NISBAH KELAMIN *Anadara antiquata* BERDASARKAN DATA SEBARAN PANJANG DARI POPULASI DI UJUNG PERLING, KOTA LANGSA

SEX RATIO OF Anadara antiquata BASED ON GROUP LENGTH DISTRIBUTION FROM THE POPULATION IN UJUNG PERLING, KOTA LANGSA

Fauziah Azmi[1]✉, Sorbakti Sinaga[1], Suri Purnama Febri[1], Teuku Fadlon Haser[1]
[1]Prodi Budidaya Perairan Universitas Samudra
Langsa Aceh
email: fazmi@unsam.ac.id

Abstrak

Anadara antiquata atau kerang bulu merupakan salah satu spesies pada golongan kerang darah (*Cockle*). Kerang ini merupakan salah satu bivalvia yang memiliki nilai ekonomis tinggi di daerah Kota Langsa. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki nisbah kelamin dari *A. antiquata* untuk mengetahui komposisi dan struktur populasi *A. antiquata* yang terdapat di area penangkapan di Kota Langsa. Penelitian ini di laksanakan selama empat bulan dengan mengambil sampel kerang yang berasal dari kawasan Ujung Perling dimulai pada Bulan Mei sampai Bulan Agustus 2018. Sebanyak 414 sampel berhasil dikumpulkan dan diperoleh nisbah kelamin total dari kerang tersebut sebesar 1:2 rasio jantan terhadap betina. Nisbah kelamin ditemukan berbeda-beda untuk setiap kelompok panjang, yang mengindikasikan terjadinya pembalikan kelamin pada populasi kerang bulu Anadara antiquata di Ujung Perling. Sedangkan kelompok yang memiliki nisbah kelamin ideal, adalah kerang yang berukuran 39 – 44,9 mm

Kata kunci: Adaptasi terhadap perubahan lingkungan, *Anadara antiquata*, nisbah kelamin, pembalikan kelamin, *protandric, gonochoristic*

Abstract

Anadara antiquata, or in Bahasa Indonesia is called as Kerang Bulu is a cockle species associated with mangrove ecosystem under the genus Anadara. This clam is one among several bivalves from Kota Langsa coastal areas that is exploited and possesses high economic value, however fishermen catch of this sepecies has been declining in the last few decades. This study aims to identify the sex ratio of the mangrove cockle in order to determine whether the population structure contribute to landings reduction. The research was conducted in Ujung Perling, the only fishing ground of kerang bulu in Kota Langsa. 414 samples were collected from the fishermen, and it was faound that the total sex ratio is 1:2 of the male to female clam. The sex ratios were also different for each group length, indicated that sex reversal is also taking place within the population. The only group having optimum sex ratio is those whose length is between 39 – 44,9 mm.

Keywords: Anadara antiquata, environmental adapatation, protandric gonochoristic, sex ratio, sex reversal

PENDAHULUAN

Nisbah kelamin atau *sex ratio* telah lama menjadi perhatian ahli ekologi untuk menentukan struktur populasi dari suatu komunitas, dan untuk mengetahui kompetisi intra-species berjenis kelamin sama yang terdapat dalam suatu populasi. Idealnya, *sex ratio*

dari suatu spesies dalam suatu populasi berkisar tidak jauh dari nilai teoretis yang dikemukakan oleh Fisher pada tahun 1930, yakni 1:1 (West 2013). Secara umum, dominasi salah satu jenis kelamin (*biased sex ratio*) dapat mempengaruhi peluang keberhasilan reproduksi dan *survival* (Ancona et al. 2013). Pada intervertebrata, *biased sex ratio* dapat menyebabkan suatu spesies menuju pada kepunahan (Lee et al. 2011, Ancona et al. 2013, Kramer et al. 2017) dan mempengaruhi jumlah hewan yang dapat ditangkap dibidang perikanan (de Martini et al. 2011, Hoffman & Genoways 2012), serta dapat mengakibatkan rusaknya piramida makanan (Fryxell et al. 2015).

