

Dampak Perubahan Temperatur dan Karbondioksida Lingkungan terhadap Kondisi Ikan Karang

The Effects of Temperature and Environmental Carbon dioxide to Reef Fish Condition

Zaky Alin Nuary¹

¹Prodi Pascasarjana Ilmu Kelautan, Universitas Khairun Ternate

*Email: zakyalinuany@gmail.com

Abstrak

Diterima
28 Desember 2019

Disetujui
11 Februari 2020

Kondisi dinamika iklim seiring dengan perkembangan nasional memberikan dampak terhadap kondisi atmosfer dan lautan. Kondisi ini mengakibatkan adanya perubahan hidup ikan karang, lebih dari 50% ikan karang mengalami kematian ketika terjadi temperatur ekstrem di Australia. Penelitian terkait perubahan temperatur dan karbondioksida sangatlah penting untuk melihat perubahan kondisi ikan karang. Beberapa penelitian sebelumnya meneliti beberapa spesies ikan karang yang berbeda dan wilayah penelitian yang berbeda menunjukkan bahwa adanya perubahan signifikan pada morfologi, genetik, dan tingkah laku ikan karang ketika terjadi adanya perubahan kondisi lingkungan. Dalam hal morfologi menunjukkan adanya penurunan ukuran panjang dan berat ikan karang, genetik menunjukkan adanya penambahan dan pengurangan fungsi genetik ikan karang tersebut

Kata kunci: ikan karang, temperatur, karbondioksida, genetik, tingkah laku

Abstract

The dynamics of climate conditions occur as a result of national development to have an impact on the condition of the atmosphere and ocean environment. This condition causes a change of coral reef fish live, as much as 50% of reef fishes die when extreme temperatures occur in Australia. Research related to changes in temperature and carbon dioxide conditions becomes very important to see changes in coral reef fish conditions. Several previous studies about impact of climate change to coral reef fish used many species of coral reef fishes in different location have shown a significant change in morphology, genetic, and behavior of reef fishes when there are changes in environmental conditions. Morphological results showed a decrease in length and weight of coral reef fish; genetic result showed an upregulated and downregulated function of genetic in coral reef fish.

Keyword: Coral Reef Fish, Temperature, Carbon dioxide, Genetic, Behavior

1. Pendahuluan

Proses berkembangnya pembangunan nasional nampaknya membawa dampak positif dan negatif bagi kehidupan alam di bumi. Salah satunya adalah bertambahnya kadar karbondioksida CO_2 yang mengakibatkan adanya peningkatan temperatur lautan. Ketika CO_2 bercampur dengan air laut maka akan terjadi reaksi pembentukan asam karbonat (H_2CO_3) dan memisahkan senyawa bikarbonat (HCO_3^-) dan senyawa hidrogen (H) (Sabine *et al.*, 2004). Peningkatan senyawa hidrogen berakibat pada penurunan tingkat keasaman lautan. Pertambahan kadar karbondioksida di atmosfer juga dapat mengakibatkan penipisan lapisan ozon di atmosfer sebagai lapisan absorpsi/penyerapan gelombang pendek radiasi matahari. Hal ini berujung pada penyinaran radiasi matahari yang datang langsung menuju permukaan dan menyebabkan adanya peningkatan temperatur permukaan dan temperatur permukaan laut (*sea surface temperatur/SST*) (Turkington *et al.*, 2018). Proses ini biasa disebut juga sebagai pemanasan global gas rumah kaca.

