

Potensi dampak pemanasan global terhadap reproduksi crustacea: suatu tinjauan kepustakaan ringkas

The potential effects of global warming on the reproduction of crustacea: a mini review

Neri Kautsari^{1*}

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Samawa. Jl. Raya Sering, Unter Iwes, Sumbawa. *Email korespondensi: nerikautsari040185@gmail.com

Abstract. *The aims of the present paper were to evaluate the potential impacts of climate change on reproduction of crustacea. Climate change has given an impact on water quality, especially temperature changes and pH reduction. The increase in temperature due to climate change was expected affect on reproductive of crustacea including the sex ratio atio, reproductive cycle, gametogenesis and increased enhancement effects of pesticides that can interfere with reproduction of Crustacea. This paper provides the impact of climate changes on the productive of crustacea the important aquauatic organism on the food chains.*

Keywords: *Global warming; Crustacea; Reproduction; Temperature*

Abstrak. Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji potensi dampak pemanasan global terhadap reproduksi crustacea. Pemanasan global telah memberikan dampak terhadap perubahan fisika kimia perairan terutama suhu. Peningkatan suhu akibat terjadinya perubahan iklim diduga dapat memepengaruhi reproduksi crustacea termasuk diantaranya adalah rasio jantan betina, siklus reproduksi, gametogenesis dan peningkatan peningkatan efek pestisida yang dapat mengganggu reproduksi crustacea. Paper ini menyajikan beberapa hasil penelitian yang terkait dengan dampak perubahan iklim terhadap komunitas crustacea sebagai elemen penting dalam jaringan makanan di perairan

Kata kunci : Pemanasan global; Crustacea; Reproduksi; Suhu

Pendahuluan

Kegiatan manusia sejak akhir abad ke-18 telah mengubah komposisi atmosfer yang menyebabkan terjadinya pemanasan atau peningkatan suhu bumi secara cepat. Laju pemanasan global diperkirakan telah meningkat dalam satu dekade terakhir (Trenberth *et al.*, 2007). Peningkatan suhu yang disebabkan oleh pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan iklim regional dan dunia, hal ini berdampak pada ekosistem darat maupun ekosistem perairan.

Kajian dampak pemanasan global terhadap ekosistem perairan telah banyak dilakukan baik terhadap fisika kimia perairan maupun proses biologis organisme perairan. Sabine *et al.* (2004) menyatakan bahwa 30% dari kelebihan karbon dioksida (CO₂) yang dilepaskan ke atmosfer telah diserap oleh laut dan menyebabkan perubahan kualitas fisika kimia air laut. Peningkatan jumlah CO₂ dalam lautan menurunkan pH laut dan mengurangi ketersediaan ion karbonat yang digunakan oleh organisme untuk membentuk cangkang dan kerangka (Kleypas *et al.*, 1999, 2006; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007). Derajat keasaman (pH) laut global diperkirakan telah turun 0,1 dan diperkirakan akan turun 0,3-0,4 unit pada akhir abad ini (Royal Society, 2005).

Perubahan fisika kimia perairan akan berdampak pada proses biologis organisme akuatik termasuk pertumbuhan dan reproduksi. Lawrence dan Soame (2004) menyatakan bahwa pemanasan global menyebabkan pergeseran fase antara suhu dan lama penyinaran sehingga berdampak pada aspek reproduksi termasuk perubahan dalam rasio jenis kelamin, periode gametogenesis, pemijahan, fekunditas yang akhirnya berdampak pada kelangsungan hidup larva invertebrata yang ada di perairan.

