



# **PEMANASAN GLOBAL DAN RESPON FISIOLOGIS HEWAN AKUATIK**

**OLEH  
PROF DR Ir YUSNI IKHWAN SIREGAR, MSc, Dipl MS**

**PIDATO:**

**Disampaikan Pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
Dalam Ekofisiologi Hewan Akuatik  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.**

**Pekanbaru, 3 Agustus 2010**

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim !*

*Assalamualaikum w.w. Salam Sejahtera kepada kita semua.*

Yang terhormat,

Ketua, Sekretaris dan Seluruh Anggota Senat Universitas Riau

Para Guru Besar Universitas Riau

Yth. Rektor dan Pembantu Rektor Universitas Riau

Pimpinan Fakultas, Lembaga, Kepala Biro, Pusat Penelitian di Lingkungan Universitas Riau,

Dosen, Karyawan, mahasiswa dan segenap civitas akademika Universitas Riau.

Tamu dan Undangan yang saya muliakan.

Pertama tama mari kita panjatkan syukur ke hadirat Allah swt karena kita yakin berkatNYA jua kita dapat berkumpul dalam acara yang mulia ini. Amin !

Dalam perjalanan karier sampai pada puncak Jabatan Guru Besar, saya telah mendapat dukungan moril dan materil dari berbagai pihak, pada kesempatan yang baik ini saya haturkan penghargaan yang tak terhingga;

Pertama dan utama Almarhum ayahanda yang berpesan bahwa orang berilmu dan beramal mulia disisi Allah. Pesan ini terukir abadi dihati ananda.

Pengorbanan dan perjuangan ibunda, yang berusia 100 tahun; yang tak kenal lelah demi kemajuan pendidikan anaknya terukir abadi di hati saya.

Perhatian, dorongan semangat dari istri tercinta Henny Irawati berperan besar dalam perjalanan karirku.

Putraku putriku tersayang Indi Esha dan Dinda Danisha telah memotivasi dan menyemangati hidupku.

Rasa terimakasih tulus dialamatkan pada Papa H Ismail dan Mama Hj Juriah atas dorongan moril dan materil selama ini.

Selanjutnya dorongan materil dan moril dari abang Komat Siregar, DR Ir Syamaruddin Siregar, Imran Siregar, Ir Makruf Siregar MSi, selama masa pendidikanku tak pernah dilupakan. Dukungan dari kakak Tiroidiah Siregar, Nurasyiah Siregar, Nursidah Siregar dan Rosminah Siregar serta sekeluarga, mulai program S1 sampai PhD amat berarti dalam perjalanan karirku.

Ucapan terimakasih dialamatkan juga pada Promotor PhD saya DR Sci Jorgen Morup Jorgensen dan Ketua Program Doktor Marine Science Department Aarhus University, yang telah mewarnai hari hari Denmarkku dan selalu mendorong agar saya menjadi "A man of Science".

Ucapan terima kasih disampaikan pada Profesor Rasul Hamidy MS dan Profesor Thamrin yang selalu menggesa untuk usulan Guru Besar. Ucapan terimakasih dialamatkan pada Kolega dosen di Jurusan Ilmu Kelautan khususnya dan dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNRI umumnya, atas kerjasamanya.

Selanjutnya semua pihak, yang tak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberi bantuan moril dan materil dalam perjalanan hidup saya.

Izinkanlah saya menyampaikan orasi ilmiah berjudul :  
**PEMANASAN GLOBAL DAN RESPON FISILOGIS HEWAN AKUATIK.**

## BAGIAN PERTAMA

*Hadirin yang saya hormati,*

Ancaman Pemanasan Global telah menjadi isu utama lingkungan dan semakin intense dibicarakan di seantero dunia dalam dekade terakhir. Gejala, ancaman terhadap berbagai ekosistem daratan (*terrestrial ecosystem*) maupun perairan (*Aquatic ecosystem*), antisipasi mitigasi bencana pemanasan global, telah dibicarakan pada berbagai forum seminar, konferensi ilmuwan, dan pada level pemimpin Negara sebagai pengambil kebijakan.

Berikut ini akan digambarkan bagaimana **Aspek Fisik Lautan dan Perubahan Iklim** yang akan terjadi akibat pemanasan global.

Lautan mempunyai suatu sirkulasi laut dalam, sirkulasi termokline, yang sejauh ini sedikit terungkap. Air dipanaskan di daerah ekuator kemudian bergerak ke arah kutub Utara Selatan dalam suatu pola arus penting. Dalam pergerakan tersebut panas dilepaskan ke atmosfer. Di daerah *sub-artic* pendinginan dan pembentukan es menyebabkan air menjadi lebih padat dan terus tenggelam membentuk Air laut dalam. Penenggelaman ini merupakan awal dari perjalanan jauh ke dasar laut. Sebagian air laut dalam menuju Selatan di dasar samudera Atlantik, bergerak menyeberang ke dasar Samudera Pasific dan bergerak lambat ke Utara dalam suatu perjalanan yang bisa memakan waktu ribuan tahun.

Pada daerah pembentukan air dalam (*deep water*) banyak CO<sub>2</sub> terlarut tenggelam ke yang lebih dalam dan dipisahkan dari kontak dengan atmosfer. Sebaliknya, pada daerah *up welling*, khususnya di *tropic divergense*, pemanasan air dingin yang naik ke permukaan menyebabkannya melepaskan milyaran ton CO<sub>2</sub>. Hal di atas merupakan mekanisme fisik utama dimana lautan memindahkan CO<sub>2</sub> dengan atmosfer, dan tidak ada alasan khusus untuk berfikir bahwa masa air laut tidak seimbang dengan atmosfer. Namun ada proses penting biologis yang memisahkan CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan

memisahkannya di laut dalam. Lebih dari 99% CO<sub>2</sub> yang ditambah ke atmosfer bumi sepanjang sejarah telah diambil oleh fitoplankton dan ditenggelamkan/dipisahkan ke laut dalam dan membentuk batu berkapur dan minyak fosil. Mekanisme biologi ini dikenal dengan pompa biologis (biological pump).

Selama 150 tahun terakhir konsentrasi CO<sub>2</sub> telah meningkat karena manusia. Akhir ini diprediksi akan terjadi pemanasan suhu bumi, yang dikenal dengan efek rumah kaca (green house effect) seperti pada grafik berikut.

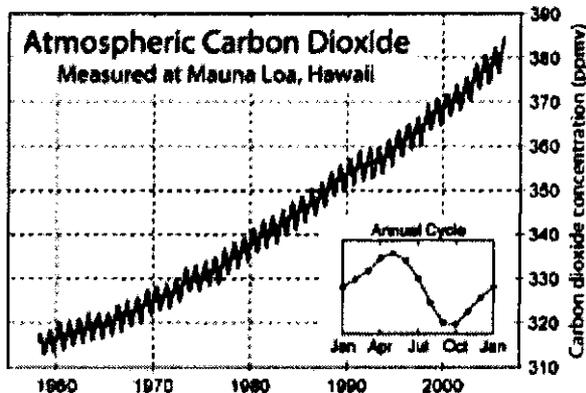


Figure 1. Increase in the carbon dioxide amount in the atmosphere by years (Anonymous 2006f).

Rata rata suhu permukaan bumi dan bagian bawah atmosfer tercatat sekitar 15°C. Tetapi seandainya tanpa adanya uap air, karbondioksida atau methane di atmosfer suhu permukaan bumi akan berada sekitar 18°C dibawah suhu beku, dan seluruh sungai, danau dan lautan akan menjadi padat beku. Alasan kenapa suhu lebih tinggi dan lebih layak dihuni adalah fakta bahwa gas rumah kaca menunda pelepasan panas dari bumi ke angkasa, dan memerangkapnya pada bagian bawah atmosfer.

Seluruh panas yang diterima di bumi berasal dari permukaan matahari, yang suhunya 6000°C, melalui radiasi elektromagnetik

dengan panjang gelombang 0,2 dan 4,0  $\mu\text{m}$ , sering disebut radiasi gelombang pendek. Dari radiasi yang datang ke bumi ini 31 % dipantulkan balik ke ruang angkasa, 23 % diserap oleh lapisan ozon, uap air, embun dan debu di atmosfer, dan 46 % lagi diserap oleh daratan dan air permukaan bumi (Mitchel 1989). Seluruh penyerap radiasi pada gilirannya memancarkan panas dalam bentuk radiasi elektromagnetik tetapi panjang gelombangnya lebih panjang daripada radiasi yang datang sesuai dengan hukum radiasi Planck's, yang menyatakan bahwa tempat yang lebih dingin memancarkan panjang gelombang yang lebih tinggi. Radiasi dari permukaan bumi dan atmosfer oleh sebab itu pada panjang gelombang 5 dan 100  $\mu\text{m}$ , termasuk radiasi gelombang panjang.

Atmosfir ternyata cukup transparan terhadap radiasi gelombang pendek dari matahari, yang terbukti dari kenyataan bahwa hanya 23 % radiasi yang datang diserap di atmosfer. Berbeda dengan radiasi gelombang panjang, dimana 90% radiasinya yang meninggalkan permukaan bumi diserap di atmosfer oleh gas rumah kaca. Panas ini akhirnya mencapai lapisan di atas atmosfer rendah melalui konveksi dan terus hilang terlepas ke angkasa luar, tetapi penyerapan oleh gas rumah kaca menunda pelepasan ini dan membuat atmosfer lapisan bawah lebih hangat daripada jika atmosfer transparan terhadap radiasi gelombang panjang. Jumlah panas yang terperangkap dan suhu atmosfer bervariasi sesuai dengan konsentrasi gas rumah kaca ini. Jika gas rumah kaca berkonsentrasi tinggi, seperti di planet Venus, suhu jadi amat tinggi (+ 400 °C) dan jika kadarnya rendah, seperti di Mars, suhu menjadi amat rendah (- 50°C).

Di Bumi ada beberapa jenis gas yang menyumbang terhadap pemanasan atmosfer mulai dari gas alami CO<sub>2</sub>, uap air, Methane, Ozon dan NO<sub>2</sub> (Nitrous Oxide), sampai gas buatan manusia Chlorofluorocarbon (CFC) atau Freon. Efek pemanasan dari masing masing gas berbeda oleh karena konsentrasinya berbeda dan oleh karena mereka menyerap radiasi dengan efisiensi berbeda pada setiap panjang gelombang. Hingga kini sekitar 65 % dari efek

pemanasan disebabkan oleh uap air dan 32 % oleh CO<sub>2</sub>. Diantara keduanya mereka menyerap hampir seluruh radiasi yang panjang gelombang lebih besar dari 15 μm dan lebih pendek dari 8 μm. Gas lain masing masing menyumbang sekitar 1 % atau kurang, dari efek keseluruhan. Akan tetapi setiap kenaikan satu molekul gas CFC/freon menyebabkan sekitar 10.000 kali lebih efektif dalam memerangkap panas daripada satu molekul CO<sub>2</sub> (Mitchel 1989). Perbedaan ini muncul karena CFC sangat kuat menyerap energi pada kisaran panjang gelombang 8 – 12 μm dimana uap air dan CO<sub>2</sub> tidak dapat menyerapnya. Peningkatan kecil kadar CFC oleh karena itu membuat perbedaan besar dalam penyerapan total panas, karena pada kisaran gelombang tersebut masih penuh dengan radiasi tak terserap sementara peningkatan yang sama dengan CO<sub>2</sub> hanya dapat menghasilkan peningkatan penyerapan kecil.

