

Seasonal Variation in the Reproduction of *Anodonta woodiana* in The Lahumbuti River, Konawe Regency, Southeast Sulawesi

Bahtiar^{1*}, Muh. Fajar Purnama², Meriyani Syalam³, Marifatul Munawarah⁴

¹Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Jln. H.E.A. Mokodompit, Kelurahan Anduonohu, Kecamatan Poasia, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia;

Article History

Received : Maret 07th, 2023

Revised : April 13th, 2023

Accepted : May 25th, 2023

*Corresponding Author:

Bahtiar,

Jurusan Manajemen
Sumberdaya Perairan, Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Universitas Halu Oleo, Jln.
H.E.A. Mokodompit,
Kelurahan Anduonohu,
Kecamatan Poasia, Kota
Kendari, Sulawesi Tenggara,
93232

Email: bahtiar@uho.ac.id

Abstract: Mussel mussels are invasive shellfish whose reproductive potential in the Lahumbuti River is unknown. This study aims to determine the seasonal variations in the reproduction of mussel shells in the Lahumbuti River, Southeast Sulawesi. This research was carried out in the Lahumbuti River Konawe, Southeast Sulawesi in 2 periods, namely: May-October 2021 and February-June 2022. The mussels were collected manually using a hand scoop. Furthermore, the shells are washed from dirt/soil attached to the shell. The length and weight of the mussels (total weight and meat weight) were measured using a caliper and a digital scale with an accuracy of 0.5 mm and 0.01 g, respectively. TKG was observed microscopically by using a gonad microscope. Fecundity was calculated by the number of type D spats in the mussel gill sieves. The results showed that male and female mussels were in developmental phases (TKG I, II and III), gonadal maturity (TKG IV) and spawning (TKG V) were found throughout the season. The actual IKG values did not differ based on the time of observation, although there was a tendency for the IKG values to be found to be higher in February-April. Fecundity of mussel mussels ranged from 16317-58429. The size at first maturity of male and female mussel mussels occurred at 3.9 cm and 4.7 cm, respectively.

Keywords: mussel clam, reproduction, Southeast Sulawesi.

Pendahuluan

Kerang *Anodonta woodiana* telah ditemukan di Sungai Lahumbuti Sulawesi Tenggara sejak tahun 1970 an (Hasil wawancara, 2022). Kerang air tawar ini berasal dari beberapa sungai di Tiongkok diantaranya Sungai Yangtze dan Sungai Heilongjiang (Karaouzas *et al.*, 2022). Selanjutnya, kerang ini berkembang tidak hanya di perairan mengalir (Moezzi *et al.*, 2013), namun ditemukan juga pada perairan tergenang seperti kolam air tawar dan danau (Donrovich *et al.*, 2017). Kemampuan kerang ini beradaptasi terhadap lingkungan baru menyebabkan kerang ini mampu menginvasi hampir seluruh benua (Labecka *et al.*, 2021) yaitu Asia (Ercan *et al.*, 2014).

Kerang ini berkembang biak dan membentuk populasi baru di daerah dingin (Karaouzas *et al.*, 2022) seperti: di beberapa

negara Eropa (Colomba *et al.*, 2013; Tomović *et al.*, 2013; Bolotov *et al.*, 2016), dan Amerika Utara (Bogan *et al.*, 2011). Kerang ini juga dibawa secara sengaja maupun tidak sengaja oleh manusia (Yanai *et al.*, 2017) dan telah ditemukan di beberapa tempat di Indonesia yang ditransmisikan oleh beberapa ikan inang seperti *Tilapia* sp. (Watters *et al.*, 1997; Dobler *et al.*, 2022). Kerang ini ditemukan di Pulau Jawa, Pulau Sumatera (Watters, 1997), dan Pulau Sulawesi (Tampa *et al.*, 2014). Secara ekologi, *Anodonta woodiana* hidup infauna/membenamkan diri ke dalam tekstur perairan yang didominasi lumpur (Yanuardi *et al.*, 2015) dan pasir halus (Data belum dipublikasi, 2022).

Kerang Unionidae termasuk *Anodonta woodiana* memainkan peranan penting di ekosistem perairan sebagai arsitek ekosistem (Bódis *et al.*, 2014a dan 2014b) diantaranya: 1)

kerang ini dapat membantu memperbaiki kualitas air, 2) memberikan habitat untuk biota lain (Vaughn, 2018). Kerang ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan (Chen *et al.*, 2012), campuran pakan ternak di beberapa negara (Andrzejewski *et al.*, 2012), mutiara air tawar (Berni *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2014), dan obat antitumor (Vaughn, 2018 dan Liu *et al.*, 2008) diabetes (Liu *et al.*, 2008). Kemampuan kerang dalam menginvasi daerah baru tidak terlepas dari kemampuan reproduksi kerang Unionidae. Reproduksi kerang kijing berlangsung secara internal (pembuahan internal).

Telur yang telah dibuahi berubah menjadi larva (glochidia) yang selanjutnya dierami dalam insang kerang kijing betina sampai dilepaskan ke dalam kolom air (Labecka & Domagala, 2018; Jones *et al.*, 2020). Selanjutnya sebelum kerang kijing mencapai stadia dewasa, kerang menjadi parasit pada ikan inang tertentu sampai metamorfosis sempurna menjadi kerang dewasa muda (Kat, '84; Lima *et al.*, 2012; Haag 2012). Penyebaran ikan Cyprinidae yang merupakan salah satu jenis ikan inang kerang kijing ditransportasikan melalui perdagangan dan menjadi ikan budidaya di beberapa negara di Asia Tengah dan Eropa (Bolotov *et al.*, 2016) dan mencapai reproduksi yang sukses (kepadatan tinggi di banyak sungai (Douda *et al.*, 2012; Benkő-Kiss *et al.*, 2013; Beran 2020), dibandingkan dengan kerang asli/lokal (Huber dan Geist 2019).