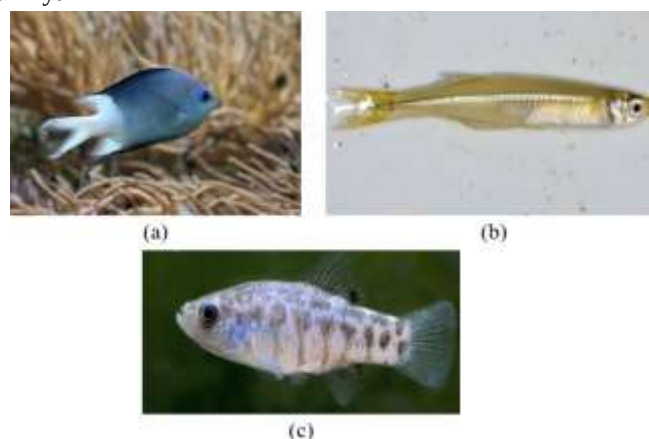
Dampak secara tidak langsung dari adanya kenaikan karbondioksida, penurunan tingkat keasaman, dan kenaikan temperatur adalah berubahnya kondisi lingkungan perairan dan tingkah laku ikan. Hughes *et al.* (2018), mengemukakan bahwa adanya tingkat kematian sebesar 50% ikan karang disebabkan oleh temperatur permukaan laut yang meningkat secara ekstrem sebesar $1.3\text{--}2.4^\circ\text{C}$ di atas suhu rata-rata bulanan di wilayah pantai *Great Barrier Reef*, Australia. Penelitian serupa oleh Figueira dan Booth (2010); Wernberg *et al.*, (2012) menunjukkan adanya perubahan jangkauan pergerakan ikan karang yang semakin jauh terhadap interaksi pengaruh perubahan iklim terhadap aktivitas ikan karang.

Tulisan ini menggabungkan beberapa penelitian sebelumnya terkait topik serupa yaitu biogeogenetik ikan terhadap perubahan lingkungan berupa kadar karbondioksida dan peningkatan temperatur. Tujuan utama penulis adalah untuk mengetahui proses perubahan morfologi, genetik, dan tingkah laku ikan berdasarkan kenaikan karbondioksida dan temperatur pada simulasi kenaikan secara bertahap. Harapan lain dari tulisan ini juga dapat sebagai prospek dan prakiraan kondisi ikan di masa depan dengan tingkat fluktuasi kondisi lingkungan yang semakin meningkat

2. Bahan dan Metode

2.1. Sampel Ikan Karang

Penelitian Jarrold dan Munday (2018) mengambil sampel spesies *Acanthochromis Polyacanthus* sebagai salah satu spesies ikan karang yang biasa ditemukan di wilayah Pasifik Barat. Spesies ikan ini merupakan ikan yang tidak bermigrasi jauh (tetap berada di wilayah tempat dia menetas) ketika terdapat perubahan kondisi lingkungan. Veilleux *et al.*, (2018) juga menggunakan spesies ikan tersebut sebagai spesies di dalam penelitian. Spesies tersebut diambil dari 2 populasi yang wilayah yaitu Pulau Heron dan Pulau Palm. Karakteristik iklim menunjukkan bahwa pulau Palm memiliki temperatur rata-rata yang lebih hangat dibandingkan dengan Pulau Heron. Gobler *et al.* (2018) menggunakan 2 sampel penelitian berupa spesies ikan karang *Menidia Beryllina* dan *Cyprinodon Variegatus*. Gambar 1 memperlihatkan kondisi fisiologis spesies ikan yang digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya

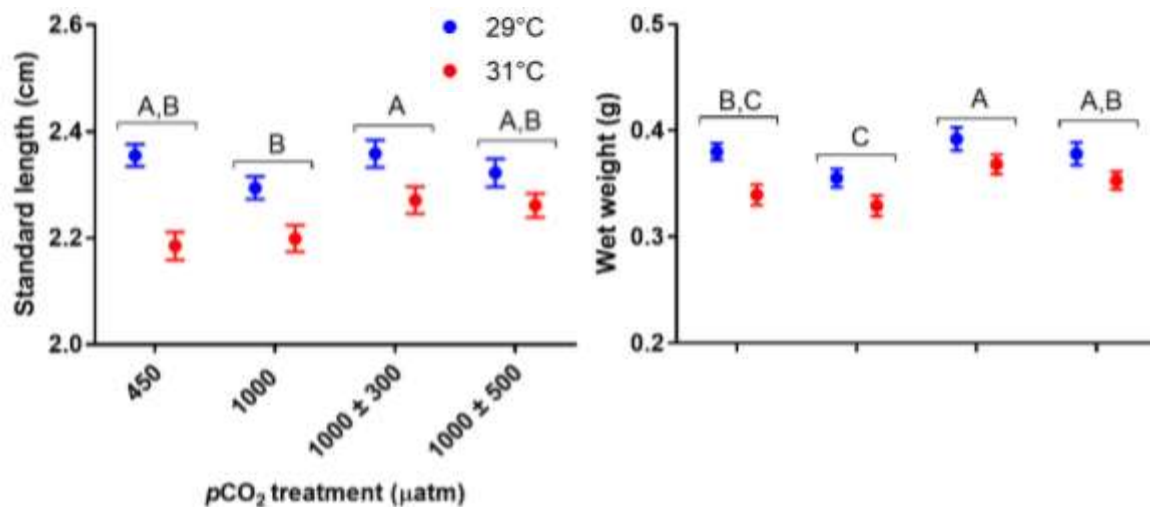


Gambar 1. Spesies Ikan karang yang digunakan menjadi bahan penelitian (a) *Acanthochromis polyacanthus* (b) *Menidia Beryllina* (c) *Cyprinodon Variegatus* (diakses melalui Wikipedia, 24 Oktober 2019)

3. Hasil dan Pembahasan

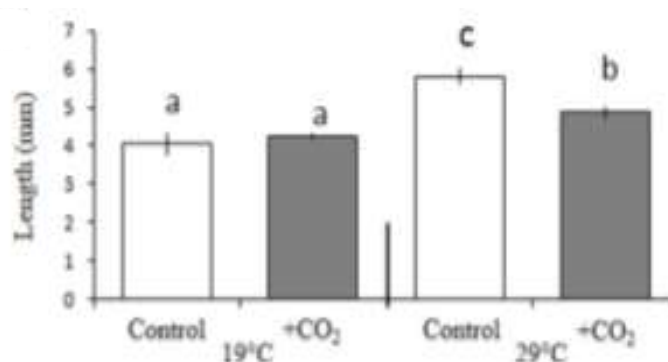
3.1. Perubahan Morfologi Ikan

Peningkatan temperatur membawa dampak negatif bagi spesies *A. Polyacanthus* berupa dampak morfologi ikan (Gambar 2) diantaranya adalah perubahan panjang badan ikan berkurang sebesar 4.5%, kecepatan pergerakan ikan juga semakin berkurang sebesar 14.4% ketika temperatur mengalami kenaikan sebesar 2 C. Hal ini dikorelasikan bahwa ukuran panjang ikan mempengaruhi kecepatan pergerakan ikan (Jarrold dan Munday, 2018). Penelitian morfologi ikan (Gobler *et al.*, 2016) mendapatkan hasil (Gambar 3) bahwa adanya panjang ikan yang berkurang 1.6 mm ketika suhu mengalami penurunan dari 29 C menjadi 19 C. Panjang ikan dipengaruhi pula oleh adanya kadar karbondioksida lingkungan, dimana ukuran panjang ikan akan mengecil ketika terdapat penambahan kadar karbondioksida.



Gambar 2. Efek temperatur dan karbondioksida terhadap pertumbuhan spesies *Acanthochromis polyacanthus* (Sumber: Jarrold dan Munday, 2018)

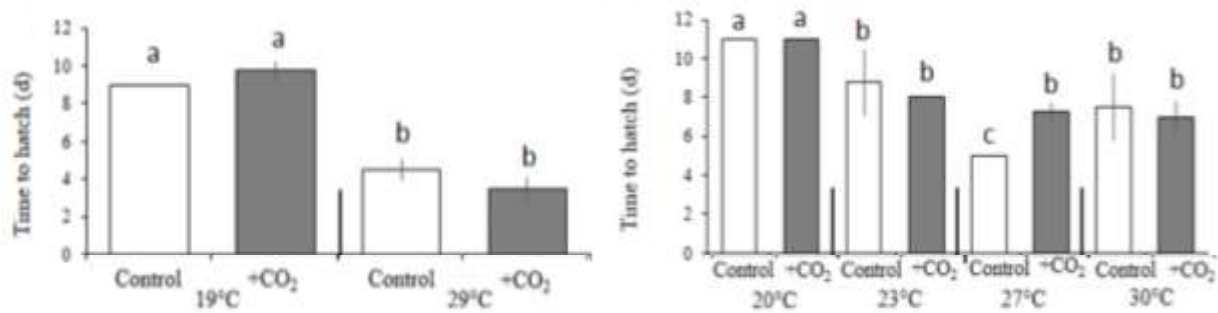
Berat ikan *A. Polyacanthus* mengalami penurunan secara tidak signifikan (4.7%) ketika kadar karbondioksida dinaikkan secara stabil dari kondisi lingkungan. Namun, kondisi ini nampaknya tidak teramati ketika adanya penambahan karbondioksida secara fluktuatif. Berat ikan terlihat lebih besar ketika terdapat fluktuasi kenaikan kadar dan penurunan kadar karbondioksida secara stabil (Jarrold dan Munday, 2018). Temperatur juga memegang peranan penting, menurunkan berat ikan dalam lingkungan yang lebih hangat.