Untuk masa depan kehidupan di bumi, hal yang penting ialah bahwa konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer secara perlahan meningkat. Gas alami CO<sub>2</sub> contohnya, telah dimonitor di perangkap udara di lapisan es kutup, meningkat 25 % semenjak 1850 (Schneider 1989). Sebagian besar peningkatan disebabkan pembakaran kayu, batubara, minyak dan gas. Pembabatan hutan juga berperan besar karena mengurangi biomas tumbuhan akan mengurangi pengambilan CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan dekomposisi sampah akan melepaskan CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Gas langka metana, NO<sub>x</sub> juga terus meningkat walaupun kontribusinya pada pemanasan total kecil, sampai sekarang dilaporkan gas ini menyebabkan pemanasan yang sama jumlahnya dengan peningkatan akibat gas rumah kaca CO<sub>2</sub>. (Hansen, 1988). Peningkatan yang telah terdokumentasi ini menimbulkan pertanyaan yang pada setakat ini merupakan perhatian besar seluruh dunia, yaitu apa efek dari peningkatan kadar gas rumah kaca ini terhadap suhu dunia, hujan, tutupan es, proses biologis dan lain lain. Hal inilah yang mendasari munculnya isu dunia pemanasan bumi atau global warming. Para ahli ekologi telah terstimulasi untuk melakukan penelitian terhadapantisipasi atau cara mengatasi dan juga ramalan apa bahaya efek pemanasan bumi terhadap umat manusia ?

### **Hadirin yang saya muliakan**

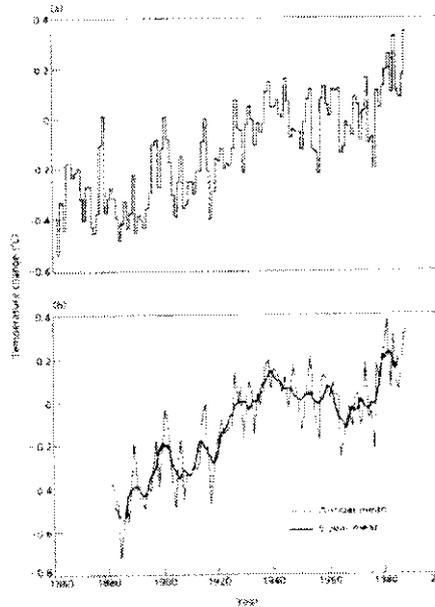
Kecendrungan suhu atmosfer,

Mencari jawaban, yang tentunya tidak mudah saat ini, melibatkan dua hal pokok; **pertama** pemantauan variable penting untuk determinasi jika ada dan bagaimana variable itu berubah menurut waktu, dan **kedua**, membangun model canggih (*sophisticated model*) tentang iklim untuk menentukan proses mana yang menyebabkan perubahan yang terpantau. Variabel utama untuk memantau adalah suhu udara permukaan yang telah dicatat dengan tepat selama 150 tahun terakhir baik di daratan maupun di lautan. Tetapi bisa dibayangkan bahwa catatan suhu amat tidak merata dalam ketepatan dan dalam lingkup pengukuran (*coverage*), dan untuk menyusun satu set data yang amat berguna dalam dimensi periode waktu lama cenderung menemui masalah. Misalnya suhu udara di kota dapat 0.2 °C lebih tinggi oleh karena aktifitas kota dan bentuk gedung tinggi. Daerah panas ini mesti dihilangkan untuk mendapat gambaran trend suhu dalam waktu lama. Di laut masalah lain timbul, dimana data suhu permukaan udara laut yang dipakai dicatat pada malam hari sebab data yang dicatat siang hari bias karena panas dari kapal yang telah dipanasi matahari.

Satu data set suhu bumi yang baik sekarang tersedia dan nampaknya diperbaharui dan analisa secara teratur. Masing masing analisa menggunakan tehnik berbeda tetapi keduanya menggunakan data mentah yang sama kecuali Jones (1988) memasukkan data suhu permukaan laut. Gambar berikut merupakan dua analisa suhu permukaan bumi sekitar 100 tahun.

Kedua grafik diatas sama sama menunjukkan bahwa suhu permukaan bumi secara keseluruhan meningkat sekitar 0.5 °C selama 100 tahun dimana tahun 1980 yang terhangat. Perubahan suhu ini dulunya tidak terbukti oleh ilmuwan dan nampaknya bukti dan analisa yang lebih meyakinkan terus bertambah. Ada praduka bahwa perubahan radiasi matahari penyebabnya tetapi tidak ada keraguan bahwa peningkatan CO<sub>2</sub> atmosfer menyebabkan kenaikan suhu

permukaan bumi, oleh karena itu yang paling mungkin penyebab kenaikan suhu bumi saat ini adalah kenaikan konsentrasi  $\text{CO}_2$  atmosfer.



Gambar . Dua analisa suhu permukaan bumi sekitar 100 tahun relatif pada rata rata suhu rata antara 1951 dan 1981. (a) dari Jones et al 1988, termasuk suhu benua, pulau dan suhu permukaan laut; (b) dari Hansen dan Lebedeff 1988, sumber data set yang sama tetapi suhu permukaan laut tidak masuk.

Sebagaimana diindikasikan diatas bahwa memungkinkan untuk menentukan kenaikan suhu dari pengukuran langsung kenaikan konsentrasi gas rumah kaca. Jika konsentrasinya diketahui, maka kalkulasi relatif untuk menentukan tingkat pemanasan (*heating rate*) sebagai akibatnya, relatif mudah. Yang sulit untuk ditentukan adalah perubahan suhu sebagai akibat dari perubahan tingkat pemanasan.

Hal ini disebabkan bahwa atmosfer dan lautan bisa bereaksi terhadap peningkatan pemanasan dengan proses yang menghasilkan umpan balik positif atau negatif. Misalnya kadar uap air di atmosfer biasanya diasumsikan berada pada suatu keseimbangan dengan lautan dan berubah ubah sesuai dengan perubahan suhu udara.

Jika atmosfer dihangatkan oleh keberadaan gas rumah kaca, maka jumlah uap air di udara akan secara otomatis meningkat karena naiknya suhu. Hal ini selanjutnya akan menyebabkan peningkatan absorpsi radiasi gelombang panjang dan akan terus menaikkan suhu udara; disebut *umpan balik positif*. Satu lagi contoh umpan balik positif adalah berkaitan dengan dengan tutupan salju dan es di daratan. Jika suhu udara naik, maka area daratan yang ditutupi salju dan es berkurang sementara area tanah dan perairan meningkat. Permuakan warna gelap (tanah) menyerap lebih banyak panas matahari daripada pada permukaan es dan salju putih, yang menyebabkan peningkatan lanjut pada suhu. Sebaliknya, peningkatan suhu dan uap air akan menyebabkan lebih banyak awan. Dua hal diuraikan diatas menyebabkan efek berlawanan. Awan memantulkan balik ke angkasa sebagian dari radiasi matahari yang datang, yang menyebabkan suhu lebih rendah. Awan juga mengurangi jumlah pantulan radiasi dari bumi ke angkasa lebih luar. Efek ini khususnya muncul pada malam hari, dan menyebabkan efek pemanasan di bumi. Proses proses yang diuraikan diatas menyebabkan efek keseluruhan yang diamati sebagai variasi suhu atmosfer

### Model dan Peramalan Iklim

Model iklim adalah program komputer dimana atmosfer ditampilkan dalam tiga garis dimensi (three-dimensional grid). Satu sel dalam grid secara tipikal mewakili luasan 500-1000 km direksi Timur-Barat dan Utara-Selatan dan 10 – 20 km secara vertical. Setiap titik grid (grid points) yang membentuk sudut pada setiap variable sel seperti suhu, kelembapan, tekanan dan angin, ditandai dengan kondisi rata rata yang diperkirakan akan muncul pada suatu waktu di

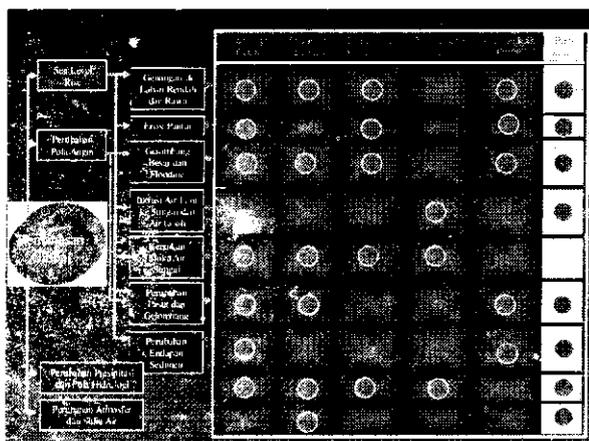
masa lalu. Perubahan variable ini dalam interval waktu singkat (jam) kemudian dikalkulasikan menurut persamaan yang mengatur termodinamik, keseimbangan moment dan konservasi massa. Perubahan yang terhitung kemudian digunakan untuk untuk menyesuaikan nilai pada titik grid (grid points). Proses ini berlanjut hingga program memodel interval waktu yang diperlukan dalam penelitian (biasanya decade).

Tujuannya adalah untuk menciptakan suatu model yang cukup sempurna untuk meramal dengan akurat akibat dari peningkatan gas rumah kaca. Kemudian disempurnakan dengan membandingkan hasilnya kepada hasil observasi lapangan hingga model itu dapat memprediksi perubahan yang diamati secara akurat, sesudah itu model akan dipakai untuk estimasi trend masa datang dengan sejumlah konfidensi.

Seluruh model terkini meramal bahwa peningkatan gas rumah kaca akan menyebabkan suhu bumi naik. Jumlah kenaikan pada setiap model bervariasi antara 0.5 – 5.5 °C untuk setiap penggandaan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Dari penggandaan demikian diharapkan akan terjadi pada tahun 2030, jika kecepatan pertambahan seperti sekarang terus berlanjut. Efek pemanasan yang demikian ini kini merupakan pembahasan di seantero dunia.

### ***Hadirin yang mulia,***

Pemanasan global dapat mempengaruhi ekosistem akuatik tawar dan laut. Pada wilayah pesisir akan berdampak pada morfologi pantai, ekosistem akuatik, pemukiman, sumberdaya air dan infrastruktur pantai (Gambar berikut). Pemanasan Global diramal mengakibatkan kenaikan permukaan laut, perubahan pola angin, perubahan curah hujan dan hidrologi dan perubahan suhu atmosfer dan suhu air.



