

KEANEKARAGAMAN UDANG AIR TAWAR (DECAPODA: CARIDEA) DI SUNGAI BATUSUYA, SULAWESI TENGAH, INDONESIA

DIKY DWIYANTO, FAHRI, ANNAWATY

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia

ABSTRACT

Sulawesi is one of the four Greater Sunda Islands characterized by rivers and lakes habitats of freshwater shrimps and prawns with a high degree of endemism. The freshwater shrimp and prawns diversity in the Batusuya river of Donggala is less studied compared to the ancient lakes in the Central Sulawesi area. This study aimed to determine the diversity of freshwater shrimp and prawns of the Batusuya river. The sample was collected in November 2016 using tray net. The study site divided into three sampling stations based on the type of habitat. Nine species of freshwater shrimps and prawns were found, i.e., *Macrobrachium australe*, *M. esculentum*, *M. horstii*, *M. lar*, *M. placidulum*, *Caridina brevicarpalis*, *C. gracilipes*, *C. weberi*, and *Atyopsis spinipes*. Six species were found in all localities including *Macrobrachium australe*, *M. esculentum*, *M. horstii*, *M. lar*, *C. brevicarpalis*, and *C. gracilipes*, while *M. placidulum*, *C. weberi*, and *A. spinipes* were not found in all stations. The highest diversity index (H') was found in the station III indicated freshwater shrimps and prawns favored the environmental conditions of this station. The highest measure of species richness (R) was found in the station I and presumably related to the life cycle of freshwater shrimps and prawns which is amphidromous. The occurrence of nine species of freshwater shrimps and prawns along the Batusuya river indicated the environmental condition of the stream was suitable for most freshwater shrimps and prawns, and the *Macrobrachium australe* was found as the most abundant species.

KEY WORDS: freshwater shrimps, Palaemonidae, Atyidae, Batusuya Stream, Central Sulawesi

Corresponding author: DIKY DWIYANTO | dikydwiyanto@gmail.com

Submitted: 08-04-2018 | Accepted: 06-06-2018

PENDAHULUAN

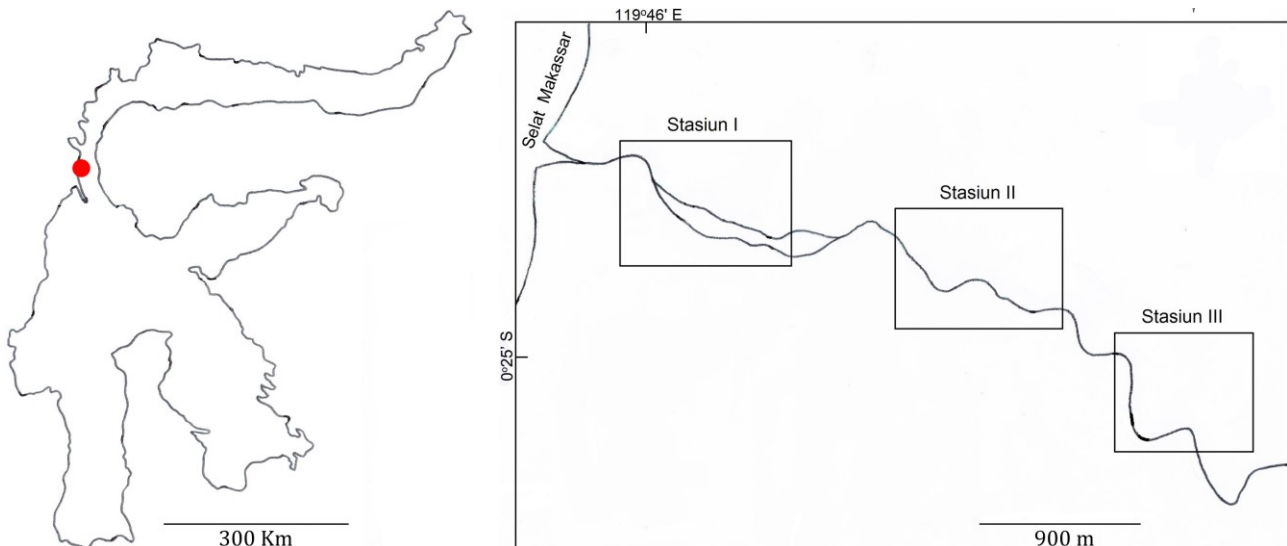
Udang air tawar merupakan salah satu avertebrata penghuni perairan tropis yang keberadaannya memiliki peranan penting dalam struktur trofik dan siklus hara (Pringle *et al.*, 1993; Covich *et al.*, 1999; Crowl *et al.*, 2001; Synder *et al.*, 2016). Habitat udang air tawar meliputi seluruh perairan mulai dari sungai, rawa, hingga danau (Wowor *et al.*, 2004).

Udang air tawar di Indonesia umumnya adalah anggota dari familia Palaemonidae dan Atyidae (Holthuis, 1980; Chan, 1998). Familia Palaemonidae didominasi oleh genus *Macrobrachium* sedangkan familia Atyidae terdiri atas genus *Atyoida* dan *Atyopsis* (Chace, 1983), *Marosina* (Cai & Ng, 2005), *Parisia* (Cai & Ng, 2009), serta *Caridina* (De Man, 1892; Schenkel, 1902; Roux, 1904; Bouvier, 1925; Woltereck, 1937a, 1937b; Chace, 1997; Cai & Ng, 2005; Roy *et al.*, 2006; Zitzler & Cai, 2006; Cai & Wowor, 2007; Klotz *et al.*, 2007; von Rintelen *et al.*, 2008; von Rintelen & Cai, 2009; Cai & Ng, 2009; Cai *et al.*, 2009; Klotz & von Rintelen, 2013; Annawaty & Wowor, 2015).

Salah satu wilayah penyebaran udang air tawar di Indonesia adalah Pulau Sulawesi. Pulau ini memiliki keanekaragaman hayati dengan tingkat endemisitas tinggi (Carstensen *et al.*, 2012), termasuk udang air tawar. Sebagai contoh, telah dilaporkan sebanyak 54 jenis udang air tawar genus *Caridina* dari pulau ini, dengan 34 jenis diantaranya merupakan species endemik (De Man, 1892; Schenkel, 1902; Roux, 1904; Woltereck, 1937a, 1937b; Cai & Ng, 2005; Zitzler & Cai, 2006; Cai & Wowor, 2007; Klotz *et al.*, 2007; von Rintelen *et al.*, 2008; von Rintelen & Cai, 2009; Cai & Ng, 2009; Cai *et al.*, 2009; Klotz & von Rintelen, 2013; Annawaty & Wowor, 2015).

Penelitian mengenai udang air tawar Sulawesi, terfokus pada taksonomi dan evolusi udang Atyid di perairan lentik khususnya danau purba (*ancient lake*). Di Danau Poso, telah dilaporkan 6 species udang air tawar yang seluruhnya anggota genus *Caridina* (Schenkel, 1902; Cai & Wowor, 2007; von Rintelen & Cai, 2009). Sistem Danau Malili dilaporkan sebanyak 15 species *Caridina* (Woltereck, 1937a, 1937b; Roy *et al.*, 2006; Zitzler & Cai, 2006; Cai *et al.*, 2009; von Rintelen & Cai, 2009). Di Danau Lindu dilaporkan sebanyak 3 species (Roux, 1904; Annawaty & Wowor, 2015).

Penelitian mengenai keanekaragaman species udang air tawar sungai (*riverine species*) familia Atyidae dan Palaemonidae di Sulawesi Tengah mulai dilaporkan kembali pada kurun waktu 3 tahun terakhir dengan dilaporkannya 9 species udang air tawar dari beberapa wilayah di Sulawesi Tengah yaitu *Macrobrachium lepidactyloides*, *M. australe*, *M. placidulum*, *M. lanchesteri*, *M. scabriculum*, *Caridina villadolidi*, *C. laoagensis*, *C. sulawesi*, dan *Atyopsis pilipes* (Annawaty & Wowor, 2015; Mulyati *et al.*, 2016; Rahmi *et al.*, 2016; Mangesa *et al.*, 2016; Yayuk *et al.*, 2016; Dwiyanto *et al.*, 2017) dengan 1 species diantaranya merupakan rekor baru yaitu *Macrobrachium scabriculum* yang dilaporkan dari Sungai Batusuya, Donggala, Sulawesi Tengah (Dwiyanto *et al.*, 2017). Species udang air tawar yang dilaporkan tersebut didominasi oleh kelompok *amphidromous*, yaitu species yang masih bergantung pada air laut dengan tingkat salinitas tinggi untuk melakukan pemijahan (Wowor *et al.*, 2009). Kelompok ini ditandai dengan ukuran telur relatif kecil yang menandakan bahwa pertumbuhan larvanya tidak langsung (*prolonged type*) (Jalihal *et al.*, 1993).



Gambar 1. Peta lokasi Sungai Batusuya di Sulawesi Tengah (kiri) dan peta lokasi stasiun pengambilan sampel udang air tawar di Sungai Batusuya (kanan)



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel udang air tawar di Sungai Batusuya (A) Stasiun I, (B) Stasiun II, dan (C) Stasiun III

Salah satu sungai di Sulawesi Tengah yang menjadi habitat udang air tawar adalah Sungai Batusuya yang terletak di Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Di tepi sungai ini terdapat vegetasi (rumput, semak, dan pohon) dan banyak kayu lapuk, membuat sungai ini menjadi habitat dari berbagai fauna akuatik termasuk udang air tawar (Dwiyanto *et al.*, 2017). Sebagai upaya konservasi biota perairan, khususnya udang air tawar, data ilmiah mengenai keanekaragaman udang air tawar di sungai ini sangat diperlukan. Karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman udang air tawar di Sungai Batusuya, Donggala, Sulawesi Tengah.

METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2016 di sungai Sungai Batusuya, Kabupaten Donggala, Sulawesi Tengah. Sampel dikoleksi dengan metode dorong dan tendang (*push and kick method*) menggunakan *tray net*, untuk menghitung kelimpahan relatif udang air tawar (Soomro, 2010). Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yang dibedakan berdasarkan kondisi habitat (Gambar 1 dan Tabel 1). Stasiun I terletak di pemukiman penduduk, stasiun II di areal perkebunan kelapa, dan stasiun III di kawasan *agroforest* (Gambar 2). Sampel yang diperoleh diawetkan menggunakan alkohol 96%.

Faktor kimia dan fisika air yang diukur meliputi pH (derajat keasaman), oksigen terlarut (*dissolved oxygen*), dan suhu. Pengamatan kondisi habitat meliputi jenis substrat, kecepatan arus, serta kedalaman sungai. Kecepatan arus dibagi menjadi 5 kategori menurut Welch & Lindell (1980) yaitu sangat lambat (< 0,10 m/detik), lambat (0,10–0,25

m/detik), sedang (0,25–0,50 m/detik), cepat (0,50–1,00m/detik), dan sangat cepat (> 1,00m/detik).

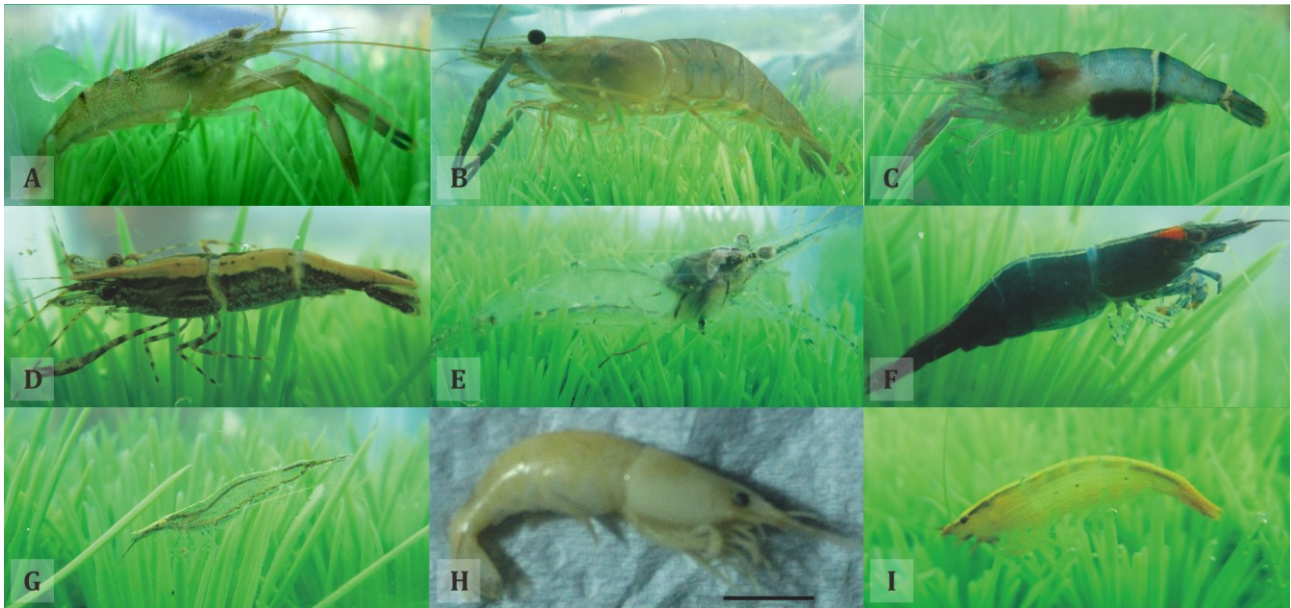
Identifikasi sampel dilakukan mengacu pada Chace (1983, 1997), Chace & Bruce (1993), dan Wowor *et al.* (2004). Selanjutnya, sampel disimpan sebagai koleksi di Laboratorium Zoologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah. Analisis data yang dilakukan meliputi indeks keanekaragaman jenis Shannon (*H'*), indeks kekayaan jenis Margalef (*R*), dan index kemiripan Bray-Curtis. Penghitungan indeks tersebut dilakukan menggunakan *software* PAST V3.16 (Hammer *et al.*, 2001). Kelimpahan relatif udang air tawar dihitung mengacu pada Soomro *et al.* (2010).

Tabel 1. Data koordinat dan jarak lokasi sampling dari muara Sungai Batusuya

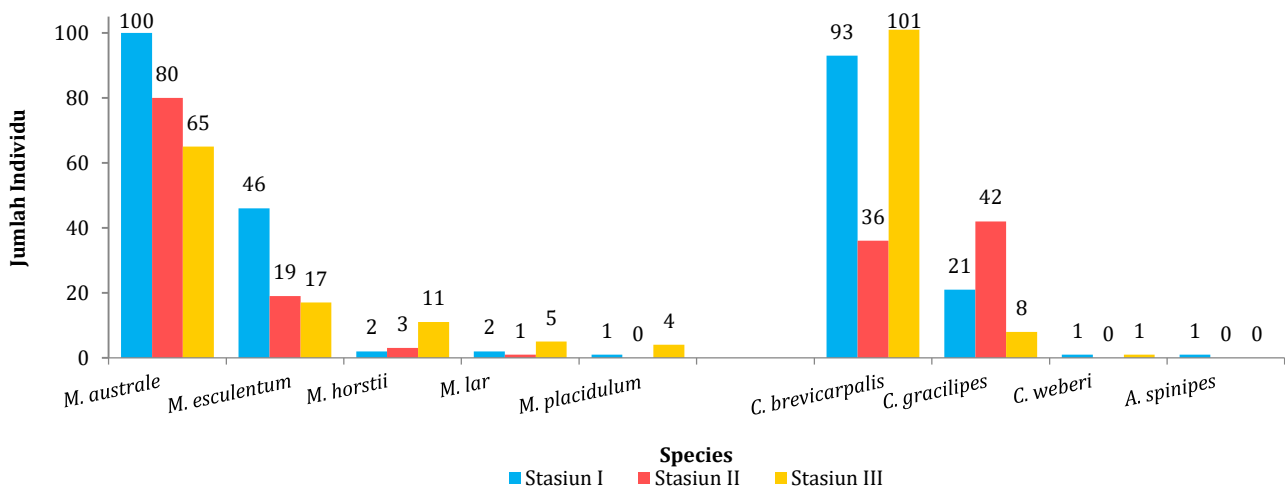
Stasiun	Koordinat	Jarak dari Muara Sungai
I	00°24'26,53"–00°24'38,14" LS 119°45'54,25"–119°46'17,34"BT	± 0,5 km
II	00°24'44,65"–00°24'56,29" LS 119°46'46,73"–119°47'13,32"BT	± 2,0 km
III	00°25'03,40"–00°25'13,52" LS 119°47'22,73"–119°47'28,94"BT	± 3,0 km

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ditemukan 9 species udang air tawar yang tergolong dalam 2 familia, Palaemonidae dan Atyidae, serta 3 genera, *Macrobrachium*, *Caridina*, dan *Atyopsis*. Familia Palaemonidae terdiri atas 5 Species yaitu *Macrobrachium australe*, *M. esculentum*, *M. horstii*, *M. lar*, dan *M. placidulum* (Gambar 3).



Gambar 3. Udang air tawar yang ditemukan di Sungai Batusuya (A) *Macrobrachium placidulum*, (B) *Macrobrachium lar*, (C) *Macrobrachium horstii*, (D) *Macrobrachium esculentum*, (E) *Macrobrachium australe*, (F) *Caridina brevicarpalis*, (G) *Caridina gracilipes*, (H) *Caridina weberi*, dan (I) *Atyopsis spinipes*



Gambar 4. Grafik jumlah individu pada setiap stasiun per jenis udang air tawar yang ditemukan di Sungai Batusuya

Familia Atyidae terdiri atas 4 Species yaitu *Caridina brevicarpalis*, *C. gracilipes*, *C. weberi*, dan *Atyopsis spinipes*. Species dari familia Palaemonidae yang ditemukan di semua stasiun yaitu *M. australe*, *M. esculentum*, *M. horstii*, dan *M. lar*, sedangkan *M. placidulum* hanya ditemukan pada stasiun II dan III (Gambar 4). *Macrobrachium australe* dan *M. esculentum* memiliki kecenderungan nilai kelimpahan relatif yang menurun dari yang tertinggi pada stasiun I dan terendah pada stasiun III, sebaliknya *M. horstii* cenderung meningkat dari yang terendah pada stasiun I dan tertinggi di stasiun III. *Macrobrachium lar* dengan nilai kelimpahan relatif secara berurutan dari yang tertinggi di stasiun III, I, dan terendah di stasiun II. Species dengan jumlah total individu terendah adalah *M. placidulum*, 4 individu di stasiun III dan 1 individu di stasiun I (Tabel 2).

Secara keseluruhan, *M. australe* merupakan species dengan kelimpahan relatif tertinggi di Sungai Batusuya. Hal tersebut diduga karena kemampuan

adaptasi jenis ini terhadap lingkungan habitatnya jauh lebih baik dibanding species lainnya. Menurut Zimmerman (2012), *M. australe* memiliki bentuk rostrum yang dapat menyesuaikan dengan kondisi perairan. Resh *et al.* (1990), melaporkan bahwa *M. australe* di Sungai Opunohu (French Polynesia) dijumpai pada kecepatan arus yang beragam mulai dari cepat-sangat cepat (0,76–1,53 m/detik). Distribusi *M. placidulum* dan *M. esculentum* meliputi bagian timur Asia Tenggara, sedangkan *M. australe* dan *M. lar* diketahui terdistribusi luas di kawasan barat Indo-Pasifik (Chen *et al.*, 2009, 2010). Satu species lainnya, yaitu *M. horstii* terdistribusi di Indonesia (Sulawesi, Bali, dan Sumatera), Filipina, Taiwan, dan Cina (De Grave *et al.*, 2013).

Species dari familia Atyidae yang ditemukan di semua stasiun yaitu *Caridina brevicarpalis* dan *C. gracilipes*. Species *C. weberi* ditemukan di stasiun I dan III, dan *A. spinipes* hanya ditemukan di stasiun I (Gambar 4).

Tabel 2. Nilai kelimpahan relatif dan indeks ekologis udang air tawar yang ditemukan di Sungai Batusuya pada setiap stasiun

No.	Atribut	Stasiun I		Stasiun II		Stasiun III	
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Familia Palaemonidae							
1	<i>Macrobrachium australe</i>	5,00	5,16	4,00	3,24	3,20	3,37
2	<i>Macrobrachium esculentum</i>	2,30	2,72	0,95	2,21	0,85	1,04
3	<i>Macrobrachium horstii</i>	0,10	0,45	0,15	0,49	0,55	1,10
4	<i>Macrobrachium lar</i>	0,10	0,31	0,05	0,22	0,25	0,44
5	<i>Macrobrachium placidulum</i>	0,05	0,22	0,00	0,00	0,15	0,37
Familia Atyidae							
1	<i>Caridina brevicarpalis</i>	4,65	5,57	1,80	3,07	5,05	4,45
2	<i>Caridina gracilipes</i>	1,05	1,79	2,10	5,59	0,40	0,99
3	<i>Caridina weberi</i>	0,05	0,22	0,00	0,00	0,05	0,22
4	<i>Atyopsis spinipes</i>	0,05	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
Indeks Ekologis							
1	Jumlah jenis (S)	9,00		6,00		8,0	
2	Jumlah total individu (N)	267,00		181,00		215,00	
3	Indeks keanekaragaman jenis Shannon (<i>H'</i>)	1,37		1,35		1,38	
4	Indeks kekayaan jenis Margalef (R)	1,43		0,96		1,31	

Tabel 3. Hasil pengukuran parameter lingkungan dan deskripsi habitat Sungai Batusuya pada setiap stasiun

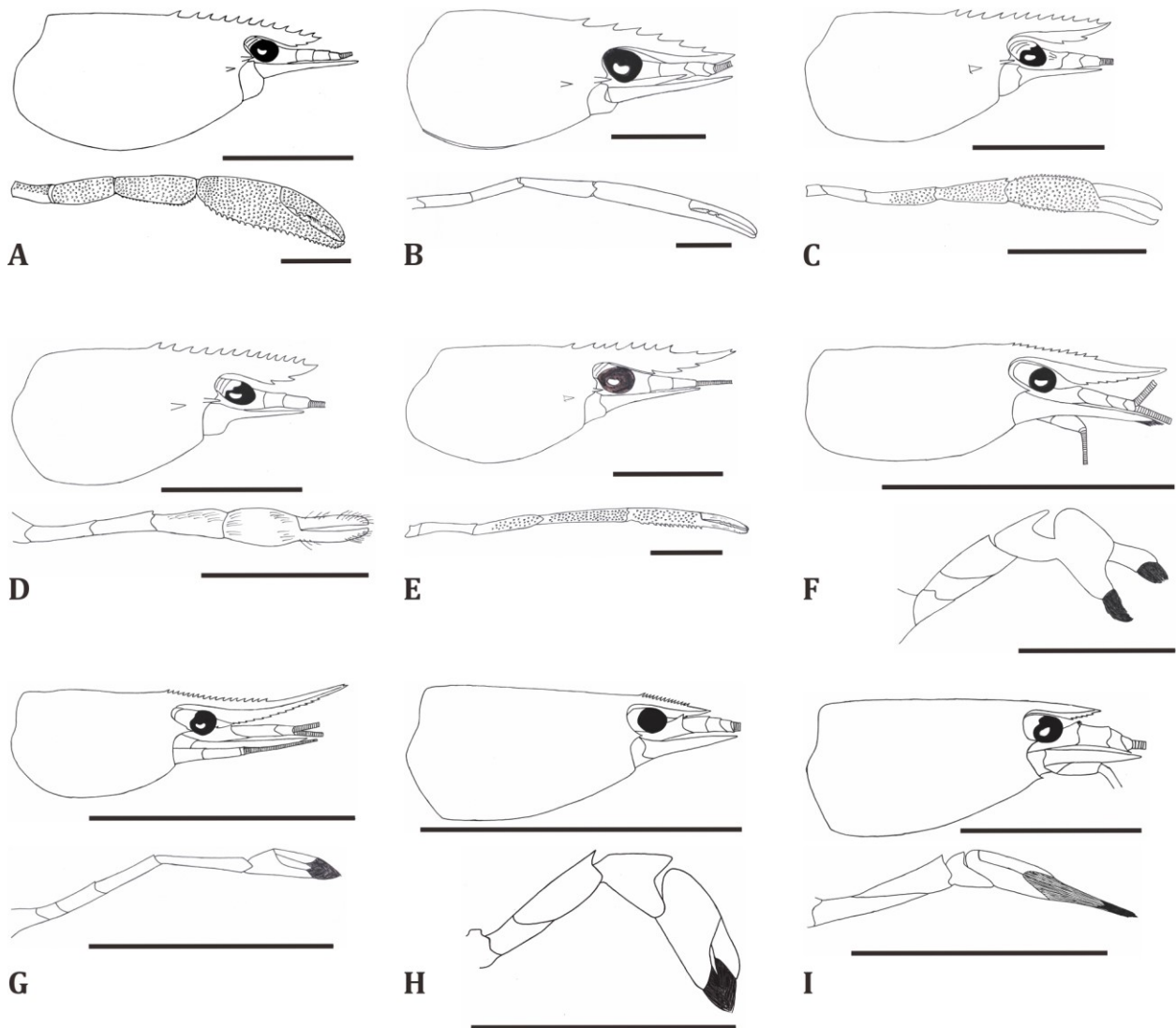
Parameter Lingkungan	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
DO (mg/l)	6,59 ± 0,22	7,25 ± 0,23	7,55 ± 0,26
pH	7 ± 0	7 ± 0	7 ± 0
Temperatur (°C)	28,45 ± 0,5	30,1 ± 1,19	28 ± 4,76
Kedalaman (cm)	27,4 ± 10,88	21,8 ± 3,21	23,75 ± 8,49
Kecepatan Arus	Lambat, cepat, dan sangat cepat	Lambat, cepat, dan sangat cepat	Sedang, cepat, dan sangat cepat
Substrat	Pasir, batu, dan lumpur	Pasir, batu, dan lumpur	Pasir, batu, dan lumpur

Nilai kelimpahan relatif *C. brevicarpalis* tertinggi ditemukan di stasiun III, disusul stasiun I, dan terendah di stasiun II, sedangkan *C. gracilipes* mempunyai kelimpahan yang tertinggi di stasiun II, disusul stasiun I, dan terendah di stasiun III. *Caridina weberi* ditemukan dengan nilai kelimpahan yang sama yaitu 1 individu di stasiun I dan III, sedangkan *A. spinipes* merupakan species dengan nilai kelimpahan terendah di Sungai Batusuya yang hanya ditemukan 1 individu pada stasiun I (Tabel 2). Tingginya kelimpahan relatif *C. brevicarpalis* disebabkan memiliki morfologi carpus yang pendek sehingga mampu beradaptasi dengan kondisi arus yang lambat hingga cepat (Gambar 5F), sedangkan *Caridina gracilipes* melimpah dikarenakan kesesuaian kondisi lingkungan. Han *et al.* (2011), melaporkan bahwa *C. gracilipes* di Sungai Kang Kou Taiwan diperoleh pada kisaran suhu 23 hingga 35,8°C.

Caridina brevicarpalis terdistribusi di Indonesia, Kepulauan Fiji, dan Filipina, sedangkan *C. gracilipes* terdistribusi mulai dari Indonesia hingga China, Taiwan, dan Filipina (Cai & Shokita, 2006). Distribusi *C. weberi* meliputi Indonesia, Polynesia, India, dan Kepulauan Marqueses (Hung *et al.*, 1993; Kazmi & Siddiqui, 2002), *A. spinipes* terdistribusi di Filipina, bagian timur Paparan Sunda, hingga timur Pulau Pasifik (Chace, 1983; Cai & Ng, 2001).

Kisaran nilai rata-rata oksigen terlarut (DO) yaitu 6,59–7,55 mg/l (Tabel 3). Rata-rata oksigen terlarut tertinggi terdapat pada stasiun III yang terletak di wilayah *agroforest*. Kadar oksigen terlarut pada suatu wilayah perairan dipengaruhi oleh aktivitas fotosintesis di sungai dan laju aliran air dalam proses

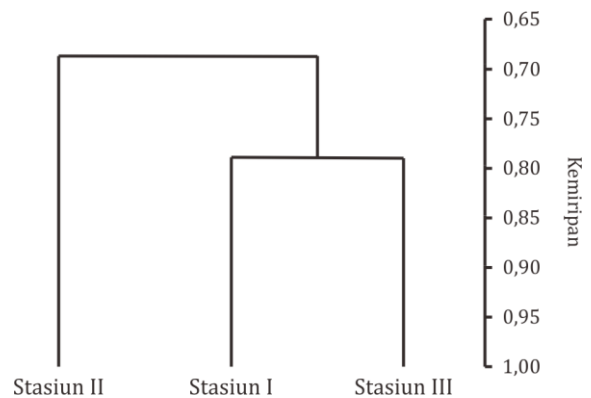
reoksidasi (Akindele & Adeniyi, 2013; Simeon *et al.*, 2014). Nilai rata-rata pH yaitu 7 yang merupakan pH normal pada perairan sehingga sangat mendukung keberadaan udang air tawar. Soomro *et al.* (2010) melaporkan sebanyak 10 species udang air tawar ditemukan pada wilayah dengan rata-rata pH perairan 7,3. Suhu perairan berkisar antara 28,0–30,1°C dengan nilai tertinggi pada stasiun II yang terletak dikawasan perkebunan kelapa. Udang air tawar umumnya lebih banyak dijumpai pada perairan dengan suhu rendah (Simeon *et al.*, 2014). Kisaran kedalaman sungai yaitu 21,8–27,4 cm. Kedalaman sungai yang cenderung dangkal (< 30 cm) menyebabkan lebih banyak ditemukan familia Palaemonidae dibanding Atyidae. Menurut March *et al.* (2002), *Macrobrachium* banyak ditemukan pada sungai dengan kedalaman 16,0 hingga 20,9 cm. Sungai Batusuya diketahui memiliki kecepatan arus sungai dengan kisaran lambat hingga sangat cepat (Tabel 3), namun demikian menurut Simeon *et al.* (2014) keberadaan species udang air tawar cenderung tidak dipengaruhi oleh kecepatan arus. Substrat di Sungai Batusuya berupa pasir, batu, dan lumpur. Kondisi tersebut menyebabkan rendahnya kelimpahan *C. weberi* dan *A. spinipes*. *Caridina weberi* lebih sering ditemukan pada perairan dengan substrat berupa serasah daun (Williams, 2002), sedangkan *A. spinipes* umumnya menyukai substrat berupa akar atau rumput (Chace, 1983). Menurut Annawaty *et al.* (2016) substrat juga merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi distribusi udang air tawar di suatu perairan.



Gambar 5. Perbandingan karakter morfologi (tampak samping *carapace* dan *pereopod*) udang air tawar yang ditemukan di Sungai Batusuya (A) *Macrobrachium placidulum*, (B) *Macrobrachium* lar, (C) *Macrobrachium horstii*, (D) *Macrobrachium esculentum*, (E) *Macrobrachium australe*, (F) *Caridina brevicarpalis*, (G) *Caridina gracilipes*, (H) *Caridina weberi*, dan (I) *Atyopsis spinipes*. Skala: *carapace* (A-H) = 1 cm, (I)=0,5 cm, *pereopod* (A-E) = 1cm, (F) = 0,25 cm, (G-I) = 0,5 cm

Pada penelitian ini diketahui nilai indeks keanekaragaman jenis Shannon udang air tawar di Sungai Batusuya berbeda pada setiap stasiun, tertinggi terdapat pada stasiun III ($H' = 1,38$), diikuti stasiun I ($H' = 1,37$) dan terendah pada stasiun II ($H' = 1,35$) (Tabel 2). Pada stasiun III diketahui memiliki kadar oksigen terlarut tertinggi dibanding stasiun lain sehingga menyebabkan keanekaragaman jenis tertinggi pada stasiun ini. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simeon *et al.* (2014) dimana keberadaan udang air tawar memiliki korelasi yang signifikan terhadap kadar oksigen terlarut di perairan. Indeks kekayaan species Margalef's tertinggi terdapat pada stasiun I ($R = 1,43$), diikuti stasiun III ($R = 1,31$), dan terendah pada stasiun II ($R = 0,96$) (Tabel 2). Nilai ini menunjukkan bahwa kekayaan species udang air tawar lebih tinggi terdapat pada wilayah yang dekat dengan air laut/payau. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Soomro *et al.* (2016) bahwa udang air tawar yang bersifat *amphidromous* akan bermigrasi ke wilayah hilir untuk melakukan pemijahan.

Berdasarkan komposisi species dan jumlah individu tiap species, nilai indeks kemiripan Bray-Curtis menunjukkan stasiun I dan III memiliki tingkat kesamaan sebesar 79% (Gambar 6).



Gambar 6. Dendrogram indek kemiripan Bray-Curtis komposisi jenis udang air tawar yang ditemukan di Sungai Batusuya

Kemiripan ini didukung oleh dua faktor yaitu fisikokimia dan jarak dari muara sungai yang berbeda. Stasiun III memiliki oleh kadar oksigen terlarut tertinggi, sementara stasiun I memiliki jarak terdekat dengan muara sungai.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan 9 species udang air tawar yang tergolong dalam dua familia, yaitu Palaemonidae yang terdiri atas satu genus yaitu *Macrobrachium*, dan Atyidae yang terdiri atas dua genus yaitu *Caridina* dan *Atyopsis*. Keberadaan udang air tawar di Sungai Batusuya diketahui cenderung dipengaruhi kondisi lingkungan serta siklus hidup.

Penelitian mengenai udang air tawar masih perlu dilanjutkan dengan mengkaji keanekaragaman jenisnya pada wilayah hulu yang belum terdampak oleh aktivitas manusia.

DAFTAR REFERENSI

- Akindele EO, Adeniyi IF. 2013. A study of the physico-chemical water quality, hydrology and zooplankton fauna of Opa Reservoir catchment area, Ile-Ife, Nigeria. *Afr J Environ Sci Technol*. 7(5):192-213.
- Annawaty, Wowor D, Farajallah A, Setiadi D, Suryobroto B. 2016. Habitat preference and distribution of the freshwater shrimp of the genus *Caridina* (Crustacea: Decapoda: Atyidae) in Lake Lindu, Sulawesi. *HAYATI J Biosci*. 23(2):45-50.
- Annawaty, Wowor D. 2015. The atyid shrimps from Lake Lindu, Central Sulawesi, Indonesia with description of two new species (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Zootaxa*. 3957(5):501-519.
- Bouvier EL. 1925. Recherches sur la morphologie, les variations, la distribution géographique des crevettes de la famille des Atyidés. *Encycl Entomol*. 4:1-370.
- Cai Y, Ng PKL. 2001. The freshwater decapod crustaceans of Halmahera, Indonesia. *J Crustacean Biol*. 21(3):665-695.
- Cai Y, Ng PKL. 2005. *Marosina*, a new genus of troglitic shrimps (Decapoda, Atyidae) from Sulawesi, Indonesia, with descriptions of two new species. *Crustaceana*. 78(2):129-139.
- Cai Y, Ng PKL. 2009. The freshwater shrimps of the genera *Caridina* and *Parisia* from karst caves of Sulawesi Selatan, Indonesia, with descriptions of three new species (Crustacea: Decapoda: Caridea: Atyidae). *J Nat Hist*. 43(17-18):1093-1114.
- Cai Y, Shokita S. 2006. Report on a collection of freshwater shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) from the Philippines, with descriptions of four new species. *Raffles Bull Zool*. 54(2):245-270.
- Cai Y, Wowor D, Choy S. 2009. Partial revision of freshwater shrimps from Central Sulawesi, Indonesia, with descriptions of two new species (Crustacea: Decapoda: Atyidae). *Zootaxa*. 2045:15-32.
- Cai Y, Wowor D. 2007. Atyidae shrimps from Lake Poso, Central Sulawesi, Indonesia with description of a new species (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Raffles Bull Zool*. 55(2):311-320.
- Carstensen DW, Dalsgaard B, Svenning JC, Rahbek C, Fjeldsa J, Sutherland WJ, Olesen JM. 2012. Biogeographical modules and island roles: a comparison of Wallacea and the West Indies. *J Biogeogr*. 39(4):739-749.
- Chace FAJr, Bruce AJ. 1993. The Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) of the *Albatross* Philippine expedition, 1907-1910. Part 6: superfamily Palaemonoidea. *Smithson Contr Zool*. 543:1-152.
- Chace FAJr. 1983. The *Atya*-like shrimps of the Indo-Pacific region (Decapoda: Atyidae). *Smithson Contr Zool*. 384:1-54.
- Chace FAJr. 1997. The Caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) of the *Albatross* Philippine expedition, 1907-1910. Part 7: families Atyidae, Eugonatonotidae, Rhynchocinetidae, Bathypalaemonellidae, Processidae, and Hippolytidae. *Smithson Contr Zool*. 587:1-106.
- Chan TY. 1998. Shrimps and prawns. In: Carpenter KE, Niem VH, editors. *FAO species identification for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 2. Cephalopods, crustaceans, holothurians and sharks*. Rome: FAO. p 851-865.
- Chen RT, Chang ST, Yeh MF, Chen HP, Chen TH, Tsai CF, Tzeng WN. 2010. Distribution of the freshwater prawns (*Macrobrachium* Bate, 1868) in Taiwan in relation to their biogeographic origins. *Taiwan Journal of Biodiversity*. 12(1):83-95.
- Chen RT, Tsai CF, Tzeng WN. 2009. Freshwater prawns (*Macrobrachium* Bate, 1868) of Taiwan with special references to their biogeographical origins and dispersion routes. *J Crustac Biol*. 29(2):232-244.
- Covich AP, Palmer MA, Crowl TA. 1999. The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystems: zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience*. 49(2):119-127.
- Crowl TA, McDowell WH, Covich AP, Johnson SL. 2001. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. *Ecology*. 82(3): 775-783.
- De Grave S, Wowor D, Shy J. 2013. *Macrobrachium horstii*. The IUCN red list of threatened species 2013.e.T197628A2493686 [Internet]. [cited 2018 February 20]. Available from: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T197628A2493686.en>.
- De Man JG. 1892. Decapoden des Indischen archipels. In: Weber M, editor. *Zoologische ergebnisse einer reise in Niederländisch Ost-Indien: zweiter teil*. 2:265-527. Bremen: Dogma. Plate 15-29.
- Dwiyanto D, Fahri, Annawaty. 2017. Laporan pertama udang air tawar *Macrobrachium scabriculum* (Heller, 1862) dari Batusuya, Donggala, Sulawesi, Indonesia. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 6(3):254-262.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaentologia Electronica*, 4(1):1-9 [Internet]. [cited 2017 December 26]. Available from: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Han CC, Chang CS, Cheng IM, Fang LS, Tew KS. 2011. Population dynamics of a landlocked and amphidromous freshwater shrimp, *Caridina gracilipes* (Decapoda: Caridea) in subtropical waters. *J Crustac Biol*. 31(2):278-285.
- Holthuis LB. 1980. *FAO species catalogue. Vol.1. Shrimp and prawn of the world. An annotated catalogue of species of interest to fisheries*. *FAO Fish Synop*. 125(1):271p.
- Hung MS, Chan TY, Yu HP. 1993. Atyid shrimps (Decapoda: Caridea) of Taiwan, with descriptions of three new species. *J Crustac Biol*. 13(3): 481-503.
- Jalihal DR, Sankolli KN, Shenoy S. 1993. Evolution of larval developmental patterns and the process of freshwaterization in the prawn genus *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae). *Crustaceana*. 65(3):365-376.
- Kazmi QB, Siddiqui FA, Kazmi MA. 2002. Range Extension of *Caridina weberi sumatrensis* De Man, 1892 (Decapoda, Caridea, Atyidae) to Sindh Waters (Karachi, Pakistan). *Turk J Zool*. 26:43-46.
- Klotz W, Karge A, Von Rintelen K. 2007. A redescription of two atyid shrimps (Decapoda: *Caridina*) from Central Sulawesi, Indonesia. *Zootaxa*. 1466:1-10.
- Klotz W, Von Rintelen K. 2013. Three new species of *Caridina* (Decapoda: Atyidae) from Central Sulawesi and Buton Island, Indonesia, and a checklist of the islands' endemic species. *Zootaxa*. 3664(4):554-570.
- Mangesa HE, Fahri, Annawaty. 2016. Inventarisasi udang air tawar di Sungai Toranda, Palolo, Sigi, Sulawesi Tengah, Indonesia. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 5(3):288-295.
- March JG, Pringle CM, Townsend MJ, Wilson AI. 2002. Effects of freshwater shrimp assemblages on benthic communities along an altitudinal gradient of a tropical island stream. *Freshwat Biol*. 47:377-390.
- Mulyati T, Fahri, Annawaty. 2016. Inventarisasi udang air tawar genus *Caridina* di Sungai Poboya Palu, Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 5(1):83-96.

- Pringle CM, Blake GA, Covich AP, Buzby KM, Finley A. 1993. Effects of omnivorous shrimp in a montane tropical stream: sediment removal, disturbance of sessile invertebrates and enhancement of understory algal biomass. *Oecologia*. 93(1):1–11.
- Rahmi, Fahri, Annawaty. 2016. Keanekaragaman jenis udang air tawar di sungai Tinombo Kecamatan Tinombo Kabupaten Parigi Moutong Provinsi Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 5(2):199–208.
- Resh VH, Barnes JR, Craig DA. 1990. Distribution and ecology of benthic macroinvertebrates in the Opunohu river catchment, Moorea, French Polynesia. *Annlis Limnol*. 26(2-3):195–214.
- Roux J. 1904. Décapodes d'eau douce de Célèbes (Genres *Caridina* & *Potamon*). *Revue Suisse de Zoologie*. 12:539–572.
- Roy D, Kelly DW, Fransen CHJM, Heath DD, Haffner GD. 2006. Evidence of small-scale vicariance in *Caridina lanceolata* (Decapoda: Atyidae) from the Malili Lakes, Sulawesi. *Evol Ecol Res*. 8:1087–1099.
- Schenkel E. 1902. Beitrag zur kenntnis der Dekapodenfauna von Celebes. *Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel*. 13: 485–585.
- Simeon T, Gideon A, Dramane D, Idrissa CA, Mexmin KK, Pierre N. 2014. Impact of anthropogenic activities on water quality and freshwater shrimps diversity and distribution in five rivers in Douala, Cameroon. *J Bio & Env Sci*. 4(2): 83–194.
- Soomro AN, Suzuki H, Kitazaki M, Kobari T. 2010. Species composition of freshwater shrimps in Kikai-Jima Island, Southern Japan. *J Crustac Biol*. 30(4):721–726.
- Soomro AN, Waryani B, Hiroshi S, Baloch WA, Masashi S, Qureshi ST, Saddozai S. 2016. Diversity of freshwater shrimps (Atyidae and Palaemonidae) along the continuum of Urabaru Stream, Kikaijima Island, Japan. *Pakistan J Zool*. 48(2):569–573.
- Synder MN, Freeman MC, Purucker ST, Pringle CM. 2016. Using occupancy modeling and logistic regression to assess the distribution of shrimp species in lowland streams, Costa Rica: does regional groundwater create favorable habitat?. *Freshw Sci*. 35(1): 80–90.
- von Rintelen K, Cai Y. 2009. radiation of endemic species flocks in ancient lakes: systematic revision of the freshwater shrimp *Caridina* H. Milne Edwards, 1837 (Crustacea: Decapoda: Atyidae) from the ancient lakes of Sulawesi, Indonesia, with the description of eight new species. *Raffles Bull Zool*. 57(2):343–452.
- von Rintelen K, Karge A, Klotz W. 2008. News from a small island-first record of freshwater shrimp (Decapoda, Atyidae, *Caridina*) from Peleng, Banggai Islands, Indonesia. *J Nat Hist*. 42(33–34):2243–2256.
- Welch EB, Lindell T. 1980. Ecological effects of wastewater: applied limnology and pollutant effects. Cambridge: Cambridge University Press. 337 p.
- Williams JL. 2002. Effects of the tropical freshwater shrimp *Caridina weberi* (Atyidae) on leaf litter decomposition. *Biotropica*. 34(4):616–619.
- Woltereck E. 1937a. Systematisch- variationsanalytische untersuchungen über die rassen- und artbildung bei süßwassergarnelen aus der gattung *Caridina* (Decapoda, Atyidae). *Int Rev ges Hydrobiol Hydrogr*. 34(1-6):208–262.
- Woltereck E. 1937b. Zