



ISSN 0216-5449

# PENA AKUATIKA

## JURNAL ILMIAH PERIKANAN DAN KELAUTAN

Volume 1 No. 1 APRIL 2007

1. Kajian Prospektif Program Pemberdayaan Ekonomi Masyarakat Pesisir di WIL DIY  
Muhamad Agus ..... 1 - 10
2. Pengaruh Pemberian Pakan Dengan Kadar Protein Dan Dosis Pemberian Pakan Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila Gift (*Oreochromis Sp*) Pada Tahap Pendederan II  
Nurjanah ..... 11 - 23
3. Mekanisme Pompa Natrium Kalium ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ) pada Osmoregulasi Ikan Bertulang Sejati (Teleost)  
M. Bahrus Syakirin ..... 24 - 33
4. Kajian Profil Kandungan Asam Lemak pada Stadium Awal Perkembangan Larva Kerapu Tikus (*Chromileptes altivelis Valenciennes*)  
Restiana Wisnu A, Johannes Hutabarat, Pinandoyo ..... 34 - 41
5. Strategi Pengelolaan Terumbu Karang Di Karang Jeruk Kabupaten Tegal Provinsi Jawa Tengah  
Noor Zuhry ..... 42 - 57
6. Pengaruh Kombinasi Pakan Buatan Dengan Bungkil Kelapa Terhadap Pertumbuhan Benih Nila Gift (*Oreochromis Sp*)  
Tri Yusufi Mardiana, Nur Rizqiaty ..... 58 - 68
7. Analisis Pertumbuhan Rumput Laut (*Gracilaria sp*) Di Tambak dengan Berat Awal Penanaman Berbeda  
Vial Endar Herawati ..... 69 - 78
8. Pentingnya audit sosial Dalam bidang usaha pengelolaan perikanan  
Komala Ardiyanti ..... 79 - 86

Diterbitkan Oleh  
Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan

## JURNAL PENA AKUATIKA

Diterbitkan oleh :  
**FAKULTAS PERIKANAN  
UNIVERSITAS PEKALONGAN**

- Pelindung : Dekan Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan
- Mitra Bestari : Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, M.S  
Dr. Ir. Subiyanto, M.Sc
- Pimred : Ir. M. Bahrus Syakirin, M.Si
- Editor : Ir. Hadi Pranggono, M.Pi  
Ir. Benny Diah Madusari, M.Pi  
Tri Yusufi Mardiana, S.Pi, M.Si
- Sirkulasi : Herwanto, S.E
- Bendahara : Sri Setyowati
- Alamat Redaksi : Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan  
Jl. Sriwijaya No. 3 Pekalongan  
Telp : (0285) 423668 ext 110  
(0285) 421464 ext 110  
e-mail : [tri\\_yus@plasa.com](mailto:tri_yus@plasa.com)

Frekuensi Penerbitan : 2 (dua) nomor per tahun

# MEKANISME POMPA NATRIUM KALIUM ( $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ) PADA OSMOREGULASI IKAN BERTULANG SEJATI (TELEOST)

Oleh :

M. Bahrus Syakirin

Staf Pengajar Fakultas Perikanan Universitas Pekalongan

## ABSTRAK

Ikan sebagai organisme yang hidup dalam media air sangat dipengaruhi oleh tekanan osmotik tubuhnya, agar proses fisiologis di dalam tubuh berjalan normal, maka diperlukan suatu tekanan osmotik yang relatif konstan. Terjadinya osmoregulasi pada ikan adalah akibat adanya gradien konsentrasi ion-ion (terutama  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) antara intraseluler dan ekstraseluler, sehingga melalui pompa  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  ikan akan melakukan transpor aktif ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  untuk mempertahankan konsentrasi ion dalam tubuhnya sehingga fungsi fisiologis organ-organ tubuhnya dapat berjalan normal dan transpor aktif ini akan mengakibatkan terjadinya konservasi energi dalam tubuh ikan.

**Kata kunci :** Ikan, Osmoregulasi, Pompa Natrium-Kalium

## PENDAHULUAN

Ikan sebagai organisme akuatik yang memerlukan media air sebagai habitatnya tidak dapat melepaskan diri dari pengaruh tekanan-tekanan yang berasal dari lingkungannya. Lingkungan melalui peubah-peubah yang terdapat didalamnya (peubah kualitas air) mempunyai pengaruh fisiologis pada ikan. Oleh karena itu, kemampuan beradaptasi yang dimiliki ikan menjadi sesuatu yang sangat penting bagi kelangsungan hidupnya.