Penelitian ciri-ciri reproduksi kerang air tawar telah dilakukan sejak awal tahun 1900-an yang pertama kali mengungkapkan informasi tentang aspek seperti rasio jenis kelamin,

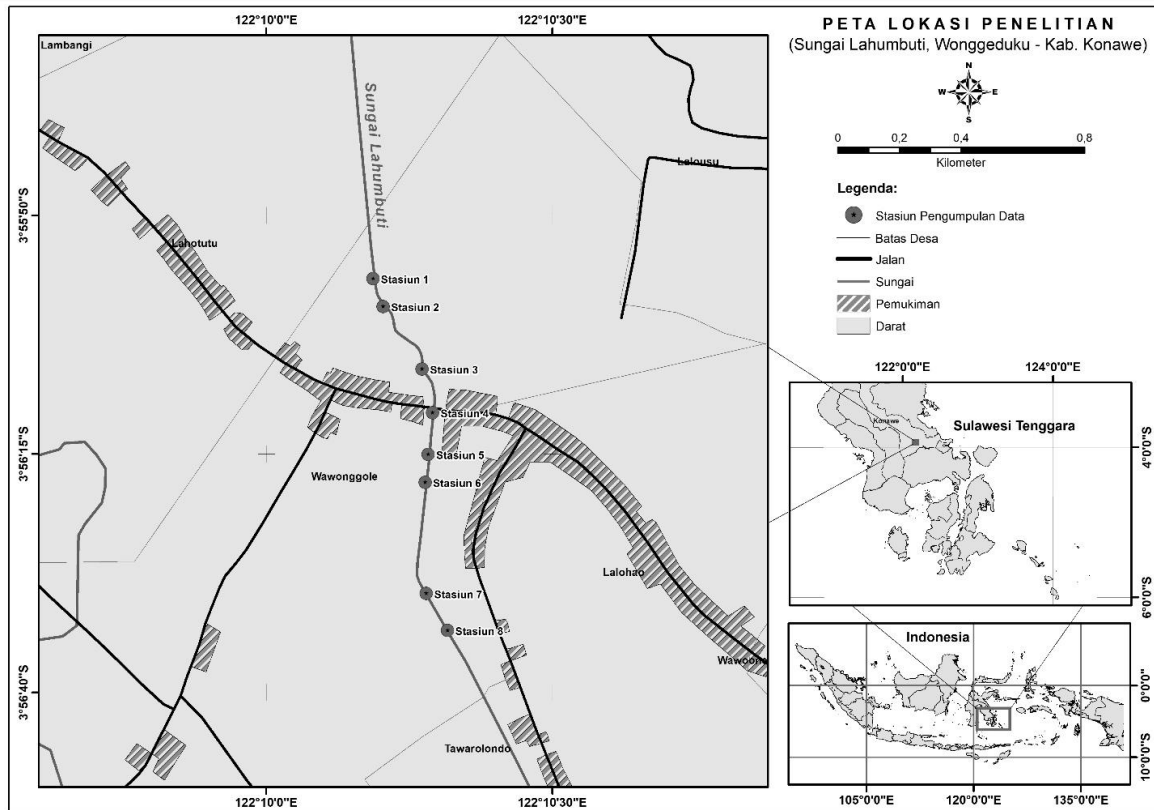
fekunditas dan periode pengeraman (Haag & Staton, 2003). Periode dan pengeraman di marsupium insang (Lopes-Lima *et al.*, 2017), evolusi karakter reproduksi dan strategi reproduksi dan siklus hidup (Haag, 2013; Pfeiffer & Graf, 2015; Lopes-Lima *et al.*, 2017; Labecka *et al.*, 2021), karakter reproduksi dan siklus hidup untuk konservasi dan pemulihan spesies unionid (Haag, 2012; Hinzmann *et al.*, 2013; Wu *et al.*, 2018; Dudding *et al.*, 2020).

Dekade terakhir, kerang kijing di Sungai Lahumbuti telah mengalami degradasi habitat, akibat tingginya kekeruhan perairan dari aktivitas pertambangan pasir dan aktivitas eksploitasi kerang kijing untuk dikonsumsi dan menjadi campuran pakan ternak (Purnama *et al.*, 2019), sedangkan informasi yang berhubungan dengan karakteristik reproduksi kerang kijing untuk upaya konservasi di Sungai Lahumbuti Sulawesi Tenggara belum pernah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi musiman reproduksi kerang kijing (*Anodonta woodiana*) di Sungai Lahumbuti Konawe Sulawesi Tenggara.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian kerang kijing dilakukan di Sungai Lahumbuti Sulawesi Tenggara pada titik ordinat 03°55'56.63" LS-122°10'11.20" BT sampai 03°56'33.49" LS-122°10'19.00" BT (Gambar 1). Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahapan yaitu bulan Mei sampai Oktober 2021 dan Februari-Juni 2022.



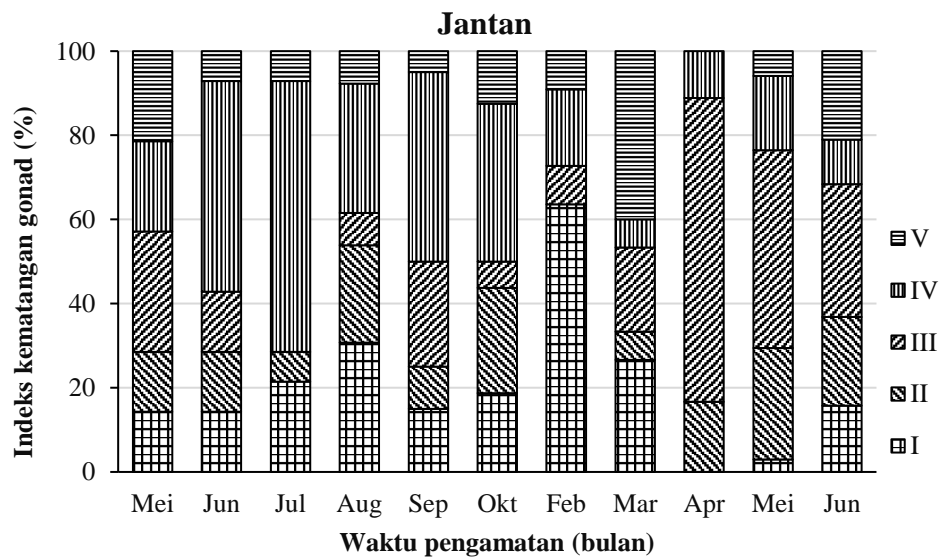
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