Gambar 3. Efek temperatur dan karbondioksida terhadap pertumbuhan spesies *Menidia Beryllina* (Sumber: Gobler *et al.*, 2018)

Waktu penetasan ikan juga dipengaruhi oleh kondisi temperatur lingkungan. Hal ini ditunjukkan oleh waktu penetasan dengan suhu 30 C selama 7.3 hari; 27 C selama 6.1 hari; 23 C selama 8.3 hari; dan 20 C selama 11 hari (Gobler *et al.*, 2018). Hasil tersebut searah dengan penelitian sebelumnya bahwa waktu penetasan lebih

lama jika diberikan temperatur yang hangat dan mengakibatkan embrio mengalami proses pengasaman yang lebih lama pula



Gambar 4. Efek temperatur dan karbondioksida terhadap penetasan larva *Menidia Beryllina* (Sumber: Gobler *et al.*, 2018)

3.2. Perubahan Genetik Ikan

Perubahan temperatur yang diberikan kepada spesies ikan dilakukan oleh Kultz (2005) membuktikan bahwa adanya perubahan sel terhadap tekanan (CSR) dan perubahan sel terhadap homeostatis (CHR) yang aktif ketika terdeteksi adanya kerusakan membran sel, DNA, dan protein. Peningkatan penggunaan lemak, proses oksidasi asam lemak, dan induksi enzim dibutuhkan ketika terdapat suhu ekstrem sebagai sistem antioksidan. Penelitian serupa juga mengatakan bahwa metabolisme asam-basa dan nutrisi tubuh ikan dipengaruhi oleh temperatur lingkungan (Bohe dan Labbe. 2010).

Penelitian Veilleux *et al.*, (2018) menjelaskan bahwa adanya pengaruh temperatur terhadap genetik ikan *A. Polyacanthus* diantaranya adalah perbedaan perubahan gen sebesar 380 gen dan 482 gen ketika suhu dinaikkan sebesar 1.5 dan 3 C dari suhu rata-rata bulanan. Metode penelitian yang dilakukan dengan membandingkan 2 spesies yang sama dari 2 wilayah dengan lingkungan yang berbeda (Heron di lintang tinggi dan Palm di lintang rendah) membuktikan bahwa peningkatan temperatur pada spesies ikan yang hidup di Heron (suhu lingkungan yang berubah dengan fluktuasi tinggi) akan mengalami proses pengurangan genetik yang lebih besar dibandingkan dengan spesies ikan yang hidup di Palm. Perubahan genetik ini dilakukan sebagai proses metabolisme sekunder untuk dapat mempertahankan hidup. Namun, proses penurunan genetik dapat membahayakan bagi spesies ikan karena beberapa gen seperti sel organ, metabolisme, dan kekebalan tubuh mengalami penurunan dan dapat mengakibatkan spesies ikan rentan terhadap infeksi dan penyakit (Wendelaar, 1997). Tabel 1 menunjukkan kenaikan dan penurunan fungsi gen pada spesies di 2 lokasi yang berbeda ketika mendapatkan perlakuan peningkatan suhu yang berbeda pula (+3 celcius dan +1.5 celcius).