Suatu hal yang harus dihadapi oleh ikan sebagai organisme yang hidup dalam media air ialah adanya tekanan osmotik tubuhnya. Oleh karena itu dalam upaya beradaptasi dengan lingkungan tempat ia hidup, ia harus mengatur keseimbangan air dan garam dalam jaringan tubuhnya agar tidak kelebihan atau kekurangan air. Agar proses fisiologis di dalam tubuh berjalan normal, maka diperlukan suatu tekanan osmotik yang relatif konstan. Pengaturan

tekanan osmotik cairan tubuh layak bagi kehidupan ikan agar proses-proses fisiologis tubuhnya berjalan normal dinamakan osmoregulasi.

Pada osmoregulasi ini berhubungan erat dengan usaha ikan untuk mempertahankan komposisi ion-ion yang optimal dalam tubuhnya. Hal ini dapat dilakukan ikan dengan jalan melakukan mekanisme transpor aktif terutama terhadap ion natrium ( $\text{Na}^+$ ), Kalium ( $\text{K}^+$ ) dan Chlorida ( $\text{Cl}^-$ ), sehingga dengan adanya mekanisme ini terjadi keseimbangan komposisi ion-ion tersebut dalam cairan intraseluler dengan cairan ekstraseluler (lingkungan).

## SALINITAS DAN OSMOREGULASI

Boyd (1982) mendefinisikan salinitas sebagai konsentrasi total dari semua ion yang terlarut dalam air. Batasan ini terlihat kurang praktis karena pengukuran semua ion

yang terlarut dalam air adalah relatif sulit. Oleh sebab itu batasan yang umum digunakan adalah sebagaimana yang dinyatakan oleh Kmedsen dalam Grasshof (1976) bahwa salinitas adalah berat garam-garaman organik halogen yang terlarut dalam 1 kg air, apalagi semua bromida dan iodida disetarakan dengan klorida dan semua karbonat disetarakan dengan oksidanya.

Salinitas berhubungan erat dengan tekanan osmotik dan tekanan ionik air, baik air sebagai media internal maupun eksternal. Gradient salinitas, oleh karena itu berkaitan erat dengan gradient tekanan osmotik maupun tekanan-tekanan ionik air dan hal ini sangat mempengaruhi komposisi biota air, terutama di perairan estuaria (Wetzel, 1975). Di perairan, salinitasnya relatif konstan atau dengan kata lain komposisi dan konsentrasi air tawar. Di perairan estuaria, dimana air laut bercampur dengan air tawar, maka komposisi ioniknya didominasi oleh ion-ion yang berasal dari air laut (Boyd, 1982). Menurut Ross (1979), air laut mengandung 6 elemen terbesar, yaitu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{++}$ , dan  $\text{K}^+$  (lebih dari 90% dari garam total yang terlarut) ditambah elemen yang jumlahnya kecil (minor elemen) seperti Sr, Br dan B merupakan elemen yang mempunyai perbandingan tetap satu sama lainnya, sedangkan sisanya berupa gas-gas terlarut, senyawa organik dan bahan partikel, dimana pada umumnya mempunyai perbandingan yang berbeda.

Sifat osmotik dari air tergantung dari seluruh ion yang terlarut dalam tersebut, dengan