Variasi nisbah kelamin dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berhubungan dengan perubahan temporal dan spasial diantaranya: sistem perkawinan, pilihan terhadap pasangan, sistem pemeliharaan oleh induk, usia, migrasi (Székely et al. 2014), dan ukuran populasi (Minetti et al. 2013). Disamping itu, variasi nisbah kelamin juga dapat disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan seperti: pemanasan global (Laloë et al. 2016, Hays et al. 2017, Jensen et al. 2018); perubahan tingkat keasaman air laut (Ellis et al. 2017); preferensi penangkapan (Provost 2013); penyakit yang hanya menyerang salah satu jenis kelamin (Dyson & Hurst 2004); sintasan (survival) pada salah satu jenis kelamin lebih tinggi daripada yang lainnya karena kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap lingkungan; dan kemungkinan terjadinya pembalikan kelamin (Mzighani 2005, Afiati 2007, Jahangir et al. 2014).

Beberapa faktor yang dapat mengakibatkan pembalikan kelamin, terutama pada bivalvia adalah suhu (Manolakou et al. 2006), ketersediaan pakan (Teaniniuraitemoana et al. 2015), dan polusi (Gauthier-Clerc et al. 2002, Gagné et al. 2003). Pembalikan kelamin ini dapat terjadi pada organisme hermaprodit dan *gonochoristic*. Pada organisme *gonochoristic*, perubahan dapat bersifat protandri dan protogini dengan kecenderungan untuk terjadi, lebih banyak protandri (Breton 2017).

Anadara antiquata (kerang bulu) merupakan salah satu dari beberapa jenis kerang-kerangan yang dieksploitasi di Kota langsa. Kerang ini adalah anggota dari genus *Anadara*, yang termasuk kedalam famili *Arc clam* atau *Arcidae* (Broom 1985). Kerang bulu pada dasarnya merupakan hewan *gonochoristic* namun pembalikan kelamin juga sering terjadi dengan kecenderungan bersifat *protandric*. Meskipun demikian, pada beberapa individu dilaporkan ditemukannya dua jenis gamet yakni jantan dan betina (Brotohadikusumo 1994), kemudian Afiati (2007) juga melaporkan terjadinya hermaproditisme pada *Anadara antiquata* sebesar 0,84%, namun diduga, kedua gamet tersebut ditemukan secara simultan dikarenakan sampel sedang berada pada fase transisi dari jantan menjadi betina.

Sejak beberapa tahun terakhir, nelayan pencari kerang bulu mengeluhkan turunnya hasil tangkapan *A. antiquata* diperairan Kota Langsa. Belum ada penelitian secara pasti sebelumnya mengenai penyebab menurunnya hasil tangkapan nelayan. Selama ini, turunnya hasil tangkapan diduga diakibatkan oleh eksploitasi berlebihan terhadap spesies ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nisbah kelamin dan struktur komunitas kerang bulu serta potensi efeknya terhadap aktifitas penangkapan di daerah Ujung Perling.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan selama empat bulan mulai dari Bulan Mei sampai Agustus 2018. Sampel merupakan hasil tangkapan nelayan yang berasal dari *fishing ground* di Ujung Perling, Kecamatan Langsa Barat, Kota Langsa. Pengumpulan sampel dilakukan secara sistematis setiap dua minggu sekali dari pengumpul kerang bulu di salah satu tangkahan (tempat pendaratan ikan skala kecil) yang berlokasi di Desa Alur Dua, Kecamatan Langsa

Barat. Pengumpul tersebut merupakan satu-satunya pengumpul yang menampung *A. antiquata* secara reguler dari nelayan di Kota langsa.

Ujung Perling merupakan hutan bakau yang termasuk ke dalam wilayah administratif kecamatan Langsa Barat. Area pantai Ujung Perling merupakan substrat yang optimum untuk pertumbuhan beberapa jenis tiram (oyster). Sementara itu, jenis-jenis kerang-kerangan yang tergolong pada clam ditemukan pada sela-sela akar mangrove, di daerah pasang surut. Peta lokasi Ujung Perling dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampel Anadara antiquata yang diperoleh di analisis di Laboratorium Terpadu FMIPA Universitas Samudra untuk ditentukan jenis kelamin dan diamati ciri-ciri fisiknya. Penentuan jenis kelamin ditentukan dengan cara membedah kerang bulu, kemudian diamati gonadnya. Gonad betina berbentuk butiran-butiran yang halus, dan berwarna kuning sampai oranye. Warna akan semakin pekat seiring dengan meningkatnya status kematangan gonad dan ukuran butiran telur yang semakin membesar.

Kerang kemudian dikelompokkan berdasarkan sebaran panjang menurut aturan Sturgess, dan masing-masing kelompok panjang dibagi menjadi dua kelompok, yakni jantan dan betina. Analisis data dilakukan dengan menggunakan statistik uji *Chi-square* sebagai alternatif dari ANOVA untuk data nominal dengan hipotesis bahwa nisbah kelamin untuk semua kelompok panjang adalah sama. Sementara itu, untuk menentukan apakah masing-masing kelompok memiliki rasio 1:1 dilakukan melalui uji statistik binomial.

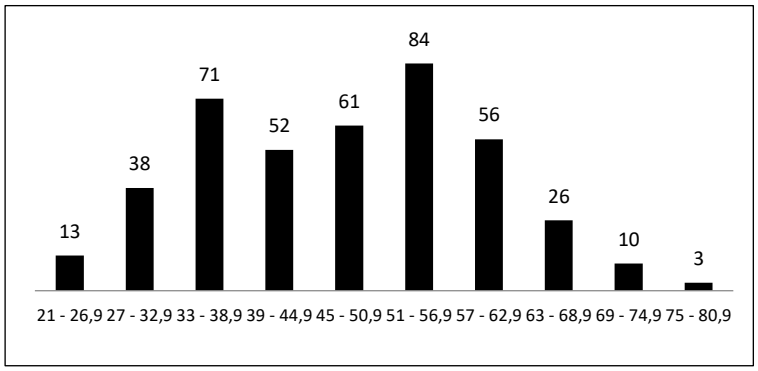


Gambar 1. Lokasi penangkapan Anadara antiquata di Kota Langsa
Sumber: diolah dari Google map

HASIL

Komposisi Sampel Berdasarkan Jenis Kelamin

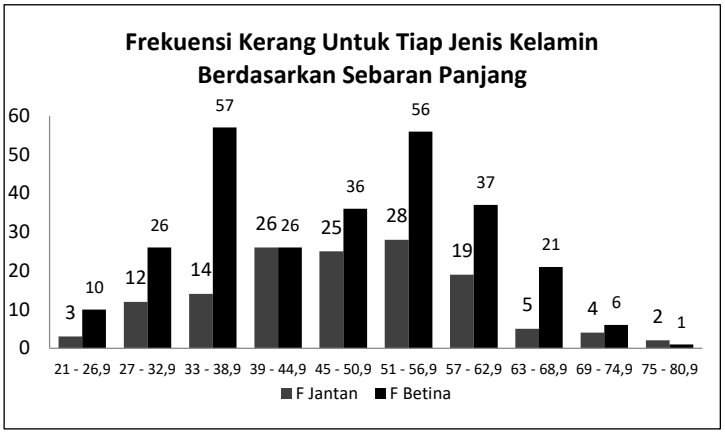
Selama empat bulan hasil penelitian, diperoleh jumlah sampel sebanyak 414 kerang dengan kerang jantan sebanyak 138 dan kerang betina sebanyak 276 Pengelompokkan kerang berdasarkan sebaran panjang, mengikuti tabel distribusi frekuensi berdasarkan aturan Sturgess dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah:



Gambar 1. Jumlah kerang yang tertangkap berdasaran data sebaran panjang

Dari diagram diatas dapat dilihat kelompok kerang yang paling banyak tertangkap adalah yang berukuran antara 51 sampai dengan 56,9 mm sejumlah 84 kerang. Diikuti oleh kerang yang berukuran 33 sampai 38,9 mm sebanyak 71 kerang. Sementara itu, sampel yang berukuran relatif kecil yakni yang berukuran dibawah 27 mm hanya ditemukan sebanyak 13 sampel, demikian juga dengan kelompok sampel berukuran terbesar yakni yang memiliki panjang 75 mm keatas hanya ditemukan sebanyak 3 sampel.