Tabel 1. Perubahan fungsi gen metabolisme terhadap spesies *A. Polyacanthus* (Veilleux *et al.*, 2018)

		Lipid	Carbohydrate	Redox	Other
Heron +3	Up	29	7	9	14
	Dn	8	6	1	12
Heron +1.5	Up	16	4	7	5
	Dn	11	6	3	15
Palm +3	Up	10	1	1	5
	Dn	1	2	3	5
Palm +1.5	Up	3	0	2	1
	Dn	1	1	1	5
Total		79	27	27	62

Populasi ikan di Palm memiliki lebih banyak protein HSPs dibandingkan dengan ikan Heron. DNAJ berinteraksi dengan protein HSP70 sebagai pemicu aktivitas HSP70 ATPase. Selain itu, Protein Hsp6 dan Hspa8 juga teramati di ikan Palm. Peningkatan jumlah protein di sampel ikan Palm menjadikan sebuah proteksi terhadap perubahan temperatur sehingga ikan tidak mengalami perubahan genetik signifikan. Ikan di wilayah

lingkungan suhu konstan memiliki lebih banyak energi untuk dapat menstabilkan dan memperbaiki kerusakan gen akibat perubahan suhu lingkungan. Tetapi, perbedaan perubahan genetik pada spesies ikan tersebut menunjukkan hasil yang berbanding terbalik pada perubahan pertumbuhan ikan. Spesies ikan yang hidup di Heron memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan wilayah Palm (Veilleux *et al.*, 2018). Proses pertumbuhan ini disebabkan oleh adanya perubahan genetik yang berdampak pada perubahan morfologi ikan.

Proses pengasaman lautan juga mempengaruhi adanya kondisi abnormal tingkah laku ikan yaitu kode asam basa pada fungsi A asam *aminobutryc* (GABA). Jarrold dan Murray (2018) mengemukakan bahwa perubahan genetik yang diakibatkan oleh kadar karbondioksida tinggi berhubungan dengan adanya siklus sirkadian 24 jam dan sensitifitas asam-basa protein. Jumlah energi yang digunakan untuk pertumbuhan ikan (perbedaan antara RMR dan MMR) menunjukkan energi yang besar sebagai proses pertahanan dan metabolisme tubuh ikan dalam menghadapi serangan kondisi lingkungan berupa kenaikan kadar karbondioksida (Ou *et al.*, 2015; Munday *et al.*, 2009a; Nilsson *et al.*, 2009; Donelson *et al.*, 2012). Perubahan kapasitas pertumbuhan ikan berkaitan dengan peningkatan metabolisme tubuh sebagai pelindung protein asam basa. Oleh karena itu, jika asam-basa mengalami penurunan ketika terhadap peningkatan karbondioksida maka dibutuhkan lebih banyak energi sebagai proses pertumbuhan ikan.

3.3. Perubaha Tingkah Laku Ikan

Peningkatan kadar karbondioksida dan temperatur muka laut mempengaruhi aktivitas dan tingkah laku ikan. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Jarrold dan Munday (2018), bahwa terjadi adanya perubahan keaktifan dan waktu pergerakan ikan. Perubahan 2 tingkah laku ikan ini berdampak pada perubahan kecepatan pergerakan ikan terhadap peningkatan temperatur dan karbondioksida. Hasil penelitian menunjukkan apabila spesies ikan dilakukan percobaan kenaikan fluktuatif kadar karbondioksida akan mengurangi aktivitas pergerakan ikan tersebut. Selain karbondioksida, kondisi temperatur juga mempengaruhi tingkah laku dimana akan mengurangi aktivitas ikan

Kondisi lingkungan dengan peningkatan temperatur dan karbondioksida mengakibatkan kecepatan bergerak ikan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena pengaruh fisiologis panjang ikan yang akan mengalami penurunan jika terdapat kondisi lingkungan ekstrem tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh Perry *et al.*, 2005; Nye *et al.*, 2009; Pinsky *et al.*, 2013 bahwa terjadi adanya pergerakan ikan menuju ke kutub (daerah lebih dingin) dan atau ke tempat yang lebih dalam dimana temperatur lingkungan tidak jauh berbeda terhadap temperatur optimal dari spesies ikan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa tingkah laku ikan akan menyesuaikan kondisi temperatur lingkungan; bergerak menuju lingkungan yang isotherm terhadap spesies ikan.