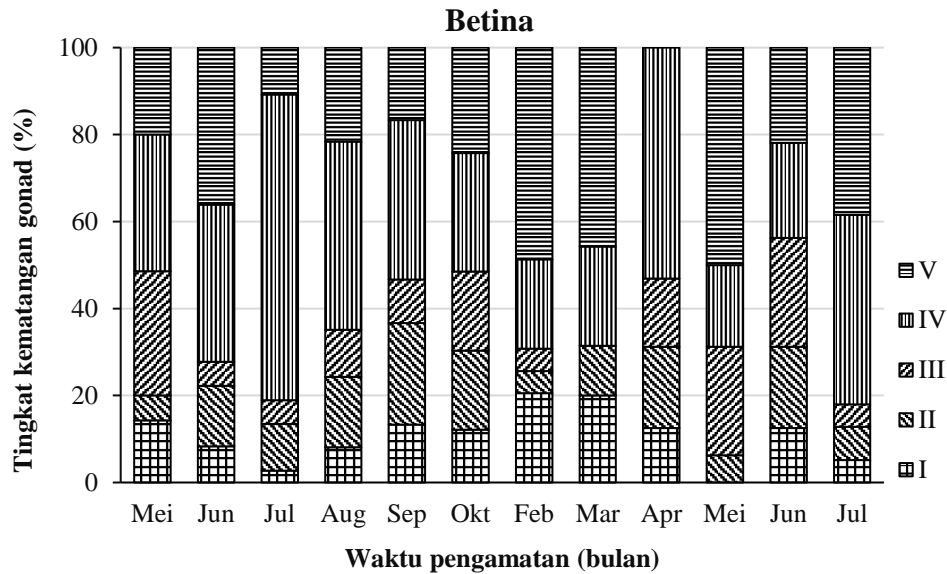
Hasil dan Pembahasan

Tingkat Kematangan Gonad (TKG)

Tingkat kematangan gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti Sulawesi Tenggara menunjukkan bahwa TKG I ditemukan di hampir setiap bulan pengamatan kecuali bulan April

yang tertinggi ditemukan pada bulan Februari. Demikian halnya, TKG II yang juga ditemukan di semua bulan kecuali bulan Februari (jantan). TKG III ditemukan di semua bulan kecuali Juli pada jantan 2021, sedangkan TKG IV ditemukan disetiap waktu pengamatan. TKG V ditemukan disetiap bulan kecuali bulan April (Gambar 2).



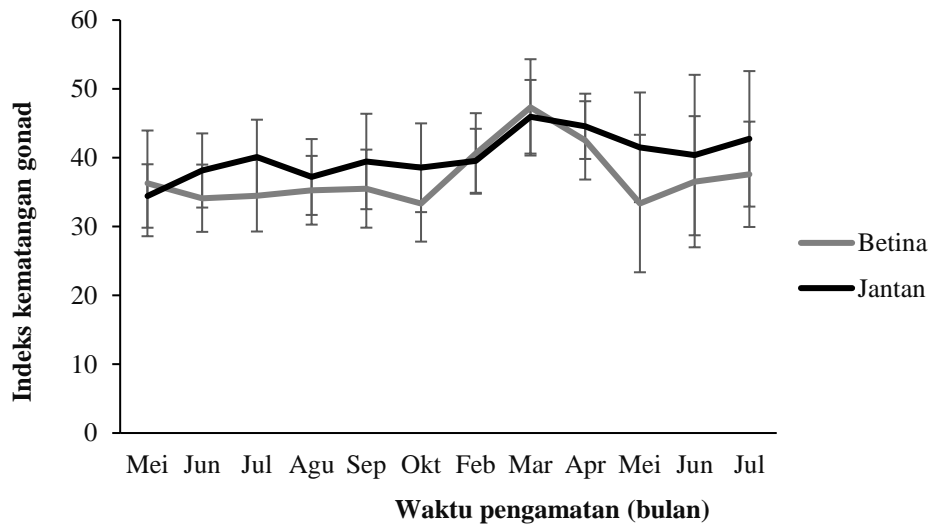


Gambar 2. Tingkat kematangan gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti

Indeks Kematangan Gonad (IKG)

Indeks kematangan gonad kerang kijing menunjukkan pola yang relatif datar di bulan Mei sampai Oktober. Selanjutnya pada bulan Februari sampai Mei mengalami peningkatan di bulan Februari dan mencapai puncak di bulan

Maret. Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa nilai IKG pada jantan dan betina nyata tidak berbeda. Demikian halnya nilai IKG dalam setiap waktu pengamatan baik pada jantan dan betina menunjukkan nyata tidak berbeda (Gambar 3)

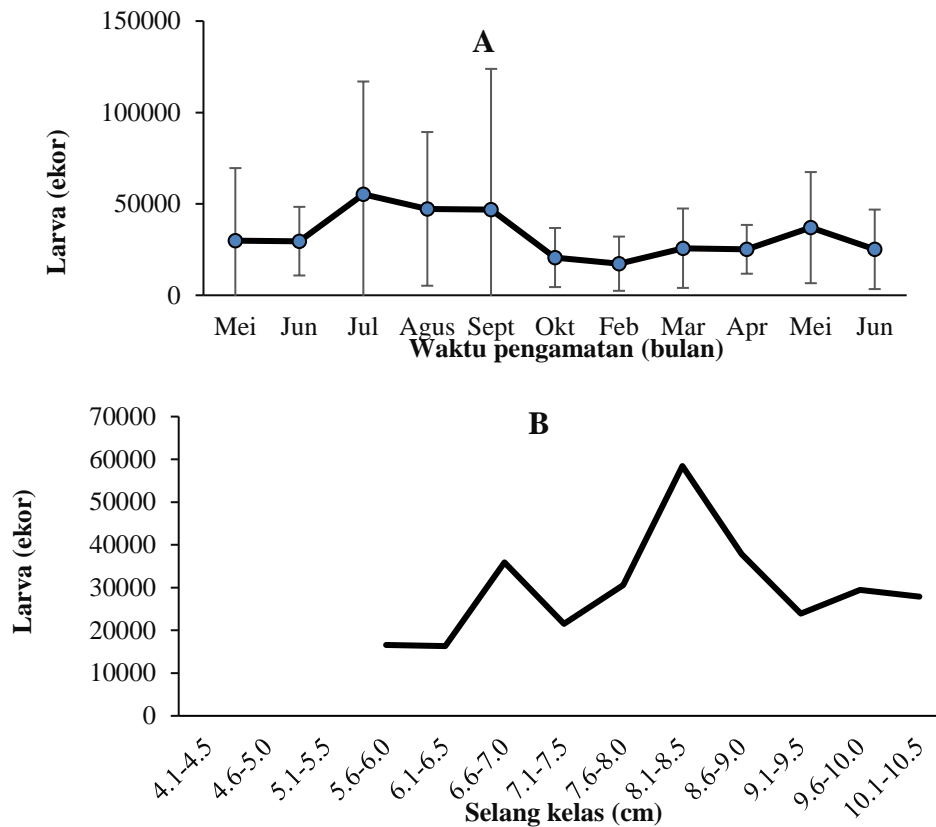


Gambar 3. Indeks kematangan gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti

Larva/Glokidia

Larva kerang kijing di Sungai Lahumbuti ditemukan di setiap waktu pengamatan. Jumlah larva yang ditemukan relatif bervariasi yang cenderung tinggi ditemukan pada bulan Juli, Agustus dan September 2021 (Gambar 4A). Larva kerang kijing di Sungai Lahumbuti menunjukkan relatif bervariasi berdasarkan

