersebut terbagi atas: (1) sistem syaraf pusat (SSP) yang terdiri atas otak dan sumsum tulang belakang; dan (2) sistem syaraf tepi (SST) yang merupakan seluruh bagian syaraf selain dari otak dan sumsum tulang belakang yang menghubungkan antara SSP dengan organ tubuh lainnya. SST terdiri atas syaraf somatik yang prosesnya di bawah sadar atau biasa juga disebut syaraf sadar; dan syaraf otonom yang prosesnya di luar kesadaran atau disebut juga syaraf tak sadar. Syaraf tak sadar (otonom) terbagi lagi menjadi syaraf simpatik yang bekerja pada saat organisme aktif dan syaraf parasimpatik yang bekerja pada saat organisme tidak aktif. Di ujung syaraf simpatik menghasilkan adrenalin yang berdampak aktif (adrenalgik), sedangkan diujung syaraf parasimpatik menghasilkan Ach (*Acetylcholine*) yang bekerja lambat (Riani, 2002).

OSMOREGULASI

Osmoregulasi didefinisikan sebagai proses pengaturan tekanan osmotik yang berlangsung di dalam tubuh organisme. Pada hewan air proses tersebut terjadi antara tekanan osmotik lingkungan perairan dengan cairan tubuh organisme air, maupun antar cairan tubuh organisme air itu sendiri.

Pengaturan tekanan osmotik (osmoregulasi) ini merupakan proses yang sangat penting dan diperlukan bagi aktivitas fisiologis organisme air, karena:

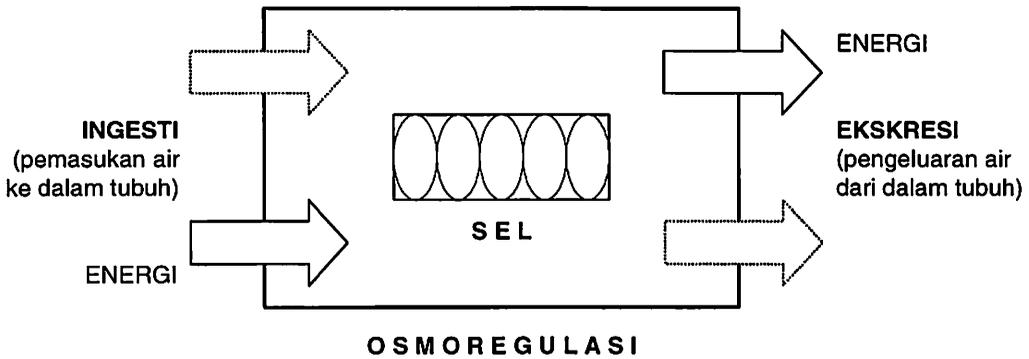
1. Untuk terjadinya proses fisiologis atau biosintesis dibutuhkan tekanan osmotik tertentu
2. Tekanan osmotik lingkungan luar sering kali berbeda dengan tekanan osmotik cairan tubuh dan kadang-kadang perbedaan tersebut cukup ekstrem
3. Adanya bagian tubuh organisme air yang memungkinkan untuk terjadinya aliran materi atau cairan yang masuk dan keluar dari tubuh yaitu insang dan kulit

Dilihat dari mekanisme fisiologisnya dalam menghadapi tekanan osmotik air media, Affandi & Tang (2002) mengategorikan organisme air menjadi dua kelompok yaitu:

1. Osmoregulator, yaitu organisme air yang secara osmotik stabil (mantap), selalu berusaha mempertahankan cairan tubuhnya pada tekanan osmotik yang relatif konstan, tidak perlu harus sama dengan tekanan osmotik air media hidupnya
2. Osmokonformer, yaitu organisme air yang secara osmotik labil dan mengubah-ubah tekanan osmotik cairan tubuhnya untuk menyesuaikan dengan tekanan osmotik air media hidupnya

Organ tubuh yang terlibat dalam proses osmoregulasi (Gambar 1) pada organisme air adalah: insang, ginjal, dan saluran pencernaan. Insang pada ikan merupakan tempat terjadinya aliran materi yang masuk dan keluar dari dalam tubuh. Materi yang masuk selanjutnya ke saluran pencernaan yang terdiri atas esophagus, usus, dan rectum. Proses masuknya air bersama materi ke dalam tubuh organisme air disebut "ingesti". Selanjutnya materi akan disaring di dalam ginjal di mana banyak terdapat glomerulus untuk mengoptimalkan proses penyaringan. Setelah disaring kelebihan air akan diekskresikan melalui urine ke lingkungan. Beberapa materi yang dibutuhkan dalam proses osmoregulasi adalah: H_2O , berbagai mineral (NaCl, Ca, dll.), protein plasma (albumin), asam amino, TMAO (Trimetil Amino Oksida); VLDL/LDL (Very Low Density Lipoprotein), glukosa, dan lain-lain.