## Pemanasan global dapat mengakibatkan perubahan ekosistem akuatik.

- a) Peningkatan suhu dan pengeringan danau:  
Laut Aral yang merupakan danau terluas di dunia danau Owen di Amerika Utara, Danau Chad di Afrika telah menyusut dan kering.
- b) Melelehnya laut kutub dan es daratan kutub.  
Gejala ini telah terlihat dari pengamatan citra satelit. Massa Es berkurang 3/4 pada Gunung Kilimanjaro di Afrika, 20% berkurang pada es Tien Shan Cina selama 40 tahun, 1/4 masa es New Zeland selama 20 tahun. Es Kutub Utara telah mengecil 2.7 % setiap 10 tahun.
- c) Naiknya paras muka laut.  
Faktor tersebut diatas pada gilirannya akan meningkatkan aliran air ke laut. Disamping itu suhu air naik menaikkan volume. IPCC melaporkan bahwa pada abad terakhir ini paras laut telah naik 10-20 cm pada skala global, dan pada abad ini akan naik lagi 40-60 cm.
- d) Degradasi ekosistem pesisir.  
Sebagai kawasan yang paling produktif, daerah pesisir akan

- terancam terutama habitat penyu, tererosinya pantai pasir. Pada gilirannya akan berpengaruh pada keanekaragaman hayati he
- e) Perubahan pola presipitasi (curah hujan).  
Daerah yang presipitasi naik berakibat akan lebih sering banjir, sedangkan daerah yang kurang presipitasi akan terjadi kekeringan.
- f) Perubahan Arus lautan.  
Perubahan pola arus dingin dari kutub ke kutub dan arus panas. Terkait perubahan densitas air laut dapat merubah wan akuatikpola arus utama dunia.
- g) Punahnya spesies organisme laut.  
Hal ini terkait pengayaan alami laut akan berakibat bloomingnya satu jenis opportunistic dan hilangnya jenis tertentu yang kalah bersaing.

### ***Hadirin yang berbahagia,***

Dampak lanjutan terhadap organisme akuatik tidak terhindarkan.

**Plankton** sebagai rantai awal makanan, akan mengalami ledakan populasi, karena meningkatnya suhu dan pasokan unsur hara dari daratan. Mati massalnya plankton akan tenggelam ke dasar laut dan akan terbentuk H<sub>2</sub>S di dasar dan dengan penurunan populasi ikan pemakan bahan organik, lapisan ber H<sub>2</sub>S akan naik semakin sering.

Meningkatnya kadar CO<sub>2</sub> air menurunkan pH air. Asidifikasi air laut ini mempengaruhi **udang udangan** dan bahkan dapat memusnahkan hewan dasar ini, dan akan menggeser system lautan.

**Populasi Ikan** sebagai biota utama lautan akan terpengaruh akan suhu air. Faktor suhu amat penting dalam kesuksesan siklus reproduksi. Pada stadia larva dan juvenil ikan cukup lemah terhadap perubahan suhu. Dalam janka panjang peningkatan suhu dapat merubah pola distribusi jenis. Suhu secara fisiologis penting dalam proses respirasi, system energy, osmotregulasi, pertumbuhan dan

reproduksi. Bila ikan tidak dapat menyesuaikan diri dan beradaptasi pada variasi suhu air dapat merusak dan kematian massal tak terhindarkan.

Dampak Terhadap Suhu Air sebagai faktor abiotik pada ekosistem akuatik, pada gilirannya akan mempengaruhi proses ekofisiologi hewan akuatik. Hal ini akan dielaborasi berikut ini.

### **Kerangka Konsep Eko-Fisiologi**

Fisiologi merupakan ilmu yang menganalisis fungsi sistem organ dalam makhluk hidup. Dalam mempelajari mekanisme dan fungsi fisiologik, pendekatan dilakukan melalui sintesa ilmu fisika, kimia, biokimia dalam biologi. Kemajuan dalam bidang ilmu dasar pendukung tersebut telah banyak membantu dalam kajian kuantitatif fisiologi. Yang banyak menjadi dasar teori di bidang peraktek medis kedokteran. Fisiologi hewan lebih spesifik mengelaborasi fungsi biokimia makhluk hidup. Proses yang terintegrasi dalam sistem organ melibatkan proses dan mekanisme fisik dan biokimia.

Tujuan akhir mempelajari fisiologi adalah memahami mekanisme fisik dan kimiawi, yang berjalan dalam makhluk hidup pada semua tingkatan, mulai dari tingkatan subsel hingga integrasi seluruh organisme. Tujuan ini nampaknya terlalu ambisi karena fisiologi setiap organisme amat kompleks, bahkan pada sel tunggal saja proses fisik kimia yang terjadi tidak sederhana. Atas dasar alasan kemudahan dan kesederhanaan ilmu fisiologi, oleh para ahli, dikelompokkan ke bagian lebih spesifik antara lain; fisiologi sel, organ, organisme dan fisiologi lingkungan.

Eko-Fisiologi menjelaskan bagaimana organism merespon perubahan ekologis terutama faktor abiotik (fisik-kimia) lingkungan. Respon yang dikaji ini tentu dalam batas kemampuan adaptasi organisme. Variasi ekstrim dan tiba tiba pada lingkungan, yang menyebabkan kematian massal merupakan kajian di luar ekofisiologi. Lebih fokus pada Ekofisiologi Ikan menggambarkan bagaimana

response fisiologi ikan akibat langsung dan tak langsung perubahan lingkungan harian, musiman, tahunan. Respon fisiologogis ikan dalam meregulasi variasi suhu, karbondioksida air, bahan organik air juga

Sepanjang sejarah evolusi, organisme melakukan adaptasi dan penyesuaian fisiologis terhadap kondisi fisika kimia lingkungan yang fluktuatif, yang meningkatkan ketahanan dan kecocokan (fitness) sehingga tetap eksis berkelanjutan di biosfer. Mekanisme adaptasi organism ini menyebabkan kita temukannya variasi morfologi, struktur, dan tingkahlaku hewan yang kita kenal dengan keanekaragaman hayati (biodiversity). Dasar adaptasi dalam janka panjang untuk populasi adalah variabilitas genetic yang dimiliki oleh organisme. Seleksi alam berpengaruh pada variasi genetik untuk mempertahankan sifat yang menguntungkan dan meningkatkan ketahanan (fitness). Oleh karena itu adaptasi merupakan suatu basis dalam evolusi dimana terjadi penyesuaian fisiologik organisme.

Sebagaimana halnya dalam bidang ilmu lain, prinsip tertentu muncul pada seluruh kajian fungsi hewan. Beberapa diantaranya menyimpulkan bahwa:

- (1) Fungsi organ terkait secara mendasar dengan strukturnya, pada semua tingkatan dari sel yang dimulai dari atom, molekul, dan organelle sel
- (2) Pengaturan lingkungan intraselluar dan ekstrasellular menyiapkan kekonstanan penting yang dibutuhkan dalam proses kordinasi kimia fisika.
- (3) Fungsi sel dan jaringan telah muncul semenjak evolusi Darwin dan secara genetik telah ditetapkan.

Telah disetujui oleh ilmuwan fisiologi bahwa isi informasi dalam molekul deoxyribonucleid acid (DNA) merupakan hasil seleksi alam beberapa generasi. Perubahan atau alterasi spontan (mutasi) dari sekuen dasar DNA, yang meningkatkan survival organisme untuk menghasilkan keturunan, secara statistik bertahan dan meningkat frekuensinya bagi populasi hewan. Sebaliknya alterasi dalam sekuen

dasar DNA yang menyebabkan organisme kurang beradaptasi baik terhadap lingkungannya, akan mengurangi kesempatan untuk reproduksi dan oleh karena itu secara statistik tertekan dan dapat tereliminasi.

Bernard 1872, ahli fisiologi Perancis, merupakan ilmuwan fisiologi pertama yang menyatakan pentingnya homeostasis dalam fungsi sistim organ hewan. Konsep *inherent equilibrium*, dimana tumbuhan dan hewan berinteraksi untuk menghasilkan suatu kondisi internal stabil (*steady-state condition*), atau dalam kisaran sempit. Homeostasis yaitu tendensi sistim biologis untuk menangkis perubahan dan tetap dalam suatu keseimbangan yang dinamis. Kemampuan hewan untuk menahan meresponse berbagai perubahan/variabilitas dalam sistim secara keseluruhan dipengaruhi oleh faktor yang kompleks seperti pertumbuhan organisme, pelepasan hara makanan, produksi dan penguraian bahan organik

Pengaturan lingkungan internal (*internal milieu*) berlaku pada hewan sel tunggal yang sama halnya pada hewan tingkat tinggi. Protozoa bisa menyebar luas ke air tawar dan lingkungan lain yang secara osmotik menghambat, karena kemampuannya untuk mengatur kadar garam, gula, asam amino, dan bahan terlarut lainnya dalam sitoplasma, dengan permeabilitas memberannya yang selektif, transport aktif dan mekanisme lain yang mempertahankan kadar zat tersebut dalam kisaran sempit. Kisaran ini menguntungkan dan sesuai dengan kebutuhan sel, dan berbeda dengan kondisi luar sel. Proses pengaturan ini dilakukan protozoa melalui proses osmoregulasi.

### **Variasi Fisiologi**

Dimaklumi bahwa variasi biologis ditentukan oleh sifat bawaan gen, lingkungan dan perkembangan. Variasi yang disebabkan lingkungan terjadi hanya pada kisaran terbatas yang diatur pada hewan oleh sifat bawan dalam (*genotype*). Variasi atas dasar genetik dan

atas dasar lingkungan dapat dibedakan dengan aklimatisasi dan dengan perkawinan silang. Aklimatisasi dimaksudkan berupa perubahan kompensasi dalam suatu organisme dalam suatu perubahan tetap satu faktor lingkungan (biasanya di laboratorium).

## **BAGIAN 2**

### **PERAN AIR DALAM FISILOGI**

#### **Peran Air Dalam Fisiologi**

Seluruh proses hidup mencakup proses fisik, kimia, enzimatis dalam sistem organ (fisiologi) berlangsung dalam lingkungan berair (*aquatic milieu*). Pada tingkat sel, jaringan, organ dan organisme, proses fisiologis membutuhkan air. "Organisme berasal dari Air", hal ini bisa kita hubungkan dengan teori kejadian alam dan asal muasal kehidupan.

Air secara langsung dan dekat terlibat dalam seluruh proses fisiologi makhluk hidup dan sering dianggap sebagai pengisi ruangan dalam sistem kehidupan. Air memiliki sejumlah sifat yang spesifik yang amat penting dalam kehidupan di lingkungan akuatik. Hal ini terkait dengan struktur molekul air, yang lebih rinci diuraikan berikutnya.

#### **Sifat Fisika-Kimia Air**

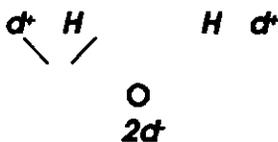
##### **Molekul Air**

Air secara langsung dan dekat terlibat dalam seluruh proses fisiologi makhluk hidup dan sering dianggap sebagai pengisi ruangan dalam system kehidupan. Sebagai zat yang memiliki sifat sangat reaktif, air disebut pelarut universal (general solvent). Air memiliki sejumlah sifat yang spesifik yang amat penting dalam kehidupan yang terkait dengan struktur molekulnya. Nyata benar tanpa sifat penting tersebut kehidupan tak akan mungkin terjadi.

##### **Molekul air**

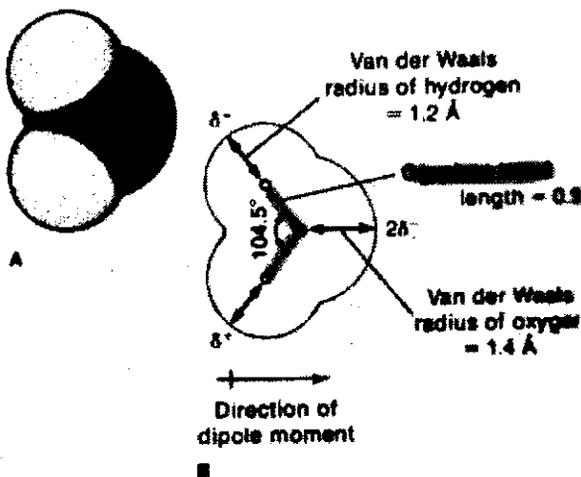
Molekul air mengandung dua atom unsur Hidrogen dan satu atom unsur Oksigen ( $H_2O$ , rumus molekulnya H-O-H). Molekul ini terikat bersama oleh ikatan Covalent polar (*polar covalent bonds*).