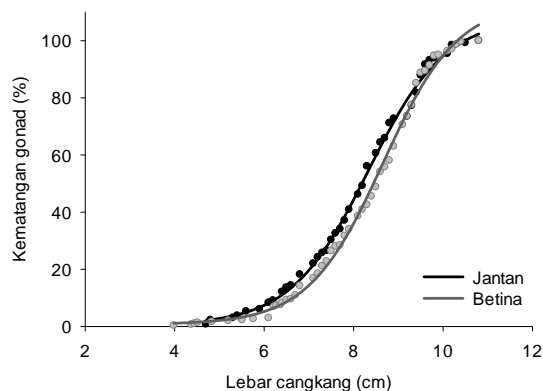
selang kelas atau tidak menunjukkan adanya pola tertentu. Fekunditas kerang mengalami peningkatan pada selang kelas 7.6-8.0 cm dan mencapai puncak pada selang ukuran 8,1-8,5 cm. Selanjutnya fekunditas kerang kijing mengalami penurunan pada selang kelas ukuran 8,6-9,0 cm (Gambar 4B).



Gambar 4. Fekunditas kerang kijing di Sungai Lahumbuti Sulawesi Tenggara

Ukuran pertama matang gonad

Kerang kijing jantan di Sungai Lahumbuti mengalami kematangan gonad lebih awal yang ditemukan pada ukuran 3,9 cm, sedangkan kerang kijing betina mengawali matang gonad terjadi pada ukuran 4,7 cm. Selanjutnya kerang kijing jantan dan betina matang gonad 50% terjadi pada ukuran masing-masing 8,2 dan 8,5 cm (Gambar 5).



Gambar 5. Ukuran pertama kali matang gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti di Sulawesi Tenggara

Kematangan gonad

Proses reproduksi kerang air tawar terkhusus kelompok Unionidae tergolong unik. Beberapa proses yang terjadi setelah fase kematangan gonad akhir (TKG IV) yaitu: (1) telur betina diangkut dari gonad ke luar insang untuk pembuahan. Saat ini keadaan gonad tidak terisi oleh telur matang dan terdapat sisa telur dan bekas-bekas telur yang telah dikeluarkan (TKG V), (2) pejantan mengeluarkan sperma dan membuahi telur betina, dan (3) telur yang dibuahi (embrio) betina dierami dalam insangnya dan berkembang menjadi glochidia yang hidup (Jones et al., 2020). Kerang kijing mengalami kematangan gonad, dan memijah (telur telah meninggalkan menuju daerah pengeraman) di hampir semua bulan, ditandai dengan ditemukannya TKG III, IV dan V di setiap waktu.

Kerang ini relatif tidak menunjukkan pola tertentu pada siklus kematangan gonad walaupun ada kecenderungan peningkatan pemijahan di bulan Februari, Maret dan Mei. Pola ini menunjukkan bahwa kerang kijing mengalami pola pemijahan parsial atau telur dikeluarkan dari gonad tidak sekaligus yang tergambarkan dari

seluruh stadia tingkat kematangan gonad yang ditemukan pada setiap waktu. Hal ini juga dapat diamati dari pola indeks kematangan gonad yang secara kuantitatif dapat menggambarkan pola kematangan gonad kerang kijing. Indeks kematangan gonad menunjukkan kerang ini memijah di sepanjang waktu dengan kisaran nilai indeks yang tidak jauh berbeda di setiap bulan pengamatan walaupun ada peningkatan aktivitas kematangan gonad di bulan Februari-April.

Pola perkembangan gonad kijing ini relatif tidak berbeda jauh dengan beberapa kerang air tawar lainnya seperti: *Anodontites trapesialis* yang ditemukan mengandung telur sepanjang musim (Silva *et al.*, 2014), *Lamelidens marginalis* memijah sepanjang tahun (Behera *et al.*, 2014; Siddique *et al.*, 2020), Namun pada beberapa kerang lainnya memperlihatkan pola reproduksi tertentu diantaranya: fase pemijahan panjang seperti kerang *Megapitaria squalida* memijah pada bulan Februari-Agustus (Arellano-Martinez *et al.*, 2006; Alvarez-Dagnino *et al.*, 2017), *Paphia malabarica* memijah pada bulan Oktober-Februari (Thomas *et al.*, 2013). *Cyclonaias pustulosa* dan *Cyclonaias necki* menunjukkan konsentrasi sperma tetap tinggi sampai akhir musim semi/awal musim panas.

Peningkatan konsentrasi gamet ini berlangsung dalam jangka panjang yang mendeskripsikan bahwa periode pemijahan yang berkepanjangan pada ke dua jenis kerang ini (Haggerty *et al.*, 1995; Garner *et al.*, 2015; Haag 2013). Fase pemijahan cepat diantaranya pada kerang *Pseudanodonta complanata* yang mengalami matang gonad pada bulan September-April dan mengerami telur pada bulan Juni-Juli (Anna, *et al.*, 2007) dan *Solenia oleivora* yang pemijahan berlangsung hanya 2 bulan dari Maret-Mei (Wang *et al.*, (2015), spesies *Pseudanodonta complanata* memijah dari Juni sampai Agustus (Yanovych, 2015). *Corbicula fluminea* memijah hanya pada musim semi dan panas (Cao *et al.*, 2017); *Chambardia rubens* memijah pada akhir musim semi dan awal musim panas (Cek dan Sereflisan, 2006).

Pisidium casertanum memijah pada bulan Juni-awal Juli (Bespalaya *et al.*, 2015; Bespalaya *et al.*, 2018), fase kematangan gonad *Cyclonaias necki* terjadi di akhir Januari, awal Maret untuk kerang *Cyclonaias pustulosa*, dan akhir Januari hingga awal Februari pada kerang *F. mitchelli*

(Dudding *et al.*, 2020). Aktivitas perkembangan kematangan gonad, kematangan puncak, dan pemijahan kerang kijing yang berlangsung selama penelitian juga dapat diamati dari pola pengeraman glokidia di dalam insang kerang kijing yang ditemukan berlangsung sepanjang penelitian (bradytictic; induk mengerami jangka panjang). Pola ini memberikan indikasi bahwa kerang kijing mengalami pemijahan asinkron yaitu sebagian besar individu bertelur selama periode waktu tertentu dan sebaliknya anggota populasi yang aktif secara reproduksi menunda reproduksi. Strategi ini dilakukan sebagai respon kondisi lingkungan yang berubah seperti kondisi kekeringan dan banjir (Durham dan Wilde 2008, Robertson *et al.*, 2016).