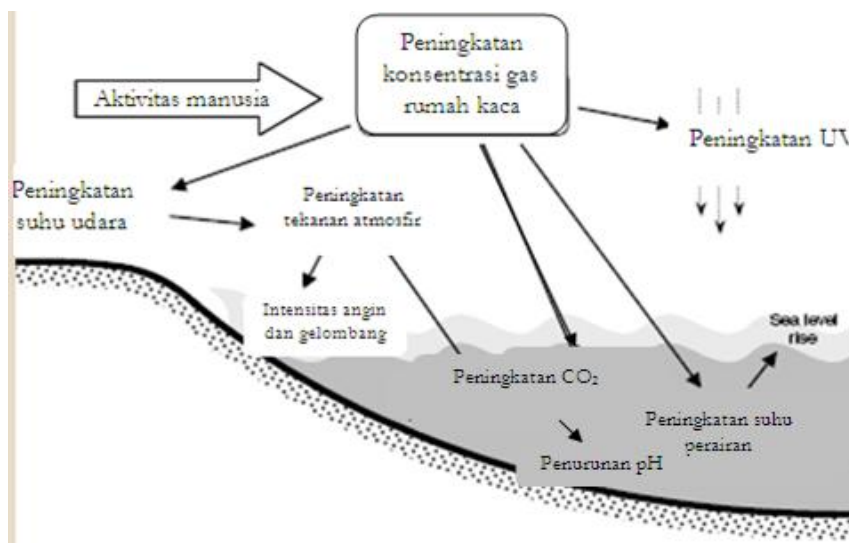
Crustacea yang merupakan salah satu filum dari invertebrata laut, diduga terkena dampak dari pemanasan global yang terjadi, baik langsung maupun tidak langsung. Reproduksi crustacea secara umum dipengaruhi oleh suhu perairan. Oleh karena itu paper ini membahas bagaimana pengaruh pemanasan global terhadap reproduksi crustacea secara umum.

Dampak Pemanasan Global terhadap Fisika Kimia Lingkungan Perairan

Beberapa pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan suhu ekosistem perairan yang disebabkan oleh pemanasan global (IPCC, 2007). Brohan *et al.* (2006) menyatakan bahwa perubahan iklim dunia merupakan

fenomena yang dapat meningkatkan suhu bumi dan hal ini berdampak pada ekosistem yang ada di dunia, termasuk ekosistem perairan. Selama tahun 1871-2007, suhu laut dunia rata-rata meningkat 0,70 °C dengan rata-rata peningkatan 0,05 °C/dekade. Penelitian lain mengatakan bahwa suhu perairan telah meningkat sebesar 0,6 °C selama 100 tahun terakhir ini. Selain mempengaruhi suhu perairan, beberapa penelitian juga mengungkapkan bahwa perubahan iklim menjadi salah satu faktor yang dapat meningkatkan pengaruh antropogenik dan penurunan nilai pH perairan (Walther *et al.*, 2002; Parmesan, 2006), hal ini disebabkan karena adanya penyerapan CO₂ di perairan yang memberikan dampak pada penurunan pH perairan. Hal ini diperkuat oleh Hoegh-Guldberg *et al.* (2007), bahwa penyerapan CO₂ di perairan telah menurunkan nilai pH perairan sebanyak 0,02 unit per dekade. Penurunan nilai pH perairan secara tidak langsung memberikan dampak terhadap proses fisiologi organisme perairan.

Selain berdampak pada penurunan nilai pH perairan, penipisan lapisan ozon karena peningkatan konsentrasi karbondioksida (CO₂) juga akan meningkatkan radiasi sinar ultraviolet pada permukaan bumi yang akan berdampak negatif pada larva invertebrata dan alga (Hoffman *et al.*, 2003; Peachey, 2005). Adapun gambaran dari mekanisme dan pengaruh *global warming* terhadap kualitas perairan adalah seperti yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme perubahan iklim terhadap Fisika kimia Perairan (Harley *et al.*, 2006)

Dampak Peningkatan Suhu Perairan terhadap Reproduksi Crustasea

Pemanasan global dapat menyebabkan peningkatan suhu perairan dan pasang surut dari air laut. Fernandez *et al.* (2011) menyatakan bahwa peningkatan suhu yang disebabkan oleh pemanasan global juga akan berpengaruh terhadap proses kematangan gonad hewan akuatik (Lawrence dan Soame, 2004; Kurihara, 2008; Alexander dan Golubova, 2000)., termasuk pada komunitas zooplankton dan secara tidak langsung berdampak pada tingkat tropik di perairan. Zooplankton yang termasuk dalam golongan crustacea merupakan organisme yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan termasuk perubahan suhu perairan (Hall dan Burn, 2001). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hall dan Burn (2001) menunjukkan bahwa organisme betina *Tigriopus brevicornis* memiliki waktu yang panjang dalam bertahan hidup pada peningkatan suhu dibandingkan dengan organisme jantan. Inatsuchi *et al.* (2009) menambahkan bahwa pada zooplankton yang bersifat hermaphrodit protandri, peningkatan suhu akan mempercepat kematangan gonad terutama pada jaringan ovarium sehingga organisme akan lebih cepat menjadi betina, namun jika suhu dari perubahan iklim mengakibatkan perubahan suhu yang sangat ekstrim, diduga akan menghambat kematangan gonad pada crustacea sehingga proses pergantian jenis kelamin dari jantan menjadi betina akan terhambat.

Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan suhu dari pemanasan global dapat mempengaruhi rasio jenis kelamin zooplankton yang ada di suatu perairan. Berkurangnya jumlah organisme jantan dan berubahnya rasio jantan betina secara tidak langsung akan mempengaruhi keberhasilan pembuahan pada organisme yang akhirnya akan berdampak pada penurunan jumlah populasi zooplankton tersebut dan pada akhirnya akan menyebabkan penurunan produksi perikanan secara umum.

Lebih lanjut Alpuche *et al.* (2005) menambahkan bahwa pada udang, suhu merupakan faktor yang berperan dalam perkembangan ovarium namun kurang mempengaruhi kualitas sperma. Murugan (2006) menyatakan bahwa kematangan gonad organisme daerah tropis berjalan lebih cepat dibandingkan daerah subtropis. Hal ini diduga karena suhu rata-rata tiap tahun perairan di daerah tropis lebih tinggi dibandingkan

daerah subtropis. Penelitian Ismail *et al.* (2011) menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat mempercepat kematangan gonad pada beberapa zooplankton, namun perkembangan telur Cladocera menurun secara signifikan pada suhu 16°C sampai suhu 25°C. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Chen dan Carol (2002) yang melakukan penelitian mengenai reproduksi Cladocera menunjukkan bahwa kelulushidupan dan perkembangan reproduksi *Epischura lacustris* meningkat pada suhu 15°C dan menurun secara nyata dengan meningkatnya suhu. Hal ini juga terjadi pada *Daphnia* sp. yang perkembangan reproduksinya memerlukan waktu yang singkat pada suhu 25 °C dan lambat dengan adanya peningkatan suhu menjadi 30°C. Penelitian dari Taylor dan Gabriel (1992), menunjukkan bahwa ukuran tubuh Cladocera di daerah tropis selalu lebih kecil dibandingkan yang berada di daerah subtropis, hal ini disebabkan karena energi dialokasikan untuk reproduksi daripada pertumbuhan somatik. Selain mempercepat kematangan gonad, peningkatan suhu juga mempercepat perkembangan telur dan mempersingkat siklus reproduksi (Ismail *et al.*, 2011). Akibatnya, spesies yang hidup pada suhu yang relatif tinggi lebih cepat dewasa dibandingkan dengan organisme yang hidup di perairan yang memiliki suhu rendah (Sarma *et al.*, 2005).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pradana *et al.* (2009) menunjukkan bahwa suhu berpengaruh nyata terhadap penetasan telur *Daphnia magna*. Derajat penetasan telur *D. magna* lebih tinggi pada suhu 25 °C dibandingkan pada suhu 27°C-29°C. Pada daerah subtropis, suhu pada awal musim panas yaitu 15 °C akan menstimulasi perkembangan telur. Pada suhu yang hangat pada awal musim semi memberi dampak negatif terhadap *E. lacustris*, karena produksi maksimum telurnya terjadi pada suhu yang dingin.

Perubahan Iklim terhadap Peningkatan Efek Pestisida dan Gangguan Reproduksi

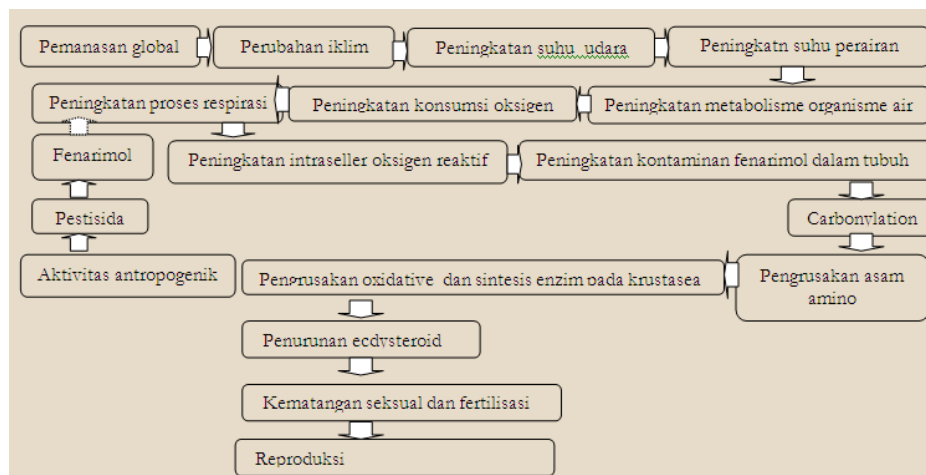
Peningkatan suhu dapat meningkatkan kerentanan crustacea dalam kontaminasi pestisida. Hal ini dikarenakan dengan adanya peningkatan suhu, dapat meningkatkan metabolisme dan konsumsi oksigen sehingga air yang telah terkontaminasi polutan termasuk dalam hal ini adalah pestisida dapat mudah masuk ke dalam tubuh organisme melalui proses respirasi (Jacobson *et al.*, 2008). Peningkatan penggunaan pestisida yang berlebihan dalam dekade terakhir ini memberikan pengaruh terhadap efek toksikologi dan lingkungan. Pestisida dari lahan pertanian pada akhirnya akan masuk ke perairan akibat pencucian oleh hujan.

Salah satu senyawa yang terkandung dalam pestisida adalah fenarimol. Fenarimol merupakan 2,4'-dichloro- α -(pyrimidin-5-yl) fungisida benzhydryl alkohol dan merupakan penghalang steroid demethylation (Ari dan Dere, 2010). Fenarimol biasanya dihasilkan dari kegiatan hortikultura dan kegiatan pertanian buah, sayur dan gandum. Peningkatan pencemaran dari fenarimol (α -(2-chlorophenyl)- β -(4-chlorophenyl)-5-pyrimidinemethanol) yang masuk ke perairan memberikan dampak negatif terhadap organisme perairan Jacobson *et al.* (2008) melaporkan bahwa fenarimol dapat merusak sintesis ecdysteroid pada arthropoda. Kontaminasi fenarimol yang masuk ke dalam sistem fisiologis organisme diketahui dapat menghalangi sitokrom enzim dan diduduga dapat mengganggu sintesis ecdysone. Mu dan Gerald (2002) menunjukkan bahwa fenarimol bertindak sebagai anti ecdysteroid. Ecdysteroid merupakan derivat kolesterol yang mengontrol proses molting dan reproduksi pada insekta dan krustacea (Jacobson *et al.*, 2008). Fenarimol yang berukuran 4 μ m dapat merusak reproduksi dan embryogenesis pada cladocera *Daphnia magna* (Mu dan Gerald, 2002) dan pada ukuran 2 μ M menurunkan frekuensi fertilisasi dan kemampuan organisme jantan untuk melakukan fertilisasi pada betina *Monoporeia affinis* (Jacobson dan Sundelin, 2006).

Mekanisme dampak peningkatan suhu dan fenarimol terhadap gangguan reproduksi ialah terjadi melalui beberapa tahapan yaitu fenarimol yang terkontaminasi dalam perairan akan diserap lebih banyak oleh organisme perairan seiring dengan peningkatan suhu dan metabolisme. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan metabolisme sehingga proses respirasi meningkat. Melalui proses respirasi, fenarimol akan diserap lebih efektif oleh organisme perairan (Jacobson *et al.*, 2008). Fenarimol diketahui memiliki dampak pada reproduksi, teratogenik dan onco-genik pada binatang. Hal ini karena fenarimol menghambat aktivitas aromatase yang dapat menyebabkan infertilitas pada tikus jantan (Ari dan Dere, 2010). Adapun mekanisme pengaruh pemanasan global terhadap aktivitas pestisida dan dampaknya terhadap reproduksi disajikan pada Gambar 2.

Ecdysteroid yang diduga bertindak sebagai feromon pada krustacea akan menurun dengan peningkatan suhu (Tomaschko, 1999). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Jacobson *et al.* (2008) menunjukkan bahwa ecdysteroid menurun ketika adanya kontaminasi fenarimol pada *M. affinis*. Dimana ketika ecdysteroid terdapat pada saat molting, mempengaruhi kematangan seksual dan tingkah laku pemijahan (Subramoniam, 2000). Penurunan ecdysteroid berdampak pada kesuksesan atau keberhasilan kematangan gonad. Ecdysteroid dianggap hormon utama dalam proses molting, beberapa penelitian mengindikasikan bahwa ecdysteroid merupakan faktor utama dalam pengaturan vitelogenesis, pematangan ovarium dan sintesis protein pada Dekapoda (Wongsawang *et al.*, 2005; Young *et al.*, 1993; Subramoniam, 2000; Brown *et al.*, 2009).

Peningkatan temperatur berdampak negatif pada pematangan seksual, frekuensi fertilisasi, fekunditas dan embryogenesis. Peningkatan temperatur berpengaruh terhadap metabolisme lipid dan oleh sebab itu memberikan dampak pada perkembangan gonad yang pada akhirnya mempengaruhi frekuensi fertilisasi.



Gambar 2. Mekanisme pemanasan global terhadap peningkatan efek pestisida dan reproduksi

Kesimpulan

Pemanasan global memberikan pengaruh terhadap peningkatan suhu perairan, penurunan pH perairan dan ketersediaan CO₂. Peningkatan suhu akan berpengaruh terhadap reproduksi crustacea terutama rasio kelamin, gametogenesis, perkembangan embrio dan siklus reproduksi crustacea. Pemanasan global juga berdampak pada peningkatan penyerapan senyawa pestida yang ada di dalam perairan dan secara tidak langsung dapat mempengaruhi reproduksi crustacea. Jika reproduksi crustacea di perairan terganggu maka akan turut mengganggu jaringan-jaring makanan di perairan dan pada akhirnya akan mengganggu produktifitas perikanan global.

Daftar Pustaka

- Alexander, S., E.G. Golubova. 2000. Climate change causes contrasting trends in reproductive performance of planktivorous and piscivorous alcids. *Journal of animal ecology*, 69: 248-262.
- Alpuche, J., A. Pereyra, C. Agundis. 2005. Respuestas bioquímicas de camarones marinos a factores ambientales. *Revista electrónica de veterinaria*, 6(5): 10.
- Ari, F., E. Dere. 2010. Effect of the sterol demethylation-inhibiting fungicide fenarimol on selected biochemical parameters in Ras. *Acta Veterinaria*, 60(1): 31-38.
- Brohan, P., J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett, P.D. Jones. 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850. *Journal of Geophysical Research*, 111:D12106
- Brown, M., D. Sieglaff, H. Rees. 2009. Gonadal ecdysteroidogenesis in Arthropoda: occurrence and regulation. *annu. Review of Entomology*, (54):105-125.
- Chen, Y.C., L.F. Carol. 2010. Ecophysiological responses to warming event by two sympatric zooplankton species. *Journal of Plankton*, (24)6: 579-589.
- Fernandez, M., H. Daniel, R. Ana. 2011. Analysis of the relationship between relative abundance of mature, impregnated females of *Pleoticus muelleri* (bate, 1888) (Crustacea, Decapoda) and environmental variables through statistical models. *Journal Aquatic Resource*, (39)1: 1-15.
- Hall, J.C., C.W. Burn. 2001. Effect salinity and temperature on survival and reproduction of *Boeckella hamata* (copepoda: calanoida) from a periodically Brackish Lake. *Journal of Plankton Research*, 23(1): 97-103.
- Harley, C.D.G., A. Randall, M.H. Kristin, M.G. Benjamin, J.B. Cascade, T.S. Carol, R.F. Laura, T. Lars. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecological*, 9(2):228-41.
- Hoegh-Guldberg, O., P.J. Mumby, A.J. Hooten, R.S. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C.D. Harvell, P.F. Sale, A.J. Edwards, K. Caldeira. 2007. Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318:1737-1742.
- Hoffman, J.R., L.J. Hansen, T. Klinger. 2003. Interactions between UV radiation and temperature limit inferences from single-factor experiments. *Journal Phycology*, (39):268-272.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change, Fourth Assessment Report, Climate Change 2007: Syntheses Report. UNEP, Gene`ve.
- Inatsuchi, A., Y. Shigeyuki, Y. Yoichi. 2009. Effect of temperature and food availability on growth and reproduction in the neustonic pedunculate barnacle *Lepas anserifera*. *Marine Biology*, 157: 899-905.