semakin besar jumlah ion yang terlarut dalam air, maka tingkat salinitas dan kepekaan osmolal larutan akan semakin tinggi pula, sehingga akan menyebabkan makin bertambah besar tekanan osmotik medium. Ion-ion yang dominan di dalam menentukan tekanan osmotik (osmolaritas) air laut adalah  $\text{Na}^+$ , dan  $\text{Cl}^-$ , dengan kandungan 30, 61% dan 55,04% dari total seluruh ion-ion yang terlarut dalam air (Nybakken, 1988; Harvey, 1976) dan selanjutnya dinyatakan pula bahwa komposisi ion di dalam air laut selalu tetap meskipun salinitasnya berubah-ubah. Ikan-ikan air tawar mempunyai tekanan osmotik cairan internal (dalam tubuh) lebih besar dari tekanan osmotik eksternalnya (lingkungan), sehingga garam-garam dalam tubuh cenderung untuk keluar, sedangkan air cenderung masuk ke dalam tubuh. Hal yang sebaliknya terjadi pada ikan-ikan air laut, oleh sebab itu, supaya sel-sel organ tubuh dapat berfungsi dengan baik untuk melakukan proses fisiologis, maka sel-sel tersebut harus berada dalam kondisi yang seimbang antara tekanan osmotik internal dengan tekanan osmotik eksternal. Pengaturan osmotik cairan tubuh agar proses-proses fisiologis tubuh dapat berjalan normal dinamakan *osmoregulasi* (Robertson, 1960; Wilson, 1979). Tekanan osmotik ikan atau organisme akuatik lainnya ditentukan oleh tingkat salinitas medianya, sehingga ikan akan melakukan penyesuaian terhadap salinitas melalui proses *osmoregulasi* tersebut. Menurut Storer perbedaan konsentrasi pelarut dan yang larut pada 2 sisi lapisan permeabel.

Osmoregulasi pada organisme akuatik terjadi dalam 2 (dua) cara yang berbeda (Gilles dan Jeuniaux, 1979), yaitu (1) usaha untuk menjaga osmokonsentrasi cairan di luar sel (extracellulair) agar tetap konstan terhadap apapun yang terjadi pada salinitas medium di luar selnya; dan (2) usaha untuk memelihara isosmotik cairan dalam sel (intraseluler) terdapat cairan luar sel (extraseluler).

Menurut Royce (1984), sebagian besar organisme akuatik dapat mempertahankan air dan garam dalam tubuhnya pada proporsi yang konstan. Apabila proporsi tersebut berbeda, maka organisme akuatik akan membutuhkan mekanisme untuk regulasi cairan tubuh yang ditambah atau dikeluarkan untuk menjaga keseimbangan dengan air laut (Storer dan Usinger, 1961)

## MEKANISME OSMOREGULASI

Sebagaimana diketahui bahwa teleost mempunyai kemampuan untuk mempertahankan komposisi ion-ion dan osmolaritas cairan tubuhnya pada tingkat yang secara nyata berbeda dari lingkungan eksternalnya. Proses ini merupakan mekanisme dasar dari eksternalnya. Walaupun demikian setiap hewan mempunyai kemampuan yang berbeda-beda untuk menghadapi masalah osmoregulasi sebagai repons terhadap perubahan osmotik lingkungan eksternalnya, hewan stenohalin hanya mampu bertahan pada kisaran konsentrasi yang kecil dan tidak akan dapat bertahan hidup apabila konsentrasi osmotik (salinitas) lingkungan berubah secara drastis, sampai kira-kira sebesar

20%. Sebaliknya ikan eurihalin mampu bertahan pada perubahan konsentrasi yang drastis. Walaupun demikian masalah yang dihadapi oleh semua hewan adalah bagaimana mempertahankan konsentrasi osmotik cairan tubuh yang tepat dengan gradien konsentrasi yang tidak berbeda jauh dengan osmotik mediumnya. Perubahan konsentrasi ini cenderung mengganggu keadaan internal yang mantap. Untuk menghadapi masalah ini hewan melakukan pengaturan osmotik dengan cara : (1) mengurangi gradien osmotik antara cairan tubuh dengan lingkungannya, (2) mengurangi permeabilitas air dan garam dan (3) melakukan pengambilan garam secara aktif.

### 1. Teleost Air Laut

Teleost air laut (*marine teleost*) memelihara suatu konsentrasi ion-ion total dalam plasma kira-kira sepertiga dari konsentrasi ion air laut. Sebagian besar ion-ion yang dibutuhkan oleh ikan terdapat dalam jumlah yang berlebihan dalam lingkungan dan prinsip metode yang digunakan oleh teleost untuk mempertahankan keseimbangan ion adalah dengan cara melakukan ekskresi secara selektif, terutama terhadap ion natrium dan klorida. Dalam mekanisme ini insang memainkan peranan penting dan mempunyai permeabilitas yang sangat tinggi terhadap ion-ion monovalen,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  yang pasif bergerak dari lingkungan air laut kedalam plasma. Pada bagian lain, ketika pasir laut ditelan untuk menggantikan air yang berdifusi ke lingkungan,