Pola pengeraman kerang kijing di Sungai Lahumbuti tergolong dalam durasi panjang yang relatif sama dengan kerang dari genus *Anodonta* lainnya seperti: *Anodonta cygnea* yang menemukan glochidia dalam marsupial ditemukan dari Oktober hingga Mei (Başçınar dan Düzgüneş, 2009), Agustus hingga April (David, 1999), *Anodonta anatina* yang mengerami larva dari bulan September dan Maret (Hinzmann *et al.*, 2013), masa pengeraman pada kerang *Cyclonaias necki*, *Cyclonaias pustulosa*, dan *F. mitchelli* terjadi pada bulan Maret-Juni (Dudding *et al.*, 2020). *Anemina arcaiformis* yang mengerami larva dari Oktober hingga Maret. Spesies ini juga mampu melakukan metamorfosis dari glochidia menjadi remaja tanpa parasit pada ikan inang (Xu *et al.*, 2013). Pemijahan dan pengeraman kerang kijing umumnya berhubungan dengan kondisi lingkungan perairan. Kerang adalah organisme ektoterm yang perkembangan gametogenesis dan glochidia di atur oleh suhu perairan terkhusus pada beberapa spesies kerang Unionidae di iklim temperate yang memaksimalkan produksi gamet, pemijahan, dan pengeraman pada suhu optimal (Haag, 2012).

Fekunditas

Jumlah larva yang ditemukan dalam marsupial kerang kijing di Sungai Lahumbuti berkisar 16317-58429 ekor. Jumlah ini relatif jauh berbeda dengan jumlah larva kerang *Anodonta cygnea* yang dapat berkisar 13378-235592 (Başçınar dan Düzgüneş, 2009), bahkan sangat jauh berbeda pada kerang sama (*Anodonta cygnea*) yang mencapai $3,1-3,7 \times 10^5$ (Wächtler *et*

al., 2001). Jumlah larva ini jauh berbeda atau lebih tinggi bila dibandingkan dengan kerang air tawar lainnya yaitu: *Unio tumidiformis* berkisar 1500-15.000 larva (Reis dan Araujo, 2016), *Epioblasma capsaeformis* jumlah glochidia 5.645 ± 629 - 6.834 ± 493 (Jones *et al.*, 2020), *C. necki*, dengan rata-rata fekunditas sebesar 5849 embrio/individu (± 533 SE; kisaran: 1080–13.150), *F. mitchelli* dengan jumlah larva rata-rata sebesar 12.726 embrio/individu (± 1600 SE; rentang: 2340–32.250 (Dudding *et al.*, 2020).

C. pustulosa betina dari Sungai Sipsey di Alabama memiliki larva rata-rata sebesar 28.369 embrio/betina (kisaran 5 49–50.625) dan betina *Fusconaia cerina* memiliki larva rata-rata dari 23.890 embrio/betina (kisaran 5 8750–55.422) (Haag dan Staton, 2003; Haag 2013). Fekunditas *Sinanodonta woodiana*, *Anodonta chinensis*, *Lamprotula caveata*, *L. leai* dan *S. Oleivora* mempunyai fekunditas > 100.000, dan *Arconaia lanceolata* 41900-113200 larva (Wu *et al.*, 2018) Variasi dari larva yang ditemukan di setiap kerang Unionidae relatif berbeda dapat disebabkan oleh beberapa keadaan yaitu: 1) perbedaan geografis, 2) ekologi/kesuburan perairan ketersediaan makanan akan mempengaruhi jumlah telur yang terbentuk (Patzner dan Müller, 2001), dan 3) ukuran induk kerang; secara umum, jumlah glochidia berkorelasi dengan panjang cangkang dan ukuran marsupium (Bauer, 2001). Namun penurunan jumlah larva pada ukuran lebih tua (Haag dan Staton, 2003) seperti yang ditemukan pada penelitian ini.

Jumlah larva rendah dapat disebabkan oleh: 1) parasitisme dari hewan trematoda, 2) dampak manusia terhadap aliran dan suhu air, atau 3) akibat dari masa pengeraman berlarut-larut seperti pada spesies *C. necki* dan *C. pustulosa* (Dudding *et al.*, 2020), namun Haag & Staton (2003) menemukan bahwa fekunditas tidak berhubungan dengan keberhasilan reproduksi. Haag (2013) berasumsi bahwa fekunditas untuk kerang air tawar (Amerika Utara) terutama ditentukan oleh kendala fisik dan energik, daripada ciri-ciri riwayat hidup termasuk ukuran glochidial, masa hidup, strategi mengerami atau penggunaan inang strategi (misalnya daya tarik ikan inang dan spesialisasi ikan inang).

Ukuran pertama kali matang gonad

Ukuran pertama matang gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti menunjukkan bahwa jantan lebih awal matang gonad dibanding betina yang berada pada ukuran 3,9 cm pada jantan dan 4,7 cm pada betina. Secara umum, kerang air tawar jantan cenderung lebih awal matang gonad dibanding betina (Wu *et al.*, 2018). Ukuran awal matang gonad ini tidak jauh berbeda dengan kerang sejenis yaitu kerang *Sinanodonta woodiana pacifica* yang pada jantan dan betina masing-masing berkisar 39,4 cm dan 4,12 cm, dan beberapa kerang air tawar lainnya seperti: *Anemina globosula* yang masing-masing pada jantan dan betina yaitu: 33 cm dan 4 cm (Wu *et al.*, 2018). Namun kematangan gonad kerang kijing di Sungai Lahumbuti relatif lebih awal matang gonad dibanding kerang air tawar dari Danau Poyang dan Drainase Sungai Yangtze di antaranya: *Lanceolaria eucylindrica* pada jantan dan betina masing-masing 6,48 cm dan 6,81 cm dan *Lanceolaria grayana* yaitu pada ukuran 3,5 cm dan 6,42 cm (Wu *et al.*, 2018).

Variasi ukuran awal matang gonad pada jenis kerang sama sangat bergantung pada: 1) ketersediaan makanan cukup akan memicu pertumbuhan dan perkembangan kerang, 2) tekanan eksploitasi tinggi yang menyebabkan kerang mengembangkan mekanisme strategi reproduksi r, yaitu mempercepat awal matang gonad untuk mengimbangi kematian tinggi karena penangkapan seperti pada kerang *Batissa violacea* var. *celebensis* (Bahtiar, 2017; Bahtiar *et al.*, 2018, Bahtiar *et al.*, 2021). Adapun variasi awal matang gonad pada kerang berbeda sangat bergantung pada ukuran dan pertumbuhan jenis kerang. Jenis kerang yang mempunyai pertumbuhan cepat cenderung berukuran kecil yang dicirikan dengan lebih awal matang gonad seperti yang ditemukan pada beberapa kerang laut pada jenis cockle (*Anadara* sp) (Mzighani, 2005).