Ikatan kovalent ini merupakan akibat sifat listrik negatif (electronegativity) dari atom O terhadap H. Ikatan ini oleh karenanya 40% ionik (Gbr).



**Gambar .** Struktur molekul air dan sifat kenegatifan muatan listriknya.

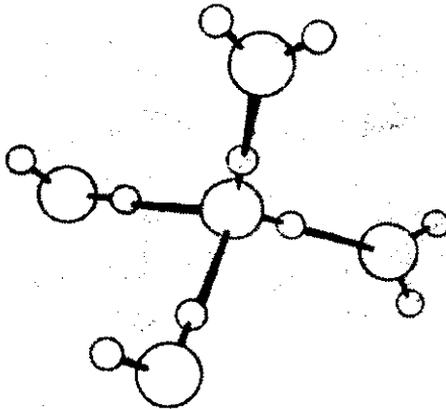
Molekul air juga bisajuga digambarkan sebagai orbit molekul sebagaimana terlihat pada Gambar berikut.



**Gambar .** Molekul air sebagai orbit molekul (Eckert, 1988)

Diagram molekul air menunjukkan hubungan 2 atom H dan satu atom O. Polaritas (adanya kutub positif negative) air berarti

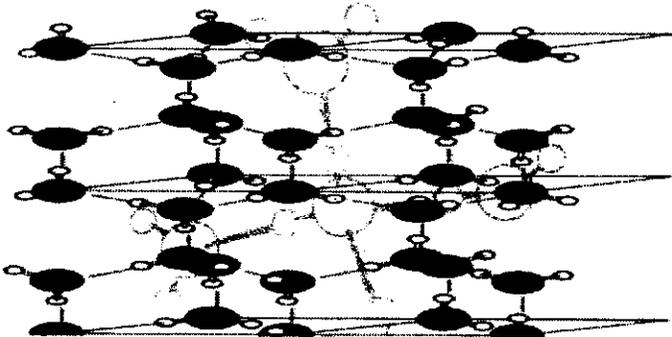
bahwa ujung H (+) akan menarik ujung Oksigen (-) dari molekul air lain. Ikatan ini (garis kuning dalam Gbr) lemah yang disebut hydrogen bond, hanya 4.5 kcal untuk memutuskannya. Sedangkan ikatan antara atom H (+) dan O (-) (garis hitam dalam Gbr) kuat disebut *Kovalent bond*, butuh 110 kcal Energi untuk memutuskannya.



Distribusi elektron molekul air yang tidak seimbang yang disebabkan oleh sifat semipolar ikatan H – O, menyebabkan molekul air berperan seperti dua kutub (*dipole*). Itulah sebabnya air bersifat mirip suatu batang magnet yang mempunyai dua kutub listrik berlawanan positif dan negative (Gambar 2). Oleh karena itu air cenderung menjurus bersifat medan elektrostatis. Sifat dua kutub yang tinggi dari molekul air, merupakan sifat fisik penting dan ini menentukan sifat yang spesifiknya.

Sifat kimia terpenting molekul air adalah kemampuannya membentuk ikatan hydrogen antara electron muatan positif dengan electron muatan negative kaya oksigen dari molekul air terdekat . Pada setiap molekul air, empat dari delapan electron kulit terluar atom oksigen terikat secara kovalen dengan dua atom hydrogen. Hal ini menyebabkan dua pasang elektron, bebas untuk berinteraksi secara

tias lualuon isih (-) nengiz O anuui jingoen paks (+) H anuui swikso  
 elektrostatik dengan atom hydrogen yang miskin elektron dan molekul  
 air tetangga. Karena sudut antara dua ikatan kovalen air  $105^\circ$   
 kelompok molekul air berikatan hydrogen membentuk susunan  
 tetrahedral. Susunan ini merupakan dasar terbentuknya struktur kristal  
 paling umum dari es (Gambar ).



Struktur ikatan Hidrogen air sangat labil dan hanya bentuk  
 sementara, rentang hidup ikatan hydrogen dalam air cair  $10^{-10}$  sampai  
 $10^{-11}$  detik. Bentuk transisi ini menyebabkan lemahnya ikatan hydrogen.  
 Hanya 4,5 kcal/mol dibutuhkan untuk memecah ikatan hydrogen ini.  
 Sementara ikatan covalent (antara O - H) pada molekul air amat  
 kuat dan butuh 110 kcal/mol memecahkannya.

Ikatan hydrogen meningkatkan total energi yang dibutuhkan  
 untuk memisahkan individu molekul air dari populasi air. Dengan alasan  
 inilah maka titik didih dan titik lebur serta panas penguapan air jauh  
 lebih besar dari elemen hidrid lainnya yang berkaitan dengan Oksigen  
 (seperti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ).

### **Polimer Molekul air**

Molekul air mengikat dua atom unsur hydrogen dan satu  
 atom unsur Oksigen ( $\text{H}_2\text{O}$ ) dalam molekulnya ( $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ ). Molekul ini  
 terikat bersama oleh ikatan kovalen polar (polar covalent bonds).

Ikatan kovalent ini merupakan akibat sifat listrik negatif (electronegativity) dari atom O terhadap H. Ikatan ini oleh karenanya 40% ionic (Gambar 1.)

Polaritas air berarti bahwa ujung H (+) akan menarik ujung Oksigen (-) dari molekul air lain. Ikatan ini (garis kuning dalam Gbr 3) lemah yang disebut Ikatan hydrogen (hydrogen bond), hanya 4.5 kcal untuk memutuskannya. Struktur ikatan hydrogen air amat labil dan sementara, karena masa/lifetime ikatan ini hanya  $10^{-10} - 10^{-11}$  detik. Sedangkan ikatan antara atom H (+) dan O (-) (garis hitam dalam Gbr 3) kuat disebut Kovalen bond, butuh 110 kcal Energi untuk memutuskannya. Itulah sebabnya titik beku dan titik didih dan panas uap air jauh lebih tinggi dari hidrid lain umum terkait dengan oksigen (contoh  $NH_3$ , HF,  $H_2S$ )

### **Pelarut universal (Universal solvent)**

Sifat ini disebabkan karakter polaritas air dan adanya ikatan hydrogen (hydrogen bonding) dalam molekul air. Karakteristik pelarut air dikarenakan tingginya konstanta dielektriknya, yang menggambarkan polaritas elektrostatisnya. Hal ini bisa diilustrasikan baik oleh senyawa ionik (*ionic compounds*) atau *electrolytes* termasuk garam, asam, basa yang mana semuanya memiliki sifat berdisosiasi menjadi ion-ion ketika dilarutkan dalam air. (Larutan yang tidak berdisosiasi dalam air, dan oleh karenanya tidak meningkatkan konduktivitas larutan disebut *nonelectrolytes*). Contoh umum nonelectrolytes adalah gula, alcohol, dan minyak. Cairan nonpolar (tak berion positif dan negative) seperti hexane, tak dapat melarutkan crystal karena tidak ada sumber energi tersedia dalam pelarut nonpolar untuk memecahkan suatu ion menjauh dari sisa kristal garam. Namun air dapat melarutkan kristal NaCl dan seperti ke seluruh senyawa lain (garam, asam, basa) karena bipolar dari molekul air.

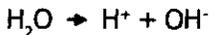
Molekul air yang mengelilingi ion menyesuaikan, sehingga kutub positifnya berhadapan dengan anion dan kutub negatifnya menghadap kation, oleh karena itu mengurangi daya tarik elektrostatis antara

kation dan anion terlarut dari senyawa ionik

Air juga melarutkan bahan organik tertentu (alcohol dan gula) yang tidak terurai menjadi ion dalam larutan, tetapi molekul organik kecil ini mempunyai sifat polar. Sebaliknya air tidak melarutkan atau terlarut dalam senyawa tidak polar seperti minyak dan lemak karena air tidak dapat bereaksi dengan lemak dan minyak pada ikatan hydrogen. Tetapi air bereaksi parsial dengan senyawa amphiphatic yang memiliki group polar dan nonpolar. Contohnya adalah molekul sabun yang punya kepala kutub yang hydrophilic (Menarik air) dan satu ekor nonpolar menolak air (hydrophobic).

Dissosiasi elektrolisa (electrolytic dissociation)

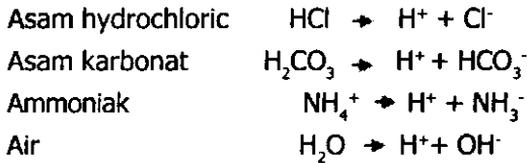
Dissosiasi elektrolisa air amat kecil. Air adalah bahan yang netral. Namun mengandung ion H positif dan ion OH negatif. Dissosiasi air dituliskan :



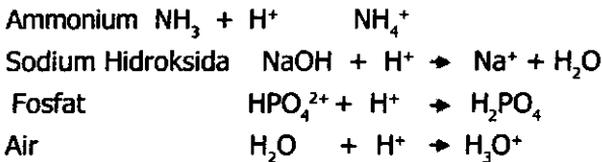
Namun harus diingat bahwa ion H<sup>+</sup> tidak bebas dalam larutan tetapi menjadi ion hydronium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>). Satu proton dapat berpindah ke satu molekul air yang mengelilingi dan merubahnya menjadi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> atau mengganti satu ion protonnya ke molekul air lain.

Asam-Basa: menurut definisi H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> bersifat asam (acidic) menyumbang satu proton, dan OH<sup>-</sup> bersifat basa (basic) menerima satu proton. Oleh karena itu setiap bahan yang dapat membentuk satu ion H<sup>+</sup> disebut asam, dan setiap bahan yang mengikat/bereaksi dengan satu H<sup>+</sup> disebut basa. Reaksi asam-basa selalu melibatkan suatu konjugasi pasangan asam basa- yakni penyumbang proton (*proton donor*) dan penerima proton (*proton acceptor*), H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup> pada air. Air disebut menjadi *amphoteric* karena dia berperan sebagai asam dan sebagai basa. Asam amino juga mempunyai sifat amphoteric ini.

Contoh asam (proton donor) :



Contoh basa (Proton acceptor) :



### Kohesi.

Karena ikatan hydrogen, air cenderung untuk melekat kuat pada masing masing elemen dan dapat menahan gaya eksternal yang akan memecah ikatan ini. Inilah yang disebut kohesi. Daya kohesi akan meningkat dengan menurunnya suhu air. Sifat ini akan membawa sifat lain air yakni tekanan permukaan (*surface tension*), yang akan dapat mendukung kehidupan tanaman mikro akuatik. Tegangan permukaan air merupakan kohesi terkuat pada permukaan.

### Viskositas Air.

Viskositas merupakan sifat yang menunjukkan gaya untuk memisahkan molekul air, dan untuk dapat menembus cairan. Sifat ini berkaitan dengan gerak mengendap (*sinking movement*) suatu hewan air atau objek di air. Hewan air akan membutuhkan energy lebih tinggi untuk gerak renang dari pada hewan daratan, karena perbedaan viskositas media hidupnya.