Struktur sampel yang diperoleh berdasarkan jenis kelamin memperlihatkan bahwa hampir di semua kelompok panjang, kerang betina memiliki jumlah yang lebih besar daripada kerang jantan. Jumlah kerang betina terbesar terdapat pada kelompok yang berukuran 33 sampai 38,9 mm sebanyak 57 betina dan 14 jantan. Pengecualian terlihat pada kelompok kerang terbesar yakni yang berukuran 75 mm keatas, dimana terdapat dua kerang jantan dan satu kerang betina. Jumlah sampel yang diperoleh untuk setiap jenis kelamin berdasarkan data sebaran panjang selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Frekuensi kerang untuk tiap jenis kelamin berdasarkan data sebaran panjang

Nisbah Kelamin

Nilai nisbah kelamin pada sampel yang diperoleh sangat bervariatif pada semua kelompok panjang. Nisbah kelamin terbesar ditemukan pada kelompok panjang terbesar yakni antara 75 sampai 80,9 mm sebanyak 2:1, sedangkan nisbah kelamin terkecil berada pada kelompok panjang antara 33 sampai 38,9 mm yakni sebesar 1:4,2. Nisbah kelamin yang

bernilai 1:1 terdapat pada kelompok usia 39 – 44,9 mm. Sementara nisbah kelamin secara keseluruhan merupakan rasio dari perbandingan 1:2.

Hasil uji Chi-square dari data menunjukkan nilai Pearson Chi-square sebesar 0,028 yang lebih kecil dari taraf siginifikansi yang digunakan dalam pengujian ini yakni 0,05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jumlah jantan dan betina untuk tiap-tiap kelompok berbeda satu sama lainnya.

Sedangkan hasil Uji Binomial pada masing-masing kelompok menunjukkan lima kelompok memiliki proporsi yang secara signifikan berbeda dengan 1:1, yakni kelompok kedua, ketiga, keenam, ketujuh dan kedelapan. Masing-masing nilai-p untuk kelima kelompok tersebut adalah 0,03; 0; 0,003; 0,022, dan 0,002, yang lebih kecil dari nilai alfa sebesar 0,05. Untuk lebih jelasnya, nisbah kelamin pada *A. antiquata* yang berasal dari Ujung perling dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah:

Tabel 1. Nisbah kelamin untuk tiap kelas data sebaran panjang

Kelas Interval	Nisbah Kelamin	Nilai - p
21 - 26,9	0,300	0,092
27 - 32,9	0,462	0,034
33 - 38,9	0,246	0
39 - 44,9	1,000	1
45 - 50,9	0,694	0,2
51 - 56,9	0,500	0,003
57 - 62,9	0,514	0,022
63 - 68,9	0,238	0,002
69 - 74,9	0,667	0,754
75 - 80,9	2,000	1

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan komposisi kerang jantan dan betina yang berbeda untuk setiap usia. Sedangkan hasil uji Chi-kuadrat mengindikasikan komposisi jenis kelamin tidak sama antar kelompok kerang *A. antiquata*. Tapi secara konsisten, hampir semua kelompok panjang memiliki jumlah betina yang lebih banyak dibandingkan jumlah jantan.

Nisbah kelamin jantan : betina secara keseluruhan pada *A. antiquata* di Ujung Perling adalah sebesar 1:2, yang terdeviasi secara signifikan dari nilai rasio teoretis. Temuan ini bertolak belakang dengan beberapa temuan terdahulu pada genus *Anadara*. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan nisbah kelamin yang seimbang untuk genus *Anadara* seperti Sahin et al. (2006) yang menyatakan bahwa nisbah kelamin pada *Anadara inaequivalvis* adalah 1:1; Narasimham (1988) melaporkan nisbah kelamin untuk *A. granosa* tidak berbeda secara nyata dengan nisbah teoritis. Disamping itu, Yankson (1982) juga melakukan penelitian, dan mendapatkan nisbah kelamin pada *Anadara senilis* sebesar 1:1 untuk populasi di daerah laguna pasang surut yang lingkungannya cenderung baik. Namun pada lingkungan yang buruk, dengan kecenderungan pergantian kondisi lingkungan ekstrim,

dimana salinitas bisa mencapai 50 ppt, dan suhu 32-34^{o}C, pada musim panas, nisbah kelamin yang teramati adalah sebesar 1:2.