Kesimpulan

Kerang kijing jantan dan betina berada pada fase perkembangan (TKG I, II dan III), matang gonad (TKG IV) dan memijah (TKG V) ditemukan di sepanjang musim. Nilai IKG nyata tidak berbeda berdasarkan waktu pengamatan, walaupun ada kecenderungan nilai IKG ditemukan lebih tinggi pada bulan Februari-

April. Fekunditas kerang kijing berkisar 16317-58429 ekor. Ukuran pertama kali matang gonad kerang kijing jantan dan betina terjadi pada ukuran masing-masing 3,9 cm dan 4,7 cm.

Ucapan Terima Kasih

Segecap penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada “Tim Penelitian Kerang Kijing” (an. Aita, Ifa, Besse, Ilan dan Erna) yang telah membantu peneliti dalam kegiatan *sampling* di lapangan hingga pengamatan beberapa aspek anatomi di laboratorium ProLink FPIK-UHO.

Referensi

- Álvarez-Dagnino, E., Santamaría-Miranda A., García-Ulloa, M & Góngora-Gómez, A.M. (2017). Reproduction of *Megapitaria squalida* (Bivalvia: Veneridae) in the Southeast Gulf of California, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744). 65 (3): 881-889. DOI: <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.26371>
- Andrzejewski W., Urbańska M., Mazurkiewicz, Gierszal H., Golski J. (2013). The Current Invasion Status of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1934) in Poland – Study of Habitat Parameters. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 42: 173–180. DOI: <https://doi.org/10.2478/s13545-013-0071-1>
- Anna L. Mcivor and David C. Aldridge. (2007). The Reproductive Biology of the Depressed River Mussel, *Pseudanodonta complanata* (Bivalvia: Unionidae), with Implications for its Conservation. *Journal of Molluscan Studies*, (73): 259–266. DOI: <https://doi.org/10.1093/mollus/eym023>
- Arellano-Martínez, A., Quiñones-Arreola, M. F., Ceballos-Vázquez, B. P., & Villalejo-Fuerte, M. (2006). Reproductive pattern of the squalid callista *Megapitaria squalida* from northwestern Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 25(3), 849-855. DOI: [doi.org/10.2983/07308000\(2006\)25](https://doi.org/10.2983/07308000(2006)25).
- Bahtiar, Anadi L, Nurgayah W, Hamzah M, Hernawan UE. (2021). Reproductive biology of the freshwater clam pokea (*Batissa violacea* var. *celebensis*, von Marten 1897) (Bivalvia: Corbiculidae) in the Pohara River, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biotropia-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology*, 28(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.11598/btb.2021.28.1.623>
- Bahtiar, La Anadi, Wa Nurgayah, Emiyarti. (2018). Dinamika Populasi Kerang Pokea (*Batissa violacea* var. *celebensis*, von Martens 1897) di Muara Sungai Laolo Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2) :301-315. DOI: <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.24046>.
- Bahtiar. (2017). Biologi Reproduksi Kerang Pokea *Batissa violacea* var. *celebensis*, von Martens 1897 di Muara Lasolo, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1): 9-18. DOI: <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17913>
- Başçınar N.S. and E. Düzgüneş. (2009). A Preliminary Study on Reproduction and Larval Development of Swan Mussel [*Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758)] (Bivalvia: Unionidae), in Lake Çıldır (Kars, Turkey) *Turk. J. Fish. Aquat. Sci*, 9: 23-27.
- Behera, B.K., Meena, D.K., Das, P and Ram, K.J. (2014). Simulated breeding of Indian Pearl mussel, *Lamellidens marginalis* (L.) in laboratory condition. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 4:145–149.
- Benkő-Kiss Á, Ferincz Á, Kováts N, Paulovits G. (2013). Spread and distribution pattern of *Sinanodonta woodiana* in Lake Balaton. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 408: 09, h. DOI: <https://doi.org/10.1051/kmae/2013043>
- Beran L. (2020). First records of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) and *Corbicula fluminea* (of Müller, 1774) (Mollusca, Bivalvia) from the Adriatic part of Croatia. *Folia Malacologia*, 28: 295–302. <https://doi.org/10.12657/folmal.028.024>
- Berni, P., Bitossi, S., Salvato, M., Orlandi, M., Salviati, J., Silvestri, M., ... & Billiard, R. (2004). Valorizzazione del territorio attraverso produzioni alternative di perle di acqua dolce di elevata qualità, contecniche

- di policoltura eco-sostenibile. In: International Workshop “Tinca e acquacoltura nelle acque interne”, Ceresole d'Alba, Italy. www.unipi.it/ateneo/comunicati/comunicati1/archivio/2002/ottobre/perle.htm_cvt.ht.
- Bespalaya, Y., Joyner-Matos, J., Bolotov, I., Aksenova, O., Gofarov, M., Sokolova, S., Shevchenko, A., Travina, O., Zubriy, N., Aksenov, A., Kosheleva, A., and Ovchinnikov, D. (2018). Reproductive ecology of *Pisidium casertanum* (Poli, 1791) (Bivalvia: Sphaeriidae) in Arctic lakes. *Journal of Molluscan Studies*, 1-13. doi:10.1093/mollus/eyy050.
- Bespalaya, Y., Bolotov, I., Aksenova, O., Kondakov, A., Paltser, I. & Gofarov, M. (2015). Reproduction of *Pisidium casertanum* (Poli, 1791) in Arctic lake. *Royal Society Open Science*, 2: 140212. <https://doi.org/10.1098/rsos.140212>
- Bódis E, Tóth B, Sousa R. 2014a. Massive mortality of invasive bivalves as a potential resource subsidy for the adjacent terrestrial food web. *Hydrobiologia*, 735: 253–262. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1445-5>
- Bódis E, Tóth B, Szekeres J, Borza P, Sousa RG. (2014b). Empty native and invasive bivalve shells as benthic habitat modifiers in a large river. *Limnologia*, 49: 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2014.07.002>
- Bogan AE, Bowers-Altman J, Raley ME. (2011). The first confirmed record of the Chinese Pond Mussel (*Sinanodonta woodiana*) (Bivalvia: Unionidae) in the United States. *Nautilus*, 125: 41–43.
- Bolotov IN, Bespalaya YV, Gofarov MY, Kondakov AV, Konopleva ES, Vikhrev IV. (2016). Spreading of the Chinese pond mussel, *Sinanodonta woodiana*, across Wallacea: One or more lineages invade tropical islands and Europe. *Biochemical Systematics and Ecology*, 67: 58–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.05.018>
- Cao, L., Damborenea, C., Penchaszadeh, P.E., Darrigran, G. (2017). Gonadal cycle of *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae) in Pampean streams (Southern Neotropical Region). *PLoS ONE*, 12(10): e0186850. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186850>.
- Cek S, Sereflisan H. (2006). Certain Reproductive Characteristics of the Freshwater Mussel *Unio terminalis delicatus* (Lea, 1863) in Golbasi Lake, Turkey. *Aquacul. Res.* 37: 1305-1315. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01563.x>
- Chen X, Yang J, Liu H, Su Y, Sun L, Oshima Y. (2012). Element concentration is a unionid mussel (*Anodonta woodiana*) at different life stages. *J Fac Agr Kyushu Univ*, 57: 139–144. DOI: <https://doi.org/10.5109/22061>
- Colomba MS, Liberto F, Reitano A, Grasso R, Di Franco D, Sparacio I. (2013). On the presence of *Dreissena polymorpha* Pallas, 1771 and *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Sicily (Bivalvia). *Biodivers J*, 4: 571–580.
- David, C.A. 1999. The morphology, growth and reproduction of Unionidae (Bivalvia) in a fenland waterway, *Journal Moll. Stud.*, 65: 47-60. Durham dan Wilde 2008. DOI: <https://doi.org/10.1093/mollus/65.1.47>
- Dobler, A.H.; Hoos, P.; Geist, J. (2022). Distribution and potential impacts of non-native Chinese pond mussels *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Bavaria, Germany. *Biol. Invas*, 24, 1689–1706. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-022-02737-2>
- Donrovich, S.W.; Douda, K.; Plechingerová, V.; Rylková, K.; Horký, P.; Slavík, O.; Liu, H.Z.; Reichard, M.; Lopes-Lima, M.; Sousa, R. (2017). Invasive Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* threatens native mussel reproduction by inducing cross-resistance of host fish. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst*, 27, 1325–1333. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2759>
- Douda K, Vrtílek M, Slavík O, Reichard M. (2012). The role of host specificity in explaining the invasion success of the freshwater mussel *Anodonta woodiana* in Europe. *Biological Invasions*, 14: 127–