Apabila tekanan osmotik lingkungan lebih tinggi (hipertonik) dari pada tekanan osmotik dalam cairan tubuh, maka cairan tubuh ikan cenderung untuk bergerak keluar secara osmosis melalui kulit dan insang. Ikan akan berusaha mempertahankan tekanan osmotik cairan tubuh agar tidak keluar dari selnya dengan mengekstrak air tawar dari air medianya



Gambar 1. Bagan alir proses osmoregulasi di dalam tubuh organisme air

dengan cara melakukan aktivitas “minum” untuk mengabsorpsi elektrolit. Bila terdapat kelebihan elektrolit, terutama Na^+ dan Cl^- yang diambil oleh darah akan dikeluarkan melalui insang. Sebaliknya, apabila tekanan osmotik lingkungan lebih rendah (hipotonik) cairan tubuh ikan bersifat hiperosmotik terhadap air media maka air dari media eksternal cenderung menembus masuk ke dalam tubuh ikan melalui bagian-bagian tubuh yang berlapis tipis seperti insang dan kulit. Elektrolit cenderung berdifusi ke luar tubuh dan cairan internal akan kekurangan elektrolit melalui ekskresi dan untuk mengatasi hal tersebut ikan akan berusaha mempertahankan tekanan osmotik cairan tubuh dengan cara meningkatkan absorpsi elektrolit dari air media melalui insang dan membuang cairan yang berlebih dalam tubuh melalui ekskresi uriner yang hiposmotik.

MEKANISME KERJA HORMON PADA OSMOREGULASI

Kadar garam (salinitas) air merupakan faktor yang paling penting dalam menentukan tekanan osmotik lingkungan perairan di mana semakin tinggi kadar garam dalam air akan semakin besar tekanan osmotiknya. Perubahan yang dibutuhkan untuk mengatur ion tubuh terhadap tekanan osmotik lingkungan akibat salinitas, berada di bawah peningkatan hormon kortikoid kortisol.

Hormon glukokortikoid kortisol memiliki posisi kunci dalam pengaturan keseimbangan air dan ion pada ikan teleostei laut. Cara kerja hormon ini meliputi peningkatan ekskresi ion Na^+ , meningkatkan kapasitas penyerapan air pada saluran pencernaan dan kandung kemih serta meningkatkan aktivitas enzim $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPase

dalam jaringan insang. Hasil penelitian Anonim dalam Serosero (2002) menunjukkan bahwa larva ikan seabas Asia (*Lates calcarifer*) yang sudah diberi kortisol cair dosis rendah dan kemudian dimasukkan dalam air dengan kadar garam tinggi akan meningkatkan kemampuan larva ikan untuk menahan kadar garam yang terlalu tinggi (kadar garam ± 60 ppt), tetapi tidak memberikan efek terhadap kemampuan larva untuk bertahan jika diletakkan pada air tawar. Hal tersebut membuktikan bahwa keberadaan kortisol mampu meningkatkan kemampuan ikan terhadap pengaturan osmotik yang terlalu tinggi dari lingkungannya tetapi menjadi tidak efektif dalam meningkatkan kemampuan pengaturan osmotik yang terlalu tinggi pada larva yang dipelihara dalam air tawar.

Ginjal merupakan organ tubuh yang cukup penting peranannya dalam proses osmoregulasi ikan. Salah satu hormon yang diproduksi oleh ginjal adalah *atrial natriuretic peptide* (ANP) yang dapat menyebabkan relaksasi otot lembut renal vaskular yang mungkin menginduksi glomerular hiperfiltrasi dan bisa meningkatkan ekskresi garam. Menurut Hirano dalam Affandi & Tang (2002), hormon ini memiliki aksi cepat dan berperan terhadap pemompaan ion maupun terhadap permeabilitas lingkungan serta terlibat dalam penyesuaian diri terhadap perubahan lingkungan yang cepat.

Pada ikan teleostei air tawar, hormon adenohipofisa dan prolaktin (PRL) memiliki peran penting dalam pengaturan keseimbangan air dan garam. Hormon tersebut berfungsi untuk mencegah penyerapan air dari kantung kemih, stimulasi pembuangan Na dalam jaringan insang, kantung kemih dan ginjal, serta merangsang ko-transporter Na dan Cl dalam

kantung kemih yang mengarah pada peningkatan penyerapan kedua ion. Selain itu, Hirano dalam Affandi & Tang (2002) berpendapat bahwa prolaktin juga memiliki peran penting dalam pengendalian keseimbangan hidro-mineral pada ikan teleostei air tawar, menurunkan permeabilitas membran dan memiliki suatu aksi mempertahankan sodium pada osmoregulasi permukaan.