Akan tetapi, nisbah keseluruhan ini tidak menggambarkan kondisi populasi *Anadara antiquata* yang sebenarnya, karena yang lebih berperan menentukan struktur populasi selanjutnya adalah *adult sex rasio* (ASX) (Kokko and Jennions (2008) dalam Weir et al. (2011)) yang merupakan nisbah kelamin pada organisme dewasa atau yang siap untuk melakukan perkawinan. Individual yang dianggap tergolong ke dalam usia dewasa adalah individu yang telah mengalami kematangan gonad, yakni pada ukuran panjang 20 – 25 mm (Afiati 2007). ASX dapat dilihat setelah sampel di bagi-bagi ke dalam kelompok usia (dalam hal ini data sebaran panjang). Dari Tabel 1. Dapat dilihat bahwa, semua sampel yang terkumpul selama penelitian, dapat dianggap masuk kedalam kategori dewasa.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya mengenai nisbah kelamin pada genus *Anadara* berdasarkan data sebaran panjang. Penelitian yang dilakukan di kawasan pantai barat Malaysia menyebutkan tidak ada penyimpangan dari nisbah 1:1 di seluruh kelompok pada *Anadara granosa* (Broom 1985). Namun Mzighani (2005), menyatakan bahwa *A. antiquata* di Daar es Salaam, Tanzania mengalami deviasi nisbah kelamin yang signifikan dari 1:1 pada beberapa kelompok panjang, yakni yang memiliki ukuran panjang diatas 41 mm. Afiati (2007) juga menemukan bahwa pada hampir semua kelompok, A. antiquata mengalami bias pada nisbah kelamin, kecuali kerang yang berada pada kelompok panjang 40 – 45 mm. Temuan tersebut, konsisten dengan hasil dari penelitian ini, dimana nisbah kelamin yang tidak terdeviasi dari 1:1 ditemukan hanya pada kelompok 39 – 44,9 mm. Sementara lima kelompok lainnya mengalami bias yang sangat signifikan, dan empat kelompok memiliki nisbah yang tidak sama dengan 1:1, namun deviasinya tidak signifikan secara statistik.

Lima kelompok yang memiliki nisbah bias, adalah yang berada pada rentang ukuran 27 – 32,9 mm; 33 – 38,9 mm; 51 – 56,5 mm, 57 – 62,9 mm dan 63 – 68,9 mm. Nisbah terkecil dimiliki oleh kelompok keenam, yakni sebesar 0,238 atau 1:4,2 yang artinya jumlah kerang betina 4,2 kali lebih banyak dari kerang jantan.

Jika diperhatikan perbandingan antar kelompok pada populasi Anadara antiquata di Ujung Perling, terdapat kemungkinan bahwa kerang bulu pada populasi tersebut mengalami pembalikan kelamin yang diindikasikan oleh inkosistensi nilai nisbah kelamin untuk tiap-tiap kelompok, seperti yang diungkapkan oleh (Afiati 2007).

Adapun faktor yang dapat dicurigai sebagai penyebab pembalikan kelamin pada A. antiquata di Ujung Perling adalah faktor-faktor lingkungan. Hal ini dikarenakan pada kondisi lingkungan normal terutama pada spesies perikanan yang dieksploitasi, pembalikan kelamin cenderung terjadi sebagai respon terhadap kelangkaan salah satu: jantan atau betina akibat aktivitas penangkapan. Salah satu jenis kelamin akan berganti kelamin sebagai upaya untuk menjaga agar populasi tetap seimbang (Wyanski et al. 2000, Benton & Berlinsky 2006, Sheperd et al. 2010). Hal ini bertolak belakang dengan temuan penelitian ini, yakni pembalikan kelamin justru mengakibatkan ketidak seimbangan nisbah jantan:betina. Ditambah lagi dengan kondisi Ujung Perling, dimana terdapat fluktuasi yang sangat ekstrem ketika ketika air pasang dan surut, namun hal ini harus dibuktikan lebih jauh melalui eksperimen manipulatif di laboratorium mengenai respon fisiologi reproduksi *A. antiquata* terhadap perubahan lingkungan.

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, ketidak seimbangan nisbah kelamin dapat memiliki beberapa efek baik terhadap populasi, maupun terhadap aktifitas penangkapan. Berdasarkan penelitian Lessios (1988) pada populasi *Diadema antillarum*, ketika nisbah kelamin bias, maka akan terjadi pelambatan pertumbuhan terhadap populasi. Selain itu,

tingginya jumlah betina dibandingkan jumlah jantan juga dapat berakibat pada menurunnya keragaman genetik. Kemudian pada individual protandri, risiko untuk tertangkap menjadi lebih besar, karena ukurannya yang umumnya lebih besar daripada betina yang tidak mengalami pembalikan kelamin (Provost 2013).