137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9989-7>
- Dudding J F, Michael Hart, Jennifer M. Khan, Clinton R. Robertson, Roel Lopez, and Charles R. Randklev. (2020). Reproductive life history of 2 imperiled and 1 widely distributed freshwater mussel species from the southwestern United States. *Freshwater Science*, 39(1):000–000. DOI: <https://doi.org/10.1086/707774>
- Ercan E, Gaygusuz Ö, Tarkan AS, Reichard M, Smith C. (2014). The ecology of freshwater bivalves in the Lake Sapanca basin, Turkey. *Turk J Zool*, 37: 730–738. <https://doi.org/10.3906/zoo-1212-23>
- Garner, J.T., Haggerty, T.M. & Modlin, R.F. (2015). Reproductive cycle of *Quadrula metanevra* (Bivalvia: Unionidae) in the Pickwick Dam tailwater of the Tennessee River. *American Midland Naturalist*, 141: 277–283. DOI: [https://doi.org/10.1674/0003-0031\(1999\)141\[0277:RCOQMB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1674/0003-0031(1999)141[0277:RCOQMB]2.0.CO;2)
- Haag, W.R. & Staton, J.L. (2003). Variation in fecundity and other reproductive traits in freshwater mussels. *Freshwater Biology*, 48: 2118–2130. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01155.x>
- Haag, W.R. (2012). North American freshwater mussels: natural history, ecology, and conservation. *Freshwater Biology*, 58: 1069–1069. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139048217>
- Haag, W.R. (2013). The role of fecundity and reproductive effort in defining life-history strategies of North American freshwater mussels. *Biological Reviews*, 88: 745–766. DOI: <https://doi.org/10.1111/brv.12028>
- Haggerty, T.M., Garner, J.T., Patterson, G.H. & Jones, L.C. (1995). A quantitative assessment of the reproductive biology of *Cyclonaias tuberculata* (Bivalvia: Unionidae). *Canadian Journal of Zoology*, 73: 83–88. DOI: <https://doi.org/10.1139/z95-010>
- Hinzmann M, Lopes-Lima M, Teixeira A, Varandas S, Sousa R, Lopes A, Froufe E, Machado J. (2013). Reproductive cycle and strategy of *Anodonta anatina* (L., 1758): Notes on hermaphroditism. *J. Exp. Zool.* 9999:1–13 Kat, P. W. 1984. Parasitism and the Unionacea (Bivalvia). *Biological Reviews*, 59:189–207.
- Huber V, Geist J. (2019). Reproduction success of the invasive *Sinanodonta woodiana* (Lea 1834) in relation to native mussel species. *Biological Invasions*, 21: 3451–3465. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10530-019-02060-3>
- John M. Pfeiffer, III, Daniel L. Graf. (2015). Evolution of bilaterally asymmetrical larvae in freshwater mussels (Bivalvia: Unionoida: Unionidae) *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175, (2), 307–318. DOI: <https://doi.org/10.1111/zoj.12282>
- Jones J W, William F. Henley, Anthony J. Timpano, Emmanuel Frimpong and Eric M. Hallerman. (2020). Spawning and gravidity of the endangered freshwater mussel *Epioblasma capsaeformis* (Bivalvia: Unionidae) in captivity for production of glochidia. *Invertebrate Reproduction & Development*. DOI: <https://doi.org/10.1080/07924259.2020.1837971>
- Karaouzas I, Duarte V. Gonçalves, Nicoletta Riccardi, Simone Varandas, Elsa Froufe, Stamatis Zogaris and Manuel Lopes-Lima. (2022). First established population of the Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae) in Greece. *BioInvasions Records*, 11(1): 165–172. <https://doi.org/10.3391/bir.2022.11.1.16>
- Labecka MK, Górniak K, Lichota M. (2021). Somatic determinants of changes in selected body posture parameters in younger school-age children. *PeerJ* 9:e10821. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.10821>
- Labecka, A. M., & Domagala, J. (2018). Continuous reproduction of *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1824) females: An invasive mussel species in a female-biased population. *Hydrobiologia*, 810, 57–76. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-016-2835-2>