maka ion-ion monovalen bersama-sama dengan air akan diabsorpsi pada saluran pencernaan. Ginjal teleost yang hidup dilaut hanya sedikit membantu ekskresi ion ini sebab organ tersebut tidak mempunyai kemampuan untuk membentuk atau mengeluarkan urine yang lebih pekat dibandingkan dengan darah (Moyle dan Cech, 1988). Tetapi banyak teleost air laut mempunyai ginjal yang berglomerulus dalam jumlah yang sedikit untuk memperkecil kehilangan air, bahkan pada insang terdapat sel khusus yaitu sel klorida yang melakukan aktivitas transpor aktif kelebihan anion-anion monovalen melawan gradien konsentrasi kembali ke lingkungan. Pada sel klorida sumber utama energi disediakan oleh mitokondria yang berhubungan dengan  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  yang terletak pada daerah sepanjang basolateral pada sistem mikrotubular sel klorida yang secara ekstensif dan aktif melakukan transpor  $\text{Na}^+$  ke luar sel untuk bertukar dengan  $\text{K}^+$  ke dalam sel (Moyle dan Cech, 1988). Pada ikan, insang ini pada prinsipnya merupakan tempat ekskresi ion-ion monovalen, sedangkan ginjal mengeluarkan kelebihan ion-ion divalen seperti  $\text{Mg}^{++}$  dan  $\text{SO}_4^-$ . masing-masing ion tersebut hanya terdapat dalam jumlah sedikit dan tidak menjadi masalah pada kelebihan ion-ion monovalen (Becker dan Deamer, 1991).

## 2. Teleost Air Tawar

Pada teleost air tawar dengan konsentrasi osmotik dalam

darahnya kira-kira 300 mOsm/L yang lebih tinggi dari lingkungan air tawar atau berada pada keadaan hiperosmotik. Secara kontinyu melakukan pelepasan sejumlah ion-ion natrium dan klorida ke lingkungan yang secara difusi melintasi epitel insang yang tipis. Juga sejumlah larutan secara kontinyu dilepaskan lewat urin maupun berdifusi secara pasif melintasi lapisan epitelial insang (Moyle dan Cech, 1988). Walaupun beberapa garam juga diperoleh melalui sumber makanan, sebagian besar ion-ion terutama ion natrium dan klorida diperlukan untuk keseimbangan ion-ion internal melalui mekanisme transpor aktif dalam insang (Schmidt-Nielsen, 1987). Mekanisme pertukaran ion pada ikan ini terjadi dalam sel klorida epitelial insang. Pada ikan ini mekanisme pertukaran ion menyerupai sel klorida pada teleost air laut yang mengandung mitokondria, sistem tubular dan  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ . Tetapi pada teleost air tawar sangat sedikit jumlahnya, biasanya terjadi secara tunggal dan perpindahan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  ke dalam tubuh ikan lebih biak dibandingkan dengan keluar. Mekanisme pertukaran ion disini melayani beberapa fungsi selain untuk memelihara  $[\text{Na}^+]$  dan  $[\text{Cl}^-]$  dalam ikan. Pertukaran  $\text{Na}^+$  dan  $\text{NH}_4^+$  terjadi dengan baik pada ikan yang merupakan bagian dari mekanisme produksi amonia. Pertukaran  $\text{Na}^+$  dan  $\text{H}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  dengan  $\text{HCO}_3^-$  terjadi untuk

mempertahankan keseimbangan asam basa.