KESIMPULAN

Anadara antiquata adalah kerang yang memiliki jenis kelamin terpisah (gonochotistic), dimana sering ditemukan bahwa hewan ini bisa mengalami pembalikan kelamin yang bersifat protandric. Nisbah kelamin keseluruhan yang terjadi pada populasi kerang Anadara antiquata yang ditemukan diujung perling adalah sebesar 1:2 rasio jantan terhadap betina. Nisbah kelamin untuk tiap kelompok data sebaran panjang bervariasi yang mengindikasikan terjadinya pembalikan kelamin pada spesies tersebut pada ukuran panjang (usia) tertentu.

SARAN

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai nisbah kelamin populasi kerang *A. antiquata* dalam jangka waktu yang lebih lama, dan juga penelitian di daerah lain untuk mengetahui apakah kecenderungan bias nisbah kelamin konsisten terjadi pada kebanyakan populasi kerang bulu yang ada. Disamping itu, diperlukan pemeriksaan histologi gonad pada Anadara antiquata di Ujung perling untuk mengetahui apakah terdapat indikasi hermaprodit terhadap populasi tersebut, dan pada ukuraan panjang berapa, transisi jenis kelamin biasanya terjadi. Untuk mengetahui faktor lingkungan yang secara signifikan dapat mengakibatkan pembalikan kelamin, perlu dilakukan eksperimen dengan memanipulasi komponen lingkungan yang dapat merubah fisiologi reproduksi *A. antiquata*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada DRPM Dikti, karena penelitian ini terselenggara sebagai bagian dari hibah Penelitian Dosen Pemula yang dibiayai oleh Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan Tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Afiati N (2007) Hermaphroditism In Anadara granosa (L.) and Anadara antiquata (L.) (Bivalvia: Arcidae) From Central Java. J Coast Dev 10:171–179

Ancona S, De´nes F V., Kru¨ger O, Sze´kely T, Beissinger SR (2013) Estimating adult sex ratios in nature.

Benton CB, Berlinsky DL (2006) Induced sex change in black sea bass. J Fish Biol 69:1491–1503

Breton S (2017) Sex Determining Mechanisms in Bivalves. Montreal

Broom MJ (1985) The Biology and Cultures of the Marine Bivalve Molluscs of the Genus Anadara (M.J. Broom, Ed.). Manila

Brotohadikusumo NA (1994) The Ecology Of Two Species Of Blood Clams Anadara granosa (L.) AND Anadara antiquata (L.). University of Wales Bangor

Dyson EA, Hurst GDD (2004) Persistence of an extreme sex-ratio bias in a natural population. Proc Natl Acad Sci 101:6520–6523

Ellis RP, Davison W, Queirós AM, Kroeker KJ, Calosi P, Dupont S, Spicer JI, Wilson RW, Widdicombe S, Urbina MA (2017) Does sex really matter? Explaining intraspecies variation in ocean acidification responses. Biol Lett 13

Fryxell DC, Arnett HA, Apgar TM, Kinnison MT, Palkovacs EP (2015) Sex ratio variation shapes the ecological effects of a globally introduced freshwater fish. Proc R Soc B Biol Sci 282

Gagné F, Blaise C, Pellerin J, Pelletier E, Douville M, Gauthier-Clerc S, Viglino L (2003) Sex alteration in soft-shell clams (Mya arenaria) in an intertidal zone of the Saint Lawrence River (Quebec, Canada). Comp Biochem Physiol Part C Toxicol Pharmacol 134:189–198

Gauthier-Clerc S, Pellerin J, Blaise C, Gagné F (2002) Delayed gametogenesis of Mya arenaria in the Saguenay fjord (Canada): A consequence of endocrine disruptors? Comp Biochem Physiol - C Toxicol Pharmacol 131:457–467

Hays GC, Mazaris AD, Schofield G, Laloë JO (2017) Population viability at extreme sex-ratio skews produced by temperaturedependent sex determination. Proc R Soc B Biol Sci 284

Hoffman JD, Genoways HH (2012) Examination of annual variation in the adult sex ratio of pronghorn (Antilocapra americana). Am Midl Nat 168:289–301

Jahangir S, Siddiqui G, Ayub Z (2014) Temporal variation in the reproductive pattern of blood cockle Anadara antiquata from Pakistan (northern Arabian Sea). :263–272

Jensen MP, Allen CD, Eguchi T, Bell IP, LaCasella EL, Hilton WA, Hof CAM, Dutton PH (2018) Environmental Warming and Feminization of One of the Largest Sea Turtle Populations in the World. Curr Biol 28:154–159.e4

Kramer KL, Schacht R, Bell A (2017) Adult sex ratios and partner scarcity among hunter–gatherers: Implications for dispersal patterns and the evolution of human sociality. Philos Trans R Soc B Biol Sci 372

Laloë JO, Esteban N, Berkel J, Hays GC (2016) Sand temperatures for nesting sea turtles in the Caribbean: Implications for hatchling sex ratios in the face of climate change. J Exp Mar Bio Ecol 474:92–99

Lee AM, Saether B-E, Engen S, Eckert AECG, McPeek EMA (2011) Demographic Stochasticity, Allee Effects, and Extinction: The Influence of Mating System and Sex Ratio. Am Nat 177:301–313

Lessios HA (1988) Mass Mortality of Diadema Antillarum in the Caribbean: What Have We Learned? Annu Rev Ecol Syst 19:371–393

Manolakou P, Lavranos G, Angelopoulou R (2006) Molecular patterns of sex determination in the animal kingdom: A comparative study of the biology of reproduction. Reprod Biol Endocrinol 4:1–23

Martini EE de, Everson AR, Nichols RS (2011) Estimates of body sizes at maturation and at sex change, and the spawning seasonality and sex ratio of the endemic Hawaiian grouper (Hyporthodus quernus, F. Epinephelidae). Fish Bull 109:123–134

Minetti C, Sella G, Lorenzi MC (2013) Population size, not density, serves as a cue for sex ratio adjustments in polychaete worms. Ital J Zool 80:547–551

Mzighani S (2005) Fecundity and Population Structure of Cockles, Anadara antiquata L. 1758 (Bivalvia:Arcidae) from Sandy/Muddy Beach Near dar es Salaam, Tanzania. West Indian Ocean J Mar Sci 4:77–84

Narasimham KA (1988) Biology of the blood clam Anadara granosa (Linnaeus) in Kakinada Bay. J Mar Biol Assoc India 30:137–150

Provost M (2013) Understanding sex change in exploited fish populations: A review of East Coast fish stocks and assessment of selectivity and sex change in black sea bass (Centropristis striata) in New Jersey. University of New Jersey

Sahin C, Duzgunes E, Okumus I (2006) Seasonal Variations in Condition Index and Gonadal Development of the Introduced Blood Cockle Anadara inaequivalvis (Bruguiere , 1789) in the Southeastern Black Sea Coast. Turkish J Fish Aquat Sci 163:155–163

Sheperd SA, Brook JB, Xiao Y (2010) Environmental and fishing effects on the abundance, size and sex ratio of the blue-throated wrasse, Notolabrus tetricus, on South Australian coastal reefs. Fish Manag Ecol 17:209–220

Székely T, Weissing FJ, Komdeur J (2014) Adult sex ratio variation: Implications for breeding system evolution. J Evol Biol 27:1500–1512

Teaniniuraitemoana V, Leprêtre M, Levy P, Vanaa V, Parrad S, Gaertner-Mazouni N, Gueguen Y, Huvet A, Moullac G Le (2015) Effect of temperature, food availability, and estradiol injection on gametogenesis and gender in the pearl oyster Pinctada margaritifera. J Exp Zool Part A Ecol Genet Physiol 325:13–24

Weir LK, Grant JWA, Hutchings JA (2011) The Influence of Operational Sex Ratio on the Intensity of Competition for Mates. Am Nat 177:167–176

West SA (2013) Sex Ratios. Brenner's Encycl Genet Second Ed 6:412–413

Wyanski DM, White DB, Barans C a (2000) Growth , population age structure , and aspects of the reproductive biology of snowy grouper , Epinephelus niveatus , off North Carolina and South Carolina *. Fish Bull 98:199–218

Yankson K (1982) Gonad Maturation And Sexuality In The West African Bloody Cockle, Anadara senilis (L.). J Molluscan Stud 48:294–301