Hormon pertumbuhan (somatotropin) yang disekresikan oleh adenohipofisa, juga dipengaruhi oleh perubahan yang terjadi selama periode adaptasi terhadap salinitas air. Kontribusi hormon pertumbuhan terhadap proses osmoregulasi melalui beberapa cara. Awalnya bersifat antagonis antara hormon prolaktin adenohipofisa (hormon diduga berfungsi untuk beradaptasi terhadap air tawar) dan hormon pertumbuhan sehingga meningkatkan sekresi hormon pertumbuhan dan menghambat kerja prolaktin. Hormon pertumbuhan juga sangat penting dalam jaringan sehingga efek kortisol semakin tinggi. Sekresi faktor pertumbuhan yang mirip insulin (IGFs) dipengaruhi oleh hormon pertumbuhan, dan pada beberapa penelitian mengenai IGFs diketahui akan merangsang produksi enzim $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ATPase oleh jaringan insang. Kemudian hormon pertumbuhan, kortisol, dan IGFs akan bekerja secara sinergis sehingga peningkatan jumlah sel klorida dan aktivitas pompa Na.

Peningkatan hormon pada usus juga penting selama masa adaptasi terhadap sekitarnya dengan kadar garam yang berbeda. Pada belut yang telah beradaptasi dengan air tawar, eosophagus merupakan ion monovalen yang sangat permeabel, sementara belut yang sudah beradaptasi dengan air laut eosophagus hampir tidak bisa ditembus Na dan Cl. Pengaturan kortisol tampaknya mengarah pada peningkatan permeabilitas, sementara penurunan permeabilitas eosophagus ion monovalen tampaknya berhubungan dengan peningkatan level prolaktin (Anonim dalam Serosero, 2002).

MEKANISME KERJA SYARAF PADA OSMOREGULASI

Pada ikan dikenal sistem linea lateral yang berperan sebagai detektor terhadap dinamika tekanan dan di dalamnya terdapat *electro-reception* organ *neuromast*. Selain impuls dan sel-sel rambut yang menyusun organ *neuromast* juga terdapat sel-sel sensor organ *neuromast* yang tenggelam dalam jaringan kulit

dan berhubungan salah satunya dengan canal linea lateral atau permukaan kulit oleh tabung berisi jelli. Organ *neuromast* khusus ini diduga berfungsi sebagai reseptor sensoris yang dapat mendeteksi adanya perbedaan tekanan osmotik antara cairan tubuh dengan lingkungannya.

Informasi dari reseptor sensoris masuk ke dalam sistem syaraf melalui nervus spinalis dan dihantarkan berturut-turut ke dalam medula spinalis, medula oblongata, mesensefalon, serebellum, talamus, korteks serebri dan kesemua segmen sistem syaraf. Khusus untuk proses osmoregulasi, melalui organ *neuromast* yang berfungsi sebagai reseptor sensoris informasi yang diterima diteruskan oleh neuron sensoris ke susunan syaraf pusat (otak dan sumsum tulang belakang). Selanjutnya neuron motorik membawa petunjuk dari otak dan sumsum tulang belakang untuk menstimulir otot organ tubuh yang berperan dalam proses osmoregulasi seperti insang, ginjal, dan saluran pencernaan. Sistem syaraf otonom diwakili oleh ganglia dari dan ke tulang belakang; neuron *sensoris* melaporkan informasi dari organ-organ tersebut ke sistem syaraf pusat, selanjutnya motoneuron merangsang otot halus di luar kesadaran yang terdapat pada organ osmoregulasi (Riani, 2002).

Atas petunjuk dari susunan syaraf pusat yang disampaikan oleh neuron motorik, apabila cairan tubuh ikan berada dalam kondisi hiposmotik terhadap lingkungannya (pada ikan air tawar) di mana air cenderung masuk ke dalam tubuh secara difusi melalui permukaan tubuh yang semipermeable maka ginjal akan bekerja memompakan kelebihan air tersebut dan dikeluarkan sebagai urine. Sebaliknya apabila cairan tubuh ikan bersifat hipertonik terhadap lingkungannya (ikan air laut), ikan cenderung kehilangan air melalui kulit dan insang serta kemasukan garam-garam. Untuk mengatasi kehilangan air, ikan minum air laut dan berarti pula meningkatnya kandungan garam dalam cairan tubuh.

MEKANISME KERJA INTERAKSI ANTARA HORMON DAN SYARAF PADA PROSES OSMOREGULASI

Tidak ada satu sel pun yang dapat hidup terisolasi dari sel yang lain. Jaringan komunikasi antara satu sel dengan sel yang lain menghasilkan suatu koordinasi untuk mengatur berbagai fungsi jaringan maupun organ. Sistem komunikasi ini selain dilakukan oleh sistem

syaraf, juga dilakukan oleh sistem endokrin, atau bahkan sistem syaraf bersama-sama dengan sistem endokrin mengontrol aktivitas organ atau jaringan tubuh. Banyak kelenjar endokrin, lewat hormon-hormon mempengaruhi sistem syaraf; sebaliknya organ-organ endokrin sering dirangsang atau dihambat oleh produk-produk sistem syaraf. Jarang dijumpai peristiwa biologik yang semata-mata dikontrol oleh sistem syaraf atau sistem endokrin saja, pada umumnya dibawah pengaruh kedua sistem tersebut. Interaksi dan saling mengisi secara fungsional terjadi secara kompleks sehingga unsur-unsur syaraf dan endokrin sering dianggap menyusun sistem neuro-endokrin.

Interaksi antara sistem syaraf dan sistem endokrin dalam pengaturan tekanan osmotik cairan tubuh atau proses osmoregulasi terjadi pada organ-organ yang bertanggung jawab terhadap kegiatan tersebut. Untuk meningkatkan efisiensi osmoregulasi yang dilakukan oleh ginjal atas perintah dari susunan syaraf pusat yang disampaikan oleh neuron motorik, maka sistem endokrin pada ginjal akan memproduksi hormon prolaktin yang mempercepat ekskresi ginjal untuk mempermudah adaptasi pada habitat air tawar.

Pada ikan ada dua hormon yang dilepaskan dari neurohipofisis yaitu oxytocin dan arginin vasotocin (AVP). Kedua hormon ini berperan penting dalam proses osmoregulasi. AVP menyebabkan peningkatan produksi urine pada ikan air tawar, sedangkan oxytocin berperan dalam produksi vasoconstriction pada pembuluh darah insang. Kedua hormon tersebut sampai pada insang melalui aliran darah yang diproduksi oleh sistem endokrin setelah menerima perintah dari sistem syaraf pusat yang disampaikan oleh neuron sensoris (Fujaya, 1999).

Dalam proses osmoregulasi sistem hormon dan sistem syaraf akan bekerja secara sinergis. Sistem syaraf akan mengintegrasikan informasi yang diterima kepada sistem endokrin untuk memproduksi hormon yang diperlukan dan disampaikan pada organ target melalui aliran darah.

PENUTUP

Osmoregulasi merupakan proses yang dilakukan hewan air untuk mengontrol keseimbangan cairan tubuh akibat adanya perbedaan tekanan osmose antara cairan tubuh dengan lingkungan. Proses tersebut merupakan suatu homeostasis yakni usaha ikan untuk mempertahankan keadaan stabil melalui suatu proses aktif melawan perubahan yang terjadi akibat perbedaan tekanan osmotik lingkungan dengan tekanan osmotik cairan tubuhnya.

Selain dilakukan oleh organ-organ tubuh ikan seperti ginjal, insang, kulit, dan saluran pencernaan, hormon dan syaraf juga memegang peran yang sangat penting dalam proses osmoregulasi. Mekanisme kerja sistem hormon dan syaraf terhadap osmoregulasi pada ikan merupakan satu kesatuan yang sinergis, berintegrasi, dan saling melengkapi sehingga tidak dapat dipisahkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R. dan U.M. Tang. 2002. *Fisiologi Hewan Air*. Unri Press. Pekanbaru, Riau, 217 pp.
- Fujaya, Y. 1999. *Fisiologi Ikan*. Jurusan Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin, Makassar, 217 pp.
- Hoar, W.S. dan D.J. Randall. 1969. *Fish Physiology*. The endocrine system. Depart. of Zoology, Univ. of British Columbia Vancouver, Canada. Academic Press, Inc. (London) Ltd., 446 pp.
- Matty, A.J. 1985. *Fish Endocrinology*. Croom Helm, London & Sydney. Timber Press. Portland, Oregon, 265 pp.
- Riani, E. 2002. Syaraf dan hormon. *Materi Kuliah Fisiologi Hewan*. Progran Studi Ilmu Perairan. Program Pascasarjana, IPB.
- Serosero, R.H. 2002. Pengaturan osmotik dan ionik keseimbangan air dan garam. *Makalah Ekobiologi Ikan*. Program Pascasarjana IPB. Bogor, 40 pp.