- Ismail, H.N., G.Q. Jian, S. Laurent. 2011. Regulation of life history in the brackish cladoceran, *Daphniopsis australis* (Sergeev and Williams, 1985) by temperature and salinity. *Journal of Plankton*, 23(5): 763-777.
- Jacobson T., B. Sundelin. 2006. Reproductive effects of the endocrine disruptor fenarimol on a baltic amphipod *Monoporeia affinis*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, (25):1126–1131.
- Jacobson, T., P. Andreas, S. Brita. 2008. Combined effect of temperature and a pesticide on the baltic amphipod *Monoporeia affinis*. *Aquatic Biology* (1): 269-279.
- Kleypas, J.A., R.W. Buddemeier, D. Archer, J.P. Gattuso, C. Langdon, B.N. Opdyke. 1999. Geochemical consequences of increased atmospheric carbon dioxide on coral reefs. *Science*, 284:118–120.
- Kleypas, J.A., R.A. Feely, V.J. Fabry, C. Langdon, C.L. Sabine, L.L. Robbins. 2006. Impacts of ocean acidification on coral reefs and other marine calcifiers: A Guide for Future Research. NSF, NOAA and the US Geological Survey, St Petersburg.
- Kurihara, H. 2008. Effects of CO₂-driven ocean acidification on the early developmental stages of invertebrates. *Marine ecology progress series*, 373: 275–284.
- Lawrence, A.J., J.M. Soame. 2004. The effects of climate change on the reproduction of coastal invertebrates. *Ibis*, 146: 29–39.
- Mu, X., A.L. Gerald. 2002. Environmental antiectysteroids alter embryo development in the crustacean *Daphnia magna*. *Journal of Experimental Zoology*, 292:287–292.
- Murugan, N. 2006. Egg production, development and growth in *Moina micrura* Kurz (1874) (Cladocera: Moinidae). *Freshwater Biology*, 5: 245–250.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37:637–669.
- Peachey, R.B.J. 2005. The synergism between hydrocarbon pollutants and uv radiation: a potential link between coastal pollution and larval mortality. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 315:103–114.
- Pradana, Y.C., S.R. Boedi, C. Yudi. 2009. Pengaruh suhu dan kepadatan *Ephippia* yang berbeda terhadap penetasan *Ephippia Daphnia magna*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 1(1):31-36.
- Royal Society. 2005. Ocean Acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. The Royal Society, London.
- Sabine, C.L., R.A. Feely, N. Gruber, R.M. Key, K. Lee, J.L. Bullister. 2004. The oceanic sink for anthropogenic CO₂. *Science*, 305:367–371.
- Sarma, S.S.S., S. Nandini, R.D. Gulati. 2005. Life history strategies of cladocerans: comparisons of tropical and temperate taxa. *Hydrobiologia*, 542:315–333.
- Subramoniam, T. 2000. Crustacean ecdysteroids in reproduction and embryogenesis. *Comparative Biochemistry and Physiology*, C (125): 135–156.
- Taylor, B.E., W. Gabriel. 1992. To Grow or not to grow: optimal resource allocation for *Daphnia*. *American Naturalist*, 139: 248–266.
- Tomaschko, K.H. 1999. Nongenomic effects of ecdysteroids. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 41:89–98.
- Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, T.A. Klein., D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick. 2007. *Observations: surface and atmospheric climate change*. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M Miller HL (eds) *Climate change 2007: the physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York, pp 234–336.
- Walther, G.R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T.J.C. Beebee. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416:389–395.
- Wongsawang, P., A. Phongdara, A. Chanumpai, W. Chotigeat. 2005. Detection of CHH/GIH activity in fractionated extracts from the eyestalk of Banana Prawn. *Songklanakarin Journal of Science Education and Technology*. 27:789-798.
- Young, N., S. Webster, H. Rees. 1993. Ecdysteroid profiles and vitellogenesis in *Panaeus monodon* (Crustacea: Decapoda). *International society of invertebrate reproduction & development*, 24:107-117.