Sebagaimana diketahui bahwa kondisi osmotik dari teleost air tawar pada umumnya menyerupai invertebrata air tawar. Konsentrasi osmotik dalam darah berkisar pada 300 mOsm/L, yang lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi osmotik air tawar. Sehingga masalah utama pada ikan ini adalah bagaimana memasukkan air secara osmosis. Insang memainkan peranan penting sebab luas permukaan lebih besar dan relatif lebih permeabel, sedangkan permukaan kulit relatif kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa pada ikan ini permukaan kulit kurang berperan dalam aktivitas absorpsi. Kelebihan air diekskresikan sebagai urine yang sangat encer dan dapat dihasilkan dalam jumlah sampai sepertiga dari berat badan per hari. Disini insang sedikit lebih permeabel terhadap ion dan kehilangan ion disini harus ditutupi melalui pengambilan ion (Schmidt-Nielsen, 1987). Disamping insang dan ginjal, disini epitelial usus juga berperan dalam pengaturan keseimbangan air dan mineral. Pada usus ikan yang diadaptasikan ke air tawar terdapat sedikit peran  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  untuk aktivitas transpor natrium kedalam daerah pada ikan yang diadaptasikan di air laut. Pada ikan yang ditransportasikan secara pasif selanjutnya diikuti dengan pengambilan secara aktif ion-ion oleh usus.

## MEKANISME POMPA NATRIUM-KALIUM ( $\text{Na}^+\text{-K}^+$ )

Pada penjelasan diatas telah disinggung tentang peranan transpor aktif pada osmoregulasi ikan. Untuk lebih memperjelas pengertian transpor aktif, dibawah akan dijelaskan tentang transpor aktif. Menurut Kimball (1993), transpor aktif (*active transport*) adalah gerakan ion dan molekul melawan suatu gradien konsentrasi. Disebut aktif karena sel-sel harus mempergunakan energi untuk transportasi melawan daya difusi yang pasif. Transpor zat cara ini disebut aktif, karena membutuhkan energi dalam bentuk ATP. Elektrolit, gula dan asam amino, selain secara difusi juga ditranspor secara aktif.

Transpor aktif melawan gradien konsentrasi suatu zat. Berarti zat itu merembes dari ruang yang mengandung zat yang berkonsentrasi rendah ke ruang yang berkonsentrasi tinggi. Jadi melawan proses alamiah, dan hanya dimiliki oleh sel hidup. Perembesan zat ke dalam sel secara transpor aktif disebut absorpsi.

Karena transpor aktif membutuhkan energi berupa ATP maka prosesnya selalu bergandengan dengan pernafasan sel. Karena itu transpor aktif zat dapat diganggu kalau pernafasan sel diganggu atau dihambat.

Transpor aktif serentak dengan peristiwa memompa ion lewat membran sel. Ion yang dipompakan adalah  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  dan  $\text{Cl}^-$ .

Difusi natrium kedalam sel ditransportasi keluar secara aktif oleh membran sel. Pengeluaran ion bermuatan positif dalam hal ini diimbangi oleh pengambilan muatan

yang seimbang dan dalam kenyataannya dijelaskan oleh pengambilan ion-ion kalium ke dalam sel. Konsentrasi kalium dipertahankan pada tingkat tinggi didalam sel dan terdapat suatu kecenderungan kalium untuk berdifusi keluar gradien konsentrasi yang rendah. Bagaimanapun juga, selama anion utama sel adalah protein yang tidak dapat melintasi membran dan kehilangan kalium yang membuat suatu pemisahan muatan dan adanya perbedaan potensial melintasi membran. Potensial ini meliputi sebagian besar gradien elektrokimia bagi kalium untuk melintasi membran adalah nol dan disini tidak lagi terjadi kehilangan kalium (Lockwood dan Lee, 1984).

Menurut Kimball (1993),  $\text{Na}^+$  berkonsentrasi tinggi di ruang eksternal, disamping  $\text{Cl}^-$ . Sedangkan  $\text{K}^+$  berkonsentrasi tinggi didalam sel (intrasel) perimbangan ini harus terus dijaga agar sel hidup normal. Karena  $\text{Na}^+$  berkonsentrasi lebih tinggi di luar sel maka ion selalu mengalami difusi kedalam. Difusi ini sedikit saja, karena sebelah luar membran sel bermuatan positif. Namun difusi yang terus menerus ini berakibat tertimbunnya  $\text{Na}^+$  dalam sel. Ini harus dicegah. Maka  $\text{Na}^+$  dipompa keluar, melawan gradient konsentrasinya sendiri, dan butuh energi dikerahkan. Dalam pada itu,  $\text{K}^+$  pun selalu berdifusi keluar sel, karena konsentrasinya lebih tinggi didalam sel. Difusi  $\text{K}^+$  lebih mudah daripada  $\text{Na}^+$ , karena sebelah dalam membran bermuatan negatif, difusi yang terus menerus akan mengakibatkan turunnya konsentrasi  $\text{K}^+$  dalam sel. Untuk menambahnya

perlulah dilakukan pemompaan dari luar, yang juga melawan gradient konsentrasi.

Ternyata waktu  $\text{Na}^+$  dipompa keluar sel, ion ini terikat protein pembawa (*carrier*). Ketika  $\text{Na}^+$  tiba disebelah luar membran protein pembawanya itu mengikat sekaligus  $\text{K}^+$  bersama gula dan asam amino. Ion dan kedua metabolit itu nanti akan dilepaskan lagi disebelah dalam membran. Selanjutnya  $\text{Na}^+$  akan diikat lagi dan tiba disebelah luar dilepaskan, lalu mengikat  $\text{K}^+$  dan metabolit tadi lagi dan tiba di sebelah dalam membran dilepaskan lagi. Demikian terus menerus dialami sel hidup. Itulah sebabnya didepan disebut bahwa transpor aktif bergantung atau berkaitan dengan pemompaan ion.

Bersama dengan pemompaan  $\text{Na}^+$  ke luar sel, diperkirakan air juga ikut serta. Disamping itu air merembes keluar lewat pori membran. Air memang cenderung tertimbun dalam sel. Selain karena proses hidrolisa dalam metabolisme, juga karena konsentrasi  $\text{A}_0^-$  tinggi dalam sel (diciptakan oleh molekul organis), sehingga tekanan osmosisnya cenderung naik dan menarik air dari luar. Dengan pengeluaran air itu kembali dapatlah dijaga suasana isotonis antara intra dan ekstrasel.

Dengan transpor aktif zat ditimbun didalam sel, meski konsentrasinya diluar rendah. Agar transpor lancar maka zat yang sudah tertimbun diubah atau direaksikan dengan zat lain, sehingga larutan zat itu tetap berkonsentrasi rendah dalam sel. Caranya dilakukan sel ada 3 macam, yaitu (1) zat diendapkan dalam sitoplasma, (2) diubah jadi

molekul lain dan, (3) direaksikan lagi dengan zat lain.

Transpor aktif mempunyai 3 fungsi utama dalam sel-sel dan organel-organel (Becker dan Deamer, 1991), yaitu :

1. Memungkinkan pengambilan molekul-molekul bahan bakar dan nutrien-nutrien esensial lainnya dari lingkungan atau cairan sekeliling, sekalipun apabila konsentrasi nutrien tersebut dilingkungan adalah sangat rendah.
2. Menyediakan bermacam-macam substansi, seperti hasil-hasil buangan, bahan-bahan buangan dan juga ion-ion natrium, dilepaskan dari sel atau organel, meskipun konsentrasi di luar lebih besar dari pada di dalam.
3. memungkinkan sela tetap konstan, konsentrasi ion-ion organik internal optimal, terutama ion-ion natrium, kalsium dan hidrogen.

Pompa natrium-kalium ditemukan dalam kebanyakan sel binatang terdiri dari sub unit  $\alpha$  dan  $\beta$ . Sub unit  $\alpha$  adalah protein transmembran, dengan *binding sites* ATP pada sisi sitoplasma dan *binding sites* untuk streoid cardiotonik pada sisi lebih luar. Sub unit  $\alpha$  merupakan katalitik aktif yang memiliki *binding sites* untuk ATP dan ion-ion natrium pada sisi sitoplasma (dilapisan dalam) dan untuk ion-ion kalium pada sisi membran luar. Sub unit  $\beta$  adalah glykosilasi dan terletak pada sisi ekstraseluler dari membran plasma (Becker dan Deamer, 1991).

Satu gambaran karakteristik kebanyakan sel adalah tingkat ion kalium yang tinggi di intraseluler dan tingkat ion natrium yang rendah pada

intraseluler. Gambaran ini penting bagi keberadaan sel, karena kalium disediakan untuk sejumlah proses vital sel (seperti fungsi ribosom dan aktivitas bermacam-macam enzim) dan natrium sering menghambat beberapa fungsi tersebut. Akibatnya gradien ion natrium dan kalium adalah penting untuk transmisi rangsangan syaraf dan mengendalikan kekuatan untuk cotranspor.