- Labecka, A. M., & Domagala, J. (2019). Two pathways for spermatogenesis in *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Molluscan Studies*, 85, 300–310. DOI: <https://doi.org/10.1093/mollus/eyz012>
- Lima P, Monteiro SM, Sousa M and Machado J. (2012). A histological study of oogenesis in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* (Linnaeus, 1758) in Mira Lagoon, Portugal. *Malacologia*, 55:251-261. DOI: <https://doi.org/10.4002/040.055.0206>
- Liu, J., Gu, B., Bian, J., Hu, S., Cheng, X., Ke, Q., & Yan, H. (2008). Antitumor activities of liposome- incorporated aqueous extracts of *A. woodiana* (Lea, 1834). *Eur Food Res Technol*, 227: 919–924. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0806-6>
- Liu Y, Hao A, Iseri Y, Kuba T, Zhanf Z. (2014). A comparison of the mussel *Anodonta woodiana*'s acute physiological responses to different algae diets. *Jocet*, 2: 126–131. DOI: <https://doi.org/10.7763/JOCET.2014.V2.106>
- Lopes-Lima M, Froufe E, Do Tu V, Ghamizi M, Mock KE, Kebapçi Ü, Klishko O, Kovitvadhi S, Kovitvadhi U, Paulo OS, Pfeiffer JM III, Raley M, Riccardi N, Şereflişan H, Sousa R, Teixeira A, Varandas S, Wu X, Zanatta DT, Zieritz A, Bogan AE. (2017). Phylogeny of most species rich freshwater bivalve family (Bivalvia: Unionida: Unionidae): defining modern subfamilies and tribes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 106: 174–191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.08.021>
- Moezzi F Poorbagher H and Benam S. (2017). Variation in the shell form of the swan mussel, *Anodonta cygnea* (Linea, 1876) in response to water current. *International Journal of Aquatic Biology*, 5(4):275-281.
- Mzighani S. (2005). Fecundity and Population Structure of Cockles, *Anadara antiquata* L. 1758 (Bivalvia: Arcidae) from a Sandy/Muddy Beach near Dar es Salaam, Tanzania. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci.* Vol. 4(1):. 77–84. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v4i1.28475>
- Patzner, A.R. and Müller, D. (2001). Effects of eutrophication on Unionids, In: G. Baver and K. Wächtler (Eds.), *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*, Ecological Studies. Springer - Verlag Berlin Heidelberg, 145: 327-335. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-56869-5_18
- Purnama MF, Abdullah A, Admaja AK. 2019. Population density and distribution patterns of kalambodo mussel (*Anodonta woodiana*) in the sub watershed of Lahombuti river, Lahotutu village, Konawe district South East Sulawesi. *Aquasains* 8 (1): 759-768. DOI: [10.23960/aqs.v8i1.p759-768](https://doi.org/10.23960/aqs.v8i1.p759-768)
- Reis, J., & Araujo, R. (2016). Life history of the freshwater mussel *Unio tumidiformis* (Bivalvia: Unionidae) in a temporary Mediterranean-type stream. *Invertebrate Biology*, 135, 31–45. DOI: <https://doi.org/10.1111/ivb.12114>
- Robertson, S. M., T. H. Bonner, and J. N. Fries. (2016). Effects of habitat utilization on the life histories of two imperiled, sympatric *Dionda* (Cyprinidae) in the Rio Grande basin, Texas. *The American Midland Naturalist*, 175:222–232. DOI: <https://doi.org/10.1674/0003-0031-175.2.222>
- Siddique, M.A., Khatun, M.A., Rahman, M.M, Ahmed, G.U., Moniruzzaman, M., & Uddin, M.J. (2020). Annual gametogenic cycle of the freshwater pearl mussel, *Lamellidens marginalis* (Lamarck, 1819) collected from a perennial lentic habitat of Bangladesh. *Molluscan Research*, 40(1): 36-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/13235818.2019.1682954>
- Tampa AI, Lumenta,C, Kalesaran, O. (2014). Morfometrik Kijing Taiwan (*Anodonta woodiana*) di Beberapa Lokasi di Kabupaten Minahasa dan Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah platax*, 2 (2) :48-51. DOI: <https://doi.org/10.35800/jip.2.2.2014.7148>
- Thomas S. (2013). Reproductive Studies on the Short Neck Clam *Paphia malabarica* (Chemnitz) from Dharmadon Estuary,

- Kerala, India. *Indian J. Fish.* 60(4):47-50. DOI: <https://doi.org/10.6024/jmbai.2013.55.1.01755-08>
- Tomović, J., Simić, V., Tubić, B., Zorić, K., Kračun, M., Marković, V., & Paunović, M. (2013). The first record of the Chinese pond mussel *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) in Montenegro. *Arch Biol Sci, Belgrade*, 65 (4): 1525–1533. DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS1304525T>
- Vaughn, C.C. (2018). Ecosystem services provided by freshwater mussels. *Hydrobiologia*, 810, 15–27. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3139-x>
- Wächtler, K., Dreher-Mansur, M. C., & Richter, T. (2001). Larval types and early postlarval biology in naiads (Unionoida). *Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida*, 93-125. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-56869-5_6
- Wang-Ya, N., Gui-Zhang, R., Kai-Wei, J., and Jonathan P.A. Gardner. (2015). Reproductive traits of the threatened freshwater mussel *Solenia oleivora* (Bivalvia: Unionidae) from the middle Yangtze River. *Journal of Molluscan Studies*, 81: 522– 526. DOI:10.1093/mollus/eyv016.
- Watters GT. (1997). A synthesis and review of the expanding range of the Asian freshwater *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia: Unionidae). *Veliger*, 40: 152–156.
- Wu R W, Tang-Hua Chen, David T. Zanatta, Shan Ouyang and Xiao-Ping Wu. 2018. Reproductive traits of nine freshwater mussel species (Mollusca: Unionidae) from Poyang Lake, China. *Journal of Molluscan Studies*, 84: 324–332. DOI: <https://doi.org/10.1093/mollus/eyy016>
- Xu, L., Wu, X.P., Ling, G., Ouyang, S. and Xie, G.L. (2013). Reproductive traits and glochidium morphology of *Lamprotula leai* (Gray). *Journal of Nanchang University*, 37: 262–266.
- Yanai Z, Dayan T, Mienis HK, Gasith A. (2017). The pet and horticultural trades as introduction and dispersal agents of non-indigenous freshwater molluscs. *Management of Biological Invasions*, 8: 523–532. DOI: <https://doi.org/10.3391/mbi.2017.8.4.07>
- Yanovych LM. (2015). Reproductive Features of Indigenous and the Invasive Chinese Freshwater Mussels (Mollusca, Bivalvia, Anodontinae) in Ukraine. *Vestnik Zoologii*. 49(5):433-438. DOI: <https://doi.org/10.1515/vzoo-2015-0050>
- Yanuardi F, Djoko S, Djuwito. (2015). Kepadatan dan Distribusi Spasial Kijing (*Anodonta woodiana*) di Sekitar Inlet dan Outlet Perairan Rawapening. *Journal of Maquares*, 4 (2) :38-47.