Pemanasan permukaan laut mengakibatkan ikan melakukan migrasi ke wilayah yang memiliki temperatur lebih rendah dan mampu beradaptasi. Hal tersebut dibuktikan oleh Gobler *et al.*, (2018) bahwa spesies ikan *M. Beryllina* yang hidup berkembang di lingkungan suhu rendah memiliki tingkat pertumbuhan dan pertahanan tubuh ikan yang lebih lambat. Namun, spesies ikan *C. Variegatus* menunjukkan hal yang berbeda dengan *M. Beryllina* yakni memiliki perkembangan yang lebih cepat di lingkungan yang lebih dingin. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan tingkah laku ikan dari masing-masing spesies ikan. Kondisi gabungan peningkatan temperatur dan karbondioksida menjadi salah satu sumbangsih besar dalam penyebab kematian ikan *C. Variegatus*.

Dampak lain terhadap pemanasan permukaan laut adalah berkurangnya nutrisi yang secara langsung berpengaruh terhadap berkurangnya fitoplankton (Rose dan Carron, 2007). Kondisi stabilitas temperatur juga dapat mempengaruhi suatu kolom air di lautan yang menghambat terjadinya pencampuran nutrisi secara vertikal ke permukaan sehingga jumlah plankton juga semakin berkurang (Roemmich dan McGowan, 1995; Behrenfeld *et al.*, 2006; Boyce *et al.*, 2010). Kondisi berkurangnya nutrisi ini mengakibatkan spesies ikan yang hidup di lingkungan lebih panas memiliki tingkat bertahan hidup yang kecil.

4. Kesimpulan

Perubahan kondisi iklim berupa temperatur dan kadar karbondioksida di lautan menyebabkan adanya beberapa perubahan dalam morfologi, genetik, dan tingkah laku ikan. Peningkatan temperatur dan kadar

karbondioksida mengakibatkan panjang dan berat ikan mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi stabil. Hal tersebut berdampak pada pergerakan dan tingkat keaktifan ikan yang semakin berkurang. Selain itu, ketika terjadi perubahan suhu ekstrem maka akan berdampak pada peningkatan jumlah lipid, peningkatan oksidasi asam lemak, induksi enzim, apoptosis dan ubikitin