### Panas Uap Laten

Molekul Air mempunyai panas uap tertinggi dari semua cairan

sebagai akibat langsung dari ikatan hidrogen (hydrogen bond). Oleh karena itu air menguap lambat dan menyerap banyak panas dalam pendinginan. Dengan tingginya panas penguapan ini maka air mempunyai titik didih (boiling point), 100 °C. Hasilnya molekul air di dunia sebagian besar berbentuk cairan (liquid) ketimbang bentuk gas. Sifat ini amat penting dalam transfer panas dari air ke atmosfer.

### **Panas Latent Fusi**

Panas laten fusi dapat diartikan sebagai jumlah panas yang ditarik atau hilang per unit masa bila zat berubah dari bentuk cair ke bentuk padat atau sebaliknya tanpa merubah temperaturnya. Ternyata air mempunyai angka tertinggi setelah ammonia. Di lautan kepentingannya adalah efek termostatis pada titik beku (freezing point) yang terkait dengan uptake dan pelepasan panas latent yang tinggi.

### **Kapasitas Panas**

Air merupakan angka panas jenis tertinggi diantara cairan setelah ammonia. Ini juga memberi arti bahwa air merupakan cairan lunak yang kuat untuk bertahan terhadap naik turunnya suhu, oleh karena itu massa air (lautan) dan massa air di udara merupakan penyangga (buffer) terhadap perubahan iklim.

### **Kaitan densitas dan suhu.**

Air murni menjadi lebih padat ketika didinginkan hingga 4°C (densitas maksimum) dan kemudian menurun densitasnya lagi dibawah suhu tersebut (ini disebut sifat anomali air). Secara umum jika suhu naik maka densitas menurun. Juga jika salinitas naik densitas akan menurun. Sifat anomali air ini amat penting dalam distribusi dan sirkulasi massa air di perairan pedalaman (danau) dan laut.

### **Transparansi.**

Terang tembus cahaya air relatif besar sehingga penyerapan energi (radiant energy) besar terhadap cahaya infra merah dan ultra violet (invisible spectrum) . Dalam energi sinar tampak air ada sedikit menyerap selektif.

## **BAGIAN 3**

# **RESPON FISIOLOGIS HEWAN AIR**

### **Konsep Homeostasi**

Homeostasis merupakan mekanisme mempertahankan suatu kondisi lingkungan yang konstan, mekanisme mana sangat tergantung pada sistem umpan balik negatif yang tergantung pada satu receptor pemonitor konsentrasi suatu variabel, dan meneruskan (transmit) signal balik variabel ke suatu titik prapenentu akhir (predetermined set point). Suatu sistem umpan balik positif dapat meningkatkan laju reaksi atau variabel tertentu dan hal itu tidak mendukung (kompatibel) dengan homeostasi, kecuali ada kontrol yang lain. Untuk mencapai suatu homeostasi membutuhkan suatu keseimbangan desakan positif dan negatif sehingga input sama dengan output, se kekonstanan tercapai.

Suatu sistem umpan balik positif tidak kompatibel dengan homeostasi karena akan meningkatkan laju reaksi dan seterusnya akan meningkatkan variabel pemicu laju reaksi itu sendiri. Sistem umpan balik positif memang terjadi tetapi secara intrinsik tidak stabil dan dikendalikan oleh proses umpan balik negatif. Kegagalan pengaturan ini dapat menyebabkan timbulnya penyakit. Titik akhir suatu variabel tidak konstan dan ini diatur oleh hypothalamus, dalam banyak hal.

Homeostasi dikendalikan oleh suatu proses otonom tanpa dikomandoi sistem syaraf (voluntary) dan yang dikontrol syaraf (involuntary). Proses ini dibantu oleh sistem syaraf somatik dan autonomik dan sistem hormonal. Titik akhir banyak variabel diatur oleh hypothalamus, akan tetapi dapat bervariasi terkait variasi input. Karena titik akhir bervariasi, proses homeostasis menyesuaikan dengan kerja dengan kondisi akhir baru. Aktifitas hormon dan syaraf berinteraksi pada daerah hypothalamic-pituitary dari otak. Kelenjar

anterior pituitary berhubungan dengan hypothalamus oleh satu sistim portal, yang kemudian mengatur pelepasan hormon dari banyak kelenjar sekitar tubuh.

Substansi hormone dapat berupa endokrin, neurocrin, parakrine atau kombinasinya. Endokrin dilepaskan ke dalam darah dan berperan pada jaringan yang jauh dari sumber. Neurokrin mirip dengan endokrin tetapi dilepas dari sel saraf. Parakrin dilepaskan dan bekerja secara local. Autokrin bekerja pada sel yang mensekresikannya atau tidak disekresi tetapi bekerja secara internal dalam selnya. Umumnya hormone berupa peptida, protein atau steroids.

Hormon bekerja dengan mengikatkan diri pada suatu reseptor yang terdapat pada membran sel atau dalam sel (sitoplasma atau inti). Hormon peptide bekerja pada membran reseptor karena sifatnya yang tidak larut dalam lemak dan tidak menembus membran sel. Peptide mengaktifkan sistim pesan sekunder (misal siklus AMP) yang member efek pada berbagai bagian sel. Hormon steroid larut dalam lemak dan dapat menembus membran sel, memberikan efek dengan mengikatkan diri pada reseptor sitoplasma atau reseptor inti. Steroid umumnya memberi efek dengan merubah produksi DNA dan juga mRNA, yang berarti merubah produksi protein. Hormon peptide biasanya bekerja segera tetapi ada penundaan sebelum aksi hormone steroids teramati.

## **Homeostasi dan Lingkungan Laut**

Pada seluruh ekosistim terdapat suatu konsep yang disebut *inherent equilibrium*, dimana tumbuhan dan hewan berinteraksi untuk menghasilkan suatu kondisi stabil (*steady-state condition*). Dalam ekosistim dikenal juga istilah *homeostatis*, yaitu tendensi sistim biologis untuk menangkis perubahan dan tetap dalam suatu keseimbangan yang dinamis. Kemampuan ekosistim untuk merespons berbagai pvariabilitas dalam sistim secara keseluruhan dipengaruhi oleh faktor yang kompleks; seperti pertumbuhan organisme, pelepasan hara makanan, produksi dan penguraian bahan organik

Suatu ekosistem mampu untuk menjaga kestabilan keseluruhan dengan tiga mekanisme pokok yaitu :

- (1) dengan mengontrol kecepatan aliran energi dalam system
- (2) dengan mengontrol kecepatan siklus elemen dalam system dan
- (3) mempertahankan suatu keberbagaian jenis (diversity) dan jaringan makanan.

Meskipun suatu ekosistem mempunyai daya tahan yang besar terhadap perubahan dan pergeseran lingkungan, tetapi batas mekanisme homeostatis dengan mudah dapat diterobos oleh aktifitas antropologik (manusia). Contohnya pada ekosistem terumbu karang: parameter kunci keberlanjutan karang adalah transparansi air dan atau kekeruhan air. Jika kondisi dimana cahaya tidak cukup diterima oleh organisme yang berasosiasi dengan karang, misalnya akibat bencana kabut asap yang berkepanjangan akibat kebakaran hutan, tingginya kekeruhan air akibat penambangan di perairan pantai, erosi dan sedimentasi yang datang dari daratan, maka proses fotosintesa yang penting dalam proses pembentukan karang akan terhambat. Pada kondisi yang ekstrim akan menyebabkan karang mati. Dengan kata lain faktor antropologik manusia akhir akhir ini merupakan penyebab utama kerusakan terumbu karang dunia.

### **Pengaturan Temperatur (*Thermoregulation*)**

Suhu tubuh biota laut umumnya ektotermal dimana panas tubuh sebagian besar bersumber dari lingkungan sekitar. Oleh karena itu suhu tubuh bervariasi mengikuti fluktuasi suhu luar tubuh (poikilotermik). Penyimpanan panas dalam tubuh menentukan suhu tubuh dan melibatkan pertukaran panas dengan lingkungan. Pertukaran ini antara hewan dan lingkungannya digambarkan dengan rumus :

$$H_s = H_m \pm H_r \pm H_{cn} \pm H_{cv} - H_e$$

- S = panas tersimpan
- M = panas hasil metabolisme
- R = Panas hasil radiasi elektromagnetik oleh pergerakan molekul, yang meningkat mengikuti peningkatan suhu
- CN = Transfer panas molekul ke molekul (Konduksi)
- CV = Perpindahan masa panas oleh cairan (Konveksi)
- E = Energi proses evaporasi

Respons hewan Ektotermal poikilotermik terhadap suhu dikenal dengan istilah **efek Q10**. Tubuh biota telah dicirikan dengan berbagai proses otomatis sehingga dapat bertahan di lingkungan. Diantaranya termasuk reproduksi, penyesuaian dengan lingkungan eksternal, dan instink untuk hidup, yang dianugerahi alam pada mahluk ciptaan. Kelulushidupan mahluk amat tergantung pada kemampuan mempertahankan suhu tubuh yang konstan pada lingkungan yang variatif. Kapabilitas ini disebut termoregulasi.

Suhu tubuh ditentukan oleh panas yang diproduksi dikurangi panas yang hilang ke lingkungan. Panas tubuh hilang melalui radiasi, konveksi, dan konduksi. Kehilangan panas ini tergantung pada perbedaan panas tubuh dan lingkungan luar. Ketika suhu luar rendah, kehilangan panas terutama oleh proses radiasi, dan jika suhu lingkungan lebih tinggi, kehilangan panas melalui proses evaporasi. Keseimbangan panas yang hilang dan panas yang diproduksi tubuh dapat mempertahankan suhu tubuh yang konstan. Namun suhu lingkungan bervariasi sepanjang hari, dan titik akhir dikendalikan oleh hypothalamus.

Hewan laut jarang hidup dalam kondisi lingkungan yang konstan. Kondisi lingkungan berubah ubah secara setiap jam, harian musiman, tahunan. Kondisi variatif ini secara aktual dialami hewan laut (ikan dan avertebrata) yang hidup pada kawasan subtidal dangkal, atau intertidal, atau pada areal teluk tertutup yang dipengaruhi aliran permukaan air hujan. Hewan laut tersebut berhadapan langsung

dengan perubahan harian termasuk intensitas cahaya, kekeringan, suhu ekstrim, kadar garam, yang merubah kecepatan aktifitas tubuh, dan pada gilirannya akan merubah kecepatan metabolisme.

Denyut jantung cumi dari sisi pengaruh suhu terhadap frekuensi denyut jantung suatu hal menarik. Indek metabolisme yang dikenal dengan  $Q_{10}$  akan meningkat mengikuti kenaikan suhu. Jika denyut balik disebabkan kelelahan pendenyut, kita akan prediksi bahwa suhu lebih tinggi atau rendah secara proporsional memberi gambaran bagaimana kecepatan metabolisme mempercepat dan melambatkan frekuensi denyut. Denyut balik akan terjadi sebanding dengan jumlah denyut ketimbang dengan waktu denyut yang digunakan, dalam suatu arah tertentu.

$Q_{10}$  merupakan suatu indek fisiologi yang menunjukkan peningkatan terhadap mana reaksi fisiologis meningkat, dengan suatu peningkatan suhu  $10^{\circ}\text{C}$ . Ini memberikan perbandingan untuk dihitung, yang kadang sebaliknya menjadi sulit; misalnya membandingkan efek suhu terhadap reaksi tertentu antara jenis. Umumnya reaksi biologis (termasuk reaksi enzymatis) mempunyai  $Q_{10}$ ,  $s = 2-3$ , mengindikasikan dengan naiknya suhu  $10^{\circ}\text{C}$  akan meningkatkan dua atau tiga kali lipat kecepatan reaksi. Nilai ini dikalkulasi dari :

$$Q_{10} = \frac{\text{kecepatan reaksi pada suhu lebih tinggi } 10^{\circ}\text{C} (K_{t+10})}{\text{kecepatan reaksi pada suhu tertentu} (K_t)}$$

atau, itu bisa dihitung dari suatu kisaran suhu dari rumus umum

$$Q_{10} = (K_1/K_2)^{10/t_1-t_2}$$

$$\text{atau} \quad \log Q_{10} = \frac{10 (\log K_1 - \log K_2)}{t_1 - t_2}$$

Dimana :  $K_1$  dan  $K_2$  adalah kecepatan reaksi pada waktu  $t_1$  dan  $t_2$  berturut turut.

$Q_{10}$  bisa diekpressikan dengan komsumsi Oksigen oleh Ikan. Ikan tropis dapat mengikat Hb dan  $O_2$  pada tekanan  $O_2$  yang lebih rendah dan melepaskan proporsi  $O_2$  yang lebih besar di Hb dibanding spesies sub-tropis.

Kecepatan respirasi ( $O_2$  consumption) oleh ikan bervariasi dengan jenis , size (ukuran), aktivitas dan status nutrisi.

Nilai  $Q_{10}$  = ratio peningkatan konsumsi  $O_2$  karena peningkatan suhu  $10^\circ C$ .  $Q_{10}$  ditemukan sekitar 1,9 pada catfish yang diberi makan, sedangkan pada ikan yang dipuasakan  $Q_{10}$  bernilai 2,3 pada catfish yang dipuasakan. Konsumsi  $O_2$  (Y) pada kisaran suhu  $20 - 30^\circ C$  (SCHROEDER BAMIDGEH 1975)

$$Y = 0,001 W^{0,82}$$

Y = konsumsi  $O_2$  / gr ikan / jam

W = berat ikan dalam gr

## **BAGIAN 4**

# **ADAPTASI TERHADAP LINGKUNGAN**

Keingintahuan mendasar ahli ekologi adalah bagaimana interaksi organisme dengan lingkungan yang variatif dan tidak nyaman bagi organisme. Benda abiotik tidak berinteraksi dengan lingkungan dan selalu dipengaruhi dan dikendalikan oleh proses lingkungan. Akan tetapi, organisme tidak dapat pasif total dengan perubahan lingkungan dan masih bertahan hidup. Sebenarnya hidup merepresentasikan suatu kebalikan dari yang aturan normal benda benda dalam alam dimana reaksi fisika-kimia berlangsung dalam keseimbangan, dan biasanya keseimbangan mengarah ke kondisi energy lebih rendah.

Organisme sebagai suatu sistim yang hidup bereaksi dengan berbagai cara terhadap kontak dengan gaya fisika lingkungan yang terus berubah ubah, disamping itu organism berintreaksi juga dengan organism lain. Disadari bahwa lingkungan amat jarang stabil bahkan dalam janka pendek. Variasi temporal terjadi harian, musiman termasuk cahaya, energy, suhu, kelembapan. Organiosme harus responnya agar dapat bertahan hidup.

Disamping itu terdapat pula variasi spasial dimana habitat dan mikro habitat berada, terkait dengan area geografisnya. Hewan mendiami hampir seluruh habitat yang ada di dunia, oleh karena itu mereka menunjukkan variasi adaptasi fisiologi luas agar mereka dapat bertahan pada kondisi yang ada. Banyak diantara habitat dan mikrohabitat ini berpotensi mengganggu (stressfull) terhadap organisme. Pengganggu ini menjadi stimulus yang memungkinkan organisme memunculkan serangkaian response fisiologi ganda. Karena potensi genetik dari organisme menentukan apa yang mereka bisa lakukan dalam merespon lingkungan.

Stressor lingkungan yang dihadapi organisme mencakup ketersediaan oksigen rendah, suhu yang ekstrim, kelembapan rendah dan toksin lingkungan.

## **Mengapa Adaptasi**

Adaptasi biasanya diartikan sebagai suatu reaksi perubahan fisiologis terhadap perubahan lingkungan dalam jangka panjang oleh organisme. Pertahanan dari adaptasi jangka panjang pada populasi adalah terdapatnya variabilitas genetik, yang merupakan hasil seleksi alamiah, untuk mempertahankan galur yang menguntungkan. Galur ini meningkatkan kesesuaian dan ketahanan organisme. Oleh karena itu adaptasi merupakan proses dasar dalam evolusi yang merupakan respons terhadap lingkungan yang berubah atau perubahan karakter organisme termasuk karakter fisiologi untuk memenuhi keperluan lingkungan yang baru. Beberapa karakter organisme dalam adaptasi jangka panjang mencakup variasi struktur, fisiologi dan variasi tingkah laku, yang dapat meningkatkan survival dan kesuksesan reproduksi organisme.

Pada tipe perubahan adaptasi, genotip organisme bermodifikasi sepanjang waktu untuk menyesuaikan dengan lingkungan yang diharapkan, misalnya pada organisme asli dataran tinggi yang tahan terhadap kadar oksigen rendah. Adaptasi dapat ditandai dengan mengkorelasikan satu karakter dengan gradient lingkungan atau dengan respons fungsional. Namun masalah akan muncul karena korelasi ini tidak menggambarkan hubungan penyebab dan akibat yang sebenarnya. Korelasi ini juga tidak menunjukkan galur mana yang mengendalikan korelasi. Selanjutnya adaptasi dapat diamati dengan membandingkan perbedaan individu dalam spesies pada suatu gradient lingkungan. Akan tetapi cara ini hanya memberikan bukti korelatif, sedangkan hubungan sebab akibat tidak dapat diberikan.

Tanggapan atau respon organisme dapat diuraikan dalam kategori yang berbeda mencakup; adaptasi morfologi, fisiologi, tingkah laku dan hubungan dalam komunitas. Bagaimana hewan merespons lingkungan yang selalu berubah ?

Adaptasi yang telah berkembang dalam jangka lama pada hewan berupa:

### 1. Kompensator *versus* regulator

Kompensator adalah organisme yang membiarkan lingkungan internal berubah rubah mengikuti perubahan lingkungan eksternal, namun mereka mampu mengkompensasi perubahan tersebut. Hewan kompensator umumnya menunjukkan kondisi internal seperti suhu (poikilotermis), tekanan osmosis, kadar air tubuh, yang bervariasi luas yang menyebabkan bertahan hidup. Akan tetapi fungsi fisiologis barangkali tidak optimal pada seluruh yang dapat ditoleransi.

Hewan regulator mempertahankan lingkungan internalnya seperti suhu, tekanan osmosis cairan tubuh dan plasma, dalam kisaran sempit, dalam menghadapi kondisi eksternal yang berubah rubah. Organisme regulator umumnya menunjukkan dan mentoleransi hanya kondisi sempit kondisi internal agar fungsi faal tubuh mampu bertahan. Fungsi akan optimal atau mendekati optimal pada kisaran sempit tersebut.

### 2. Toleransi dan Resistensi.

Penyesuaian merupakan jumlah perubahan pada lingkungan internal, yang disebabkan oleh perubahan eksternal, sehingga organisme dapat bertahan. Resistensi merupakan kondisi hewan dapat bertahan, setelah toleransi dilampaui, tetapi akan berujung pada ketidakmampuan dan akhirnya mati.

### 3. Plastisitas fenotifik dan Fleksibilitas Fenotifik.

Plastisitas fenotifik merupakan perkembangan ke arah perbaikan suatu sifat fisik luar (fenotifik) organisme yang berasal dari sifat turunan (genotifik) selama perubahan kondisi lingkungan. Perbedaan kondisi sekitar selama perkembangan hewan mengakibatkan perbaikan sifat luar dari sifat hereditas yang sama.

Fleksibilitas fenotifik merupakan penyesuaian fisiologis dalam suatu individu dewasa dalam merespon variasi kondisi lingkungan.

Dalam hal ini aklimatisasi, yakni perubahan yang terjadi pada lingkungan yang dapat menghasilkan perubahan dalam fisiologi hewan, akan turut terlibat. Demikian juga aklimasi dilakukan pada skala laboratorium, yakni ekuivalen dari aklimatisasi, dimana hewan dihadapkan pada kondisi tertentu yang dapat menstimulasi perubahan fisiologik atau karakter tertentu. Misalnya aklimasi pada suhu dingin akan memberikan kinerja lebih baik pada suhu dingin.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Eckert R., Randall D., Augustine G., 1988. *Animal Physiology, Mechanism and Adaptations*. WH Freeman and Company New York. Third Edition
2. Mann KH and JRN Lazier., 1991 *Dynamic of marine Ecosystems. Biological-Physical Interactions in the Oceans..*
3. Jorgensen SE and I Johnsen., 1989. *Principles of Environmental Science and Technology*.
4. Hylleberg J and H Riis Vestergaard., 1984 *Marine Environmentals; The Fate of Detritus*.
5. Longhurst AR and Daniel., 1985. *Ecology of Tropical Oceans*.
6. Nybakken JW, 1982. *Marine Biology. An Ecological Approach. Methods for the Study of Marine Benthos*. Edited by NA Holme and AD McIntyre. 1984.
7. Steve R and Dunham D W, 1983. *Studies in Adaptation. The Behaviour of Higher Crustacea*. Eds Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons
8. Fujaya Y, 2004. *Fisiologi Ikan, dasar pengembangan teknik perikanan*. Penerbit Rineka Cipta. 179 hal.
9. Marshall, WS and Grosell, M., 2006. Ion transport, osmoregulation, and acid-base balance. *In the Physiology of Fishes*, Evans, D.H., and Claiborne, J.B. (eds.). Taylor and Francis Group. 601 pp
10. Conides, AJ, Glamuzina B, and Papaconstantinou C, 2004. Laboratory simulation of the effects of environmental salinity on wild-caught juveniles of european sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead seabream, *Sparus aurata*
11. Kocher TD. 2005. Genome Sequence of a Cichlid Fish: the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proposal to the JGI Community Sequencing Program, February 25, 2005. 46 pp

12. Thorgaard, GH, Bailey, GS, Williams, D, Buhler, D. R., Kaattari, S. L., Ristow, S. S, Hansen, J. D., Winton, J. R., Bartholomew, J. L., Nagler, J. J., Walsh, P. J., Vijayan, M. M., Devlin, R. H., Hardy, R. W., Overturf, K. E., Young, W. P., Robison, B. D., Rexroad, C., Palti, Y. 2002. Status and opportunities for genomics research with rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 133 : 609–646
13. van Ginneken V ; Durif C; Balm SP.; Boot, R.; Versteegen, K. M.; Antonissen, E. And van den Thillart, G., 2006. Silvering of european eel (*Anguilla anguilla* L.): seasonal changes of morphological and metabolic parameters
14. Takeuchi K, Toyohara H, and Sakaguchi, M. 2000. Effect of hyper- and hypoosmotic stress on protein in cultured epidermal cell of common carp. *Fisheries Science* 66: 117-123.
15. Wilder, MN, Huong, DTH, Okuno, Atmomarsono M., Yang, WJ. 2001. Ouabain-sensitive Na/K-ATPase activity increases during embryogenesis in the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Fisheries Science* 67: 182-184.
16. Kaneko T, Shiraishi K, Kato F, Hasegawa, S., and Hiroi, J. 2002. Chloride cells during early life stages of fish and their functional differentiation. *Fisheries Science* 68: 1-9.
17. Mancera JM, McCormick, SD 1999. Influence of cortisol, growth hormone, insulin-like growth factor I and 3,30,5-triiodo-L-thyronine on hypoosmoregulatory ability in the euryhaline teleost *Fundulus heteroclitus*. *Fish Physiology and Biochemistry* 21: 25–33
18. Takeuchi I, Matsumasa M, and Kikuchi, S. 2003. Gill ultrastructure and salinity tolerance of *Caprella* spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the *Sargassum* community. *Fisheries Science* : 69 : 966–973.
19. Kaneko T, and Katoh F. 2004. Functional morphology of chloride cells in killifish *Fundulus heteroclitus*, a euryhaline teleost with seawater preference. *Fisheries Science*; 70 : 723–733

20. Lee KM, Kaneko T, and Aida K. 2005. Low-salinity tolerance of juvenile fugu *Takifugu rubripes*. *Fisheries Science*; 71: 1324–1331
21. Colt J 2006. Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering* 34 (2006) 143–156
22. Alan R L and Daniel P. 1985. *Ecology of Tropical Oceans*.
23. Holme NA and AD McIntyre. 1984. *Methods for the Study of Marine Benthos*. Edited by NA Holme and AD
24. Marshall WS and Grosell M 2006. Ion transport, osmoregulation, and acid-base balance. *In the Physiology of Fishes*, Evans, D.H., and Claiborne, J.B. (eds.). Taylor and Francis Group. 601 pp
25. Kocher, TD 2005. Genome Sequence of a Cichlid Fish: the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proposal to the JGI Community Sequencing Program, February 25, 2005. 46 pp
26. Shiraishi, K., Katoh, F., Hasegawa, S., and Hiroi, J. 2002. Chloride cells during early life stages of fish and their functional differentiation. *Fisheries Science* 68: 1-9.
27. Takeuchi, I, Matsumasa, M, and Kikuchi, S. 2003. Gill ultrastructure and salinity tolerance of *Caprella* spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the *Sargassum* community. *Fisheries Science* : 69 : 966–973.
28. Prosser CL 1991. *Environmental And Metabolic Animal Physiology.: Comparative Animal Physiology*, Forth Edition. John Wiley & Sons Inc. New York, Chichester, Brisbane. Toronto.Singapura.
29. Ciba Foundation Symposium 160, 1991. *Regeneration of Vertebrate Sensory Receptor Cells*. John Wiley & Sons. New York.
30. Jobling M 1995. *Environmental Biology of Fishes*. Fish and Fisheries Series 16. Chapman & Hall
31. Heath AG 1987. *Water Pollution And Fish Physiology*. CRC Press. Boca Raton, Ann Arbor, Boston.

32. Rankin JS and FB Jensen 1993. Fish Ecophysiology. Chapman & Hall. London, Tokyo, New York.
33. Abel PD and V Axiak 1991. Ecotoxicology and The Marine Environment. Ellis Horwood Limited. England.
34. Kramer KJM 1994. Biomonitoring of Coastal Waters and Estuaries. CRC Press. Boca Raton, London, Tolyo.
35. Peters, EC 1995. Ecotoxicology of Coral Reefs and Adjacent Ecosystems. EVS Environment Consultants Ltd. Vancouvers Canada.
36. Abel PD 1989. Water Pollution Biology. Ellis Horwood Limited. England.
37. UNESCO 1989. Ecological Knowledge in Perspective: Social-Philosophical Problems. Nauca Publishers.
38. Bliss DE. 1985. The Biology of Crustacea. Volume 9: Integument, Pigments, and Hormonal Processes. Eds by Bliss DE and Linda HM. Academic Press Inc. New York, London.

# CURRICULUM VITAE

## 1. Data Pribadi

Nama : Prof DR Ir Yusni Ikhwan Siregar MSc Dipl MS  
NIP : 195707071984011001  
Tempat Tgl Lahir : Sipirok 7 Juli 1957  
Agama : Islam  
Alamat Rumah : Jalan Lumba :umba No 18 Tangkerang, PKU  
Pekerjaan : Dosen Jurusan Ilmu Kelautan UNRI  
Pangkat/Gol : Pembina Tkt I/Ivb  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Status : Menikah  
Nama Istri : Dra Henny Irawati  
Anak anak : (1) Indi Esha, Lahir 26 Juni 1991, Mhs  
Kedokteran UNRI,(2) Dinda Danisha , Lahir  
31 Juli 1994, Siswi SMAN 9 Pekanbaru.  
No Telepon : 0811753854, Rumah (761)24934

## 2. Riwayat Pendidikan

- a. Sekolah Dasar : SD Negeri No 6 Paran Padang, Sipirok Tapsel
- b. SLTP : SMPN 1 Sipirok, TAPSEL
- c. SLTA : SMAN Sipirok, TAPSEL
- d. Perguruan Tinggi  
Sarjana Muda : BSc dalam Budidaya Perikanan UNRI (1979)

- Sarjana : Ir Budidaya Perikanan, IPB Bogor (1982)
- Pascasarjana : MSc dalam Aquaculture, Auburn University USA (1989)
- Diploma : Diploma Marine Science, Arhus University Denmark (1992)
- S3 : PhD in Science, Departemen of Biology-Zophysiology Arhus University Denmark (1994)

### **e. Kursus Pelatihan**

- 1992 Training Marine Biology, Tjarno Marine Biological Station, Swedia
- 1993 Training Experimental Marine Biology, Ronbjerg Marine Station, Denmark.
- 1994 Short Course on Marine Environmental Management. Marine Science Education Project. Local Project Implementation Unit Riau
- 1995 Training on Integrated Coastal Zone Management, Rosential School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, USA
- 1996 Diving Certificate. Scuba Diver 3, 1 Star Diver CMAS. Indonesian Scubaquatic Sport Association (POSSI).

### **3. Pengalaman Kerja Struktural:**

- (1995-1998) Kepala Pusat Kajian Kawasan Pantai dan Perairan (PK2P2), Lembaga Penelitian UNRI
- (1998-2003) Ketua Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNRI
- (1998-2005) Kepala Laboratorium Marikultur. Stasiun Kelautan Dumai, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNRI

#### **4. Pengalaman Kerja Mengajar:**

- (1982-1984) Mengampu Mata Kuliah Budidaya Perikanan di Jurusan Budidaya Perairan UNRI
- (1982-1985) Mengasuh Mata Kuliah Nutrisi Ikan Budidaya Perikanan di Jurusan Budidaya Perairan UNRI
- (1982-1986) Mengasuh Mata Kuliah Penyakit Ikan Budidaya Perikanan di Jurusan Budidaya Perairan UNRI
- (1992-1994) Research Associate in Institute of Zoophysiology, Aarhus University, Denmark
- (1995-2004) Mengasuh Mata Kuliah Fisiologi Ikan Ekotoksikologi di Jurusan Ilmu Kelautan UNRI
- (2002-2003) Mengasuh Mata Kuliah Biologi Laut di Program Pasca Sarjana Jurusan Biologi Universitas Andalas Padang.
- (2002-2004) Mengasuh Mata Kuliah Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Terpadu di Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNRI
- (2004-2005) Mengasuh Mata Kuliah Konservasi dan Lingkungan Hidup di Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNRI
- (1999-2004) Instruktur Modul Tata Ruang dalam Kursus AMDAL A pada PPLH Universitas Riau
- (2003-2004) Instruktur Modul Pelatihan Perencanaan Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir pada Proyek MCRMP Propinsi Riau
- (2003-2005) Instruktur Modul Pelatihan Perencanaan Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir pada Proyek MCRMP Propinsi Riau
- (2003-2005) Instruktur Modul Pelatihan Perencanaan Strategis Pengelolaan Wilayah Pesisir pada Proyek MCRMP Kabupaten INHIL Riau

- (2003-2005) Instruktur Modul Pelatihan Perencanaan Strategis; Pengelolaan Wilayah Pesisir pada Proyek MCRMP Propinsi Riau
- (2004-2005) Instruktur Modul Pelatihan Perencanaan Zonasi Wilayah Pesisir dan Laut pada Proyek MCRMP Propinsi Riau
- (2004-2010) Mangajar MK Konservasi SDA dan Lingkungan Pada Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNRI
- (2008-2010) Mangajar MK Statistik Lingkungan Pada Program Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UNRI

#### 5. Pengalaman Kerja Sama :

- 1995 Survei Identifikasi Usaha Pertambakan Udang di Pesisir Indragiri Hilir PK2P2- LP UNRI. **(Team Leader)**
- 1995 Survey Kelayakan Budidaya Laut Terpadu Berwawasan Agribisnis di Kepulauan Riau. PK2P2- LP UNRI **(Team Leader)**
- 1995 Monitoring and Evaluation of the Effluent Management Unit (UKL) and Environmental Management Plan (RPL) of Exploitation and Production Area of PT Caltex Pasific Indonesia in Riau. Research Institute, University of Riau. **(Coordinator Team of Biological Aspect)**
- 1995 Study Biological, Physical and Chemical Environment Baseline Data of Indragiri River PK2P2- LP UNRI **(Team Leader)**
- 1996 Study Biological, Physical and Chemical Environment Baseline Data of Rokan River. PK2P2- LP UNRI **(Team Member)**
- 1996 Identifikasi dan Studi Kelayakan Usaha Pertambakan

- 1996      Udang di Kabupaten Bengkalis. PK2P2- LP UNRI  
**(Team Leader)**
- 1996      Identifikasi dan Studi Kelayakan Usaha Pertambakan  
Udang di Kabupaten Kampar. PK2P2- LP UNRI. PK2P2-  
LP UNRI **(Team Leader)**
- 1997      An Environment Study of The Nias Block PSC  
Offshore Oil Exploratory Area of CPI PK2P2- LP UNRI  
**(Principle Invetigator)**
- 1997      An Environment Study of The Sibolga Block PSC  
Offshore Oil Exploratory Area of CPI, PK2P2- LP UNRI  
**(Field Coordinator)**
- 1997      Evaluasi Terumbu Karang buatan (Artificial Reefs)  
di Kecamatan Senayang, Riau. PK2P2- LP UNRI .  
**(Team Leader)**
- 1997      Studi Kelayakan Detail Disain Usaha Tambak Inti  
Rakyat untuk Transmigrasi dan Non Transmigrasi di  
Pesisir Indragiri Hilir. PK2P2- LP UNRI. **(Team  
Leader)**
- 1997      Studi Ditail Disain Tambak Inti Rakyat untuk  
Transmigrasi di Indragiri Hilir Riau. **(Team Leader)**
- 1997      Studi Kelayakan Detail Disain Usaha Tambak Inti  
Rakyat untuk Transmigrasi dan Non Transmigrasi di  
Kabupaten Bengkalis. PK2P2- LP UNRI. **(Team  
Leader)**
- 1997      Survei Prospek Pemngembangan Budidaya Kolam Air  
Tawar di Kabupaten Bengkalis. PK2P2- LP UNRI.  
**(Team Leader)**
- 1997      Review Studi Lokasi Pengembangan Agribisnis  
Budidaya Rumput Laut di Kepulauan Riau. PPLH UNRI  
**(Team Member)**
- 2000      Pemetaan Jalur Penangkapan Ikan di KSP Perikanan

- Bengkalis Tebing Tinggi. PPLH UNRI (**Team Member**)
- 2000 Studi Pengembangan Penangkapan Ikan di Wilayah Perairan Laut Cina Selatan dan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia. Faperika UNRI (**Team Leader**).
- 2000 Community Based Management, di Kepulauan Riau Proyek COREMAP I – Faperika UNRI (**Technical Assistance**)
- 2001 Analisis Kondisi Ekologis Perairan Pantai Utara Bengkalis. Co-FISH dan Faperika UNRI (**Team Member**)
- 2002 Studi Baseline Data Ekosistem Pesisir Pulau Tiga Kabupaten Natuna, Riau. PKSP UNRI (**Team Member**).
- 2003 Studi Identifikasi dan Kelayakan Usaha Pertambakan Udang di Pasir Kec. Limau Kapas Rokan Hilir, Riau. PKSP UNRI (**Team Member**)
- 2003 Special Assistant for Project Sustainability (SAPS) of PLTA Koto Panjang Hidro Electric Power Plant JBIC. (**Field and Seminar Fasilitator**).
- 2003-2005 Marine and Coastal Resources Management Project. Komponen A DKP- ACIL Inc. (**Resources Planner**).
- 2005 Proyek Inventrisasi Penggunaan Lahan Perkebunan Kehutanan Propinsi Riau-Tahun 2005 Seluas 300.000 Hektar. PT Multicipta Rancana Selaras (**Tim Analisis dan Rekomendasi**)
- 2006 Penyusunan Neraca Sumberdaya Alam Daerah Riau BAPPEDA Riau. (**Team Leader**)
- 2006 Penyusunan Standar Pelayanan Minimum Bidang Perencanaan dan Pengendalian Pembangunan Kota Dumai (**Team Leader**)

- 2007 Inventrasisasi Penggunaan Lahan Perkebunan Kehutanan Propinsi Riau-Tahun 2006 Seluas 250.000 Hektar. PT Multicipta Rancana Selaras (Tim Analisis dan Rekomendasi)
- 2007 AMDAL Tambang Timah PT Eunindo Karimun(Kordinator Aspek Biologi).
- 2007 Penyusunan Kawasan Lindung Laut Daerah (KKLD) Batam, Coremap (Team Leader)
- 2007 Penyusunan Kawasan Lindung Laut Daerah (KKLD) Nias, Coremap (Team Leader)
- 2008 Penyusunan Master Plan Perikanan Kab Kampar Riau.
- 2008 Studi Kelayakan Pengembangan Keramba Jaring Tancap dan Rumput Laut Di Wilayah Coremap Kabupaten Natuna.
- 2009 Penyusunan Status Lingkungan Hidup Daerah (SLHD) Pelalawan
- 2010 Perencanaan nKegiatan Penanaman Mangrove di Pesisir Kabupaten Meranti

## 6. Karya Ilmiah dan Publikasi

1. Review Lokasi Pengembangan Agribisnis Budidaya Rumput laut di Kabupaten kepulauan Riau(Penulis Utama). 2002
2. Gut Content Analysis of Cyprinid Fish "Motan" (*Thynnichthys polypelis* CV) in Koto Panjang Water Electric Plan (PLTA) Reservoir (Penulis Kedua).2003
3. Pengaruh Pengoperasian Gombang Terhadap Komunitas Ikan dan Udang di Selat Bengkalis (Penulis Ketiga). 2004
4. Identification of Species of Harmful Algal Bloom in Malacca Strait (Penulis Utama). 2005
5. Effect of Trap Net Fishing on The Community Structure of Fishes

- and Shrimps in Bengkalis Straits Water (Penulis Ketiga). 2005
6. Habitat dan Kebiasaan Makan Ikan Pantau (*Rasbora lateristriata*) (Penulis Kedua). 2006
  7. Masyarakat Duano INHIL melakukan Penanaman Bakau di Consong Luar. Newsletter Pesisir Indonesia. MSRMP 2006
  8. Kajian Bioakumulasi Kadmium Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dengan Aplikasi Tehnik Nuklir. 2007
  9. Faktor Konsentrasi dan Kondisi Tunak Radioaktif Perunut  $^{109}\text{Cd}$  Pada Kerang Hijau. (Penulis Utama) 2010
  10. Bioakumulasi Kadmium Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) Dengan Aplikasi Perunut Radioaktif. (Penulis Utama) 2010
  11. Imunisasi Jambal Siam (*Pangasius hypophthalmus*) Dengan Vaksin *Ichthyophthirius multifiliis* (Penulis Kedua) 2009
  12. Pembuatan Sel Vaksin Sel Utuh Antigen *Ichthyophthirius multifiliis*. LEMLIT UNRI (Penulis Kedua). 2009
  13. Uji Patogenitas *Ichthyophthirius multifiliis* stadia theron yang telah dipertahankan secara *in vitro* pada benih ikan bawal. (Penulis Kedua). 2009
  14. Pengaruh Vitamin C Terhadap Peningkatan Hemoglobin (Hb) Darah Dan Kelulushidupan Benih Ikan Kerapu Bebek (*Cromileptes altivelis*). (Penulis Utama). 2009
  15. Ekotoksikologi Ekosistem Akuatik. Minamandiri Press 2009
  16. Fisiologi Hewan Akuatik : Variasi Morfologi dan Adaptasi Lingkungan. Minamandiri Press 2009
  17. Budidaya Ikan Dalam Keramba. FKMM Pelalawan 2009.
  18. Pembelajaran Pengelolaan Pesisir dan Laut, Bengkalis; Harapan dan Tantangan Nautna. 2009
  19. Pengelolaan Lingkungan Pesisir dan Laut Upaya Pemanfaatan Yang Berkelanjutan. Coremap Natuna 2009.
  20. Pengelolaan Lingkungan Pesisir dan Laut: Ekosistem Produktif Terumbu Karang. Coremap Natuna. 2009.

## **7. Seminar/Simposium/Konferensi**

- 2010 Seminar Lingkungan. Ancaman Keanekagaman Hayati Lahan Basah. Hotel Jatra Pekanbaru. 3 Juli 2010
- 2009 Seminar Nasional Optimalisasi Pembangunan Pertanian, Badan Pertimbangan Presiden, Hotel Pengeran Pekanbaru.
- 2009 Seminar Nasional Moluska II. IPB International Convention Centre Bogor.
- 2008 Seminar Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam Riau.
- 2007 Seminar Nasional Moluska I, Moluska dalam Perpektif Konservasi dan Pemanfaatan, Semarang.
- 2007 Seminar Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Propinsi Riau, Hotel Pangeran Pekanbaru 4 Juni 2007.
- 2007 Seminar Prospek dan Tantangan Penerapan Instrumen Ekonomi Dalam Pengelolaan Sumberdaya Air, Pekanbaru 12 Juli 2007.
- 2007 Seminar Membangun Keterpaduan Dalam Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. FORDAS Riau, Hotel IBIS Pekanbaru Indonesia.
- 2006 Seminar Pengelolaan Wetland Riau. Program Pasca Sarjana UNRI-UI. Hotel Aryaduta Pekanbaru, Indonesia.
- 2005 International Workshop on Eco-Friendly Fish Feeding and Sustainable Fisheries. JSPS Univeristy of Riau. Pekanbaru Riau Indonesia.
- 2004 Lokakarya Pengelolaan Teluk dan Reklamasi Wilayah Pesisir, Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonsesia, Jakarta.
- 2004 Kongres Ahli Pesisir Indonesia, Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonsesia, Jakarta.
- 2003 Seminar Energi dan Sumberdaya Alam ESDAL. BPPT Jakarta.

- 2002 Seminar Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Lingkungan Hidup Provinsi Riau. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Riau. Tanjung Pinang.
- 1994 International Polychaete Conference. Laboratorium of Animal ecology, Angier France
- 1993 International Symposium on Coastal Eutrophication, Helsingor Denmark.

**8. Kunjungan ke Negara Untuk Visit, Kursus , Seminar, Konferensi.**

1. USA (1987-1989) : Program Master in Aquaculture. Visit State of New York, Ohio, Pensilvania, New Jersey, Kentucky, Maryland, Virginia, North Caroline, South Caroline, Georgia, Alabama, Tennese, Mississippi, Lousiana, Texas, California, Nevada, Washington DC, Washington State, Minnosetta.
2. JAPAN. Sight Seeing In Tokyo (1987).
3. HONGKONG. City Tour in Hongkong (1987)
4. CANADA. Visit to Niagara Fall 1988.
5. DENMARK (1990-1994): Diploma Marine Science dan PhD Program.
6. CEKOSLOWAKIA. Visit and City Tour in Praha (1990)
7. SOVIET RUSIA. City Tour In Moskwa (1990)
8. INDIA. City Tour New Delhi (1990)
9. THAILAND. City Tour in Bangkok (1990).
10. ITALIA. Visit and City Tour in Roma(1991)
11. ARAB SAUDI. Visit and City Tour in Abudhabi (1991)
12. NEDERLAND. Visit To Amsterdam, Rotterdam. 1992
13. BELGIUM. Visit to Brussel EF Administration Centre. 1992.
14. LUXEMBURG. City Tour (1992)

15. SWEDIA, Carno marine Laboratory (1992); Training Marine Experimental Biology.
16. NORWEGIA. Visit to IFS Foundation in OSLO. 1993
17. JERMAN, Visit Marine Science Laboratory Kiel. (Comparative Study). 1992.City Tour in Hamburg (1993).
18. PERANCIS. International Polychaete Conference. Angier. 1992.
19. PERANCIS. Paris City Tour and visit Eifel Tower, La Piramide, Notre Dam, Versailles. (1992)
20. USA. Training Course Integrated Coastal Management, Rosential Marine And Atmospheric Science, Miami Florida. (1995).
21. USA. Lab Visit and Study Tour in Harbor Branch Marine Laboratory. Florida(1995).
22. Malaysia. Study Tour in Malaka, Kuala Lumpur. (2008).
23. Singapura. City Tour in Singapura (2008).

## **9. Penghargaan**

1. Juara Umum Kenaikan Kelas 1 SMPN Sipirok 1970.
2. Juara Umum Kelas 2 SMPN Sipirok 1971
3. Juara 1 Kenaikan Kelas III SMAN Sipirok. 1974.
4. Juara 1 Smester I Kelas III SMAN Sipirok. 1975.
5. Beasiswa Tunjangan Ikatan Dinas DEPDIKNAS 1976-1982.
6. Mahasiswa Teladan I Fakultas Perikanan UNRI. 1978
7. Dosen Teladan I Fakultas Perikanan UNRI 1995.
8. IFS Grant 1994.
9. IFS Grant 1995.

## **10.Organisasi**

1. Ikatan Sarjana Oceanologi Indonesia (ISOI). *Ketua IV (2000-2002)*
2. Dewan Riset Daerah (DRD) Riau, *Anggota (2002)*

3. Masyarakat Akuakultur Indonesia (MAI), *Anggota (2004)*
4. Ikatan Ahli Pesisir Indonesia, *Anggota (2005)*
5. Himpunan Ahli Perencana Pesisir Indonesia (2009)