Tingkat kalium selalu dipertahankan sekitar 100 – 150 mM di dalam sel, sedangkan di luar, tingkat kalium umumnya lebih rendah dari itu dan kemungkinan sangat berfluktuasi. Sebaliknya, konsentrasi natrium di intraseluler selalu sangat rendah dari pada medium sekelilingnya. Pompa kalium di dalam dan pompa natrium di dalam, keduanya merupakan proses yang memerlukan energi (Becker dan Deamer, 1993). Sedangkan menurut Albert *et al.* (1994) konsentrasi  $K^+$  adalah 10-20 kali lebih besar didalam sel dibandingkan di luar sela, sedangkan kebalikannya adalah  $Na^+$ . Perbedaan konsentrasi ini dipertahankan dengan suatu pompa  $Na^+-K^+$  yang ditemukan dalam membran plasma semua sel hewan.

Pompa natrium kalium, terjadi didalam membran plasma semua sel hewan tetapi telah dipelajari secara sangat detail didalam sel darah merah. Seperti sistem transpor aktif lainnya, pompa natrium-kalium merupakan suatu sistem vectorial : pompa tersebut mempunyai sifat searah yaitu kalium dipompakan hanya didalam dan natrium dipompakan hanya keluar. Kenyataannya, hal tersebut telah

diperlihatkan bahwa ion natrium dan kalium hanya mengaktifkan ATPase pada sisi membran dari yang mereka transportasikan natrium dari dalam, kalium dari luar.

Karena melawan gradien yang dipompakan natrium dan kalium oleh sel hewan seringkali melebihi 50:1, persediaan energi tiap ion yang digerakkan adalah relatif rendah, sering lebih rendah dari 2 kcal/mol. Kemungkinan bahwa hal ini memberi kesan bahwa kopling transpor beberapa ion menuju hidrolisis molekul tunggal ATP adalah kenyataan yang didapatkan oleh sel.

Pompa natrium-kalium adalah suatu protein allosteric, dengan dua bentuk pilihan yang sesuai, yaitu  $E_1$  dan  $E_2$ .  $E_1$  diartikan sebagai membuka bagian dalam sel dan memiliki daya tarik yang tinggi terhadap ion-ion natrium, sedangkan  $E_2$  dipandang sebagai membuka bagian luar, dengan tarik yang tinggi terhadap ion-ion kalium.

Pompa natrium-kalium tidak hanya diketahui sangat baik sebagai sistem transpor tetapi juga merupakan salah satu dari banyak kepentingan. Selain itu, untuk memelihara konsentrasi natrium dan kalium intraseluler secara tepat, berperan besar terhadap pemeliharaan potensial membran yang dicirikan tetap melewati banyak membran biologi.

Mekanisme pompa natrium kalium dapat dijelaskan sebagai berikut : Proses ditujukan dalam 6 langkah yang disusun melingkari bagian perifer sebuah sel. Transpor ion natrium sebelah luar adalah berpasangan dengan transpor ion kalium sebelah dalam, keduanya

melawan gradien elektrokimia masing-masing. Kekuatan yang mengendalikan disediakan oleh hidrolisis ATP yang dibutuhkan untuk fosforilasi sub unit  $\alpha$  permease. Transpor selektif ion-ion natrium dan kalium dalam arah berlawanan adalah mungkin karena ion-ion natrium mengaktifkan ATPase protein pembawa hanya pada permukaan membran bagian dalam, sedangkan aktivasi ion-ion kalium pada reaksi defosforilasi terjadi hanya pada permukaan bagian luar.  $E_1$  adalah bentuk penyesuaian enzim dengan membukanya saluran bagian dalam.  $E_2$  adalah bentuk penyesuaian dengan membukanya saluran bagian luar (Becker dan Deamer, 1991).

Pada bagian lain, Albert et.al (1994) menjelaskan suatu model sistematis dari siklus pemompaan  $Na^+-K^+$ -ATPase sebagai berikut : (1) binding  $Na^+$  dan (2) berikutnya fosforilasi oleh ATP pada permukaan sitoplasma pada ATPase (3) menyebabkan protein mengalami suatu perubahan penyesuaian yang mentransfer  $Na^+$  melintasi membran dan melepaskannya pada bagian luar. (4) kemudian binding  $K^+$  pada permukaan ekstraseluler dan (5) diikuti defosforilasi mengembalikan protein pada penyesuaian aslinya, (6) yang mentransfer  $K^+$  melintasi membran dan melepaskannya di dalam sitosol.

Berdasarkan penjelasan diatas jelas terlihat bahwa pada ikan yang dipindahkan ke lingkungan yang berkadar garam tinggi atau yang berada pada lingkungan yang berdasar pada lingkungan yang mengalami fluktuasi salinitas, untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya ikan tersebut melakukan

osmoregulasi dengan menggunakan transpor aktif. Dalam mekanisme transpor aktif ini yang paling dominan adalah pompa  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ . Dalam mekanisme ini  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -ATPase bekerja sebagai pompa  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ . Dalam membran yang utuh memompa 3 ion  $\text{Na}^+$  keluar dan 2 ion  $\text{K}^+$  ke dalam (Becker dan Deamer, 1991).

Pada prinsipnya aktivitas ini adalah untuk mempertahankan hidup. Aktivitas pompa ini merupakan bagian integral dari membran yang berfungsi untuk mempertahankan gradien konsentrasi ion-ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  di ekstra dan intra seluler. Sebagaimana diketahui bahwa mekanisme ini memerlukan energi dalam bentuk ATP karena pergerakan ion tersebut merupakan pergerakan yang melawan gradien konsentrasi ion tersebut, untuk pengangkutan 3 ion  $\text{Na}^+$  dan 2 ion  $\text{K}^+$  diperlukan hidrolisis 1 ATP yang ekuivalen dengan konsumsi energi sekitar 7.2 kcal. Pada percobaan *in vitro* secara partisi atau per organ pada mamalia ternyata kebutuhan energi pompa adalah 30% pada energi basal.

### SIMPULAN

Terjadinya osmoregulasi pada ikan adalah akibat adanya gradien konsentrasi ion—ion (terutama  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ ) antara intraseluler dan ekstraseluler, sehingga melalui pompa  $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ikan akan melakukan transpor aktif ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  untuk mempertahankan konsentrasi ion dalam tubuhnya sehingga fungsi fisiologis organ-organ tubuhnya dapat berjalan normal dan transpor aktif ini akan mengakibatkan

terjadinya konservasi energi dalam tubuh ikan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Albert, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J.D. Watson. 1994. Molecular Biology of the cell. Third Edition. Garland Publishing Inc., New York and London. P : 507-527.
- Becker, K. And L. Fishelson. 1990. Metabolic rate and Growth Potential of Various Tilapias. J. Appl. Ichthyol. 6 :51-58.
- Becker W.M. and D.W. Beamer. 1991. The World of the Cell. The Benjamin / Cumings Publ. Co. Inc., California. P : 193-219.
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. Elsevier Scientific Publishing Company, New York. 318 p.
- Gilles, R and Ch. Jeuniaux. 1979. Osmoregulation and Ecology in Media of Fluctuating Salinity, p : 581-608. In R. Gilles eds. Mechanism of Osmoregulation in Animals. John Willey and Sons, Toronto.
- Grasshorff, K. 1976. Methods of Sea Water Analysis. Verlagchemic. Weinheim, New York. P:31-33.

Harvey, J.G. 1976. Atmosphere and Ocean Our Fluid Enviroments. Building and Mensell Lts. Wisbech, Cambridgeshire.

Lockwood APM. AG. Lee. 1984. The Membranes of Animal Cells. Third Edition. The Institute of Biology's Studies in Biologi no. 27 Edward Arnold Ltd. London.

Moyle P.B. and J.J. Cech. 1988. Fishes, an Introduction to

Ichthyology. Prentice Hall, New Jersey, p:71-81.

Mybakken, J.M. 1988. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis (Diterjemahkan oleh H. M. Edima, Koesoebiono, D.G. Bengen, M. Hutomo, dan D. Sukardjo). Penerbit PT. Gramedia, Jakarta. 459 hal.

Robertson, J.D. 1960. Osmotic and Ionic Regulation in. T.H. Waterman. Es. The Physiology of Crustacea. Volume I. Academic Press. New York.