5. Referensi

- Behrenfeld, M.J., R.T. O'Malley, D.A. Siegel, C.R. McClain, J.L. Sarmiento, and G.C. Feldman. 2006. Climate-driven Trends in Contemporary Ocean Productivity. *Nature* 444, 752–755. doi: 10.1038/nature05317
- Bobe, J., and C. Labbé. 2010. Egg and Sperm Quality in Fsh. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165, 535–548. doi: 10.1016/j.ygcen.2009.02.011
- Booth, D.J., G.A. Beretta, L. Brown, and W.F. Figueira. 2018. Predicting Success of Range-Expanding Coral Reef Fish in Temperate Habitats Using Temperature-Abundance Relationships. *Frontiers in Marine Science*. 5:31. Doi: 10.3389/fmars.2018.00031
- Boyce, D.G., M.R. Lewis, and B. Worm. 2010. Global Phytoplankton Decline over the Past Century. *Nature* 466, 591–596. doi: 10.1038/nature09268
- Donelson, J.M., P.L. Munday, M.I. McCormick, and C.R. Pitcher. 2012. Rapid Trans Generational Acclimation of a Tropical Reef fish to Climate Change. *Nat. Clim. Chang* 2:30–32. doi:10.1038/nclimate1323
- Gobler, C.J., L.R. Merlo, B.K. Morrell, and A.W. Griffith. 2018. Temperatur, Acidification, and Food Supply Interact to Negatively Affect the Growth and Survival of the Forage Fish, *Menidia beryllina* (Inland Silverside), and *Cyprinodon variegatus* (Sheepshead Minnow). *Frontiers in Marine Science*. 5:86. Doi: 10.3389/fmars.2018.00086
- Hughes, T.P., J.T. Kerry, A.H. Baird, S.R. Connolly, A. Dietzel, C. Eakin, et al. 2018. Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature* 556, 492–496. doi:10.1038/s41586-018-0041-2
- Jarrold, M.D dan P.L. Munday. 2018. Elevated Temperatur Does Not Substantially Modify the Interactive Effects Between Elevated CO₂ abd Diel CO₂ Cycles on the Survival, Growth and Behavior of a Coral Reef Fish. *Frontiers in Marine Science*. 5:458. Doi: 10.3889/fmars.2018.00458
- Kültz, D. 2005. Molecular and Evolutionary Basis of the Cellular Stress Response. *Annu.Rev.Physiol.* 67,225–257.
- Munday, P.L., N.E. Crawley, and G.E. Nilsson. 2009. Interacting Effects of Elevated Temperature and Ocean Acidification on the Aerobic Performance of Coral Reef Fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 388, 235–242. doi:10.3354/meps08137
- Nilsson, G.E., D.L. Dixon, P. Domenici, M.I. McCormick, C. Sørensen, S.A. Watson, et al. 2012. Near-future Carbon Dioxide Levels Alter fish Behaviour by Interfering with Neurotransmitter Function. *Nat. Clim. Chang*. 2:201–204. doi:10.1038/nclimate1352
- Nye, J.A., J.S. Link, J.A. Hare, and W.J. Overholtz. 2009. Changing Spatial Distribution of Fish Stocks in Relation to climate and Population Size on the Northeast United States Continental Shelf. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 393:111–129. doi: 10.3354/meps08220
- Ou, M., T.J. Hamilton, J. Eom, E.M. Lyall, J. Gallup, A. Jiang, et al. 2015. Responses of Pink Salmon to CO₂-induced Aquatic Acidification. *Nat. Clim. Chang*. 5:950–955. doi:10.1038/NCLIMATE2694
- Perry, A.L., P.J. Low, J.R. Ellis, and J.D. Reynolds. 2005. Climate Change and Distribution Shifts in Marine Fishes. *Science* 308:1912–1915. doi: 10.1126/science.1111322
- Pinsky, M.L., B. Worm, M.J. Fogarty, J.L. Sarmiento, and S.A. Levin. 2013. Marine Taxa Track Local Climate Velocities. *Science* 341, 1239–1242. doi: 10.1126/science.1239352
- Roemmich, D., and J. McGowan. 1995. Climatic Warming and the Decline of Zooplankton in the California Current. *Science* 267: 1324–1326.
- Rose, J.M, and D.A. Carron. 2007. Does Low Temperature Constrain the Growth Rates of Heterotrophic Protists? Evidence and Implications for Algal Blooms in Cold Waters. *Limnol. Oceanogr.* 52: 886–895. doi: 10.4319/lo.2007.52.2.0886
- Sabine, C.L., R.A. Feely, N. Gruber, R.M. Key, K. Lee, J.L. Bullister, et al. 2004. The Oceanic Sink for Anthropogenic CO₂. *Science* 305:367–371. doi: 10.1126/science.1097403
- Turkington, T., B. Timbal, and R. Rahmat. 2018. The Impact of Global Warming on Sea Surface Temperature Based El-Nino Southern Oscillation Monitoring Indices. *International Journal of Climatology RMetS*. Doi: 10.1002/joc.5864
- Veilleux, H.D., T. Ryu, J.M. Donelson, T. Ravasi, and P.L. Munday. 2018 Molecular Response to Extreme Summer Temperaturs Differs Between Two Genetically Differentiated Populations of a Coral Reef Fish. *Frontiers in Marine Science*. Vol 5:458. Doi: 10.3389/fmars.2018.00349
- Wendelaar, S.E. 1997. The Stress Response in Fish. *Physiol. Rev.* 77: 591–625.doi:10.1152/physrev.1997.77.3.591
- Wernberg, T., D.A. Smale, F. Tuya, M.S. Thomsen, T.J. Langlois, T. de Bettignies, et al. 2012. An Extreme Climatic Event Alters Marine Ecosystem Structure in a Global Biodiversity Hotspot. *Nat. Clim. Change* 3:78–82. doi: 10.1038/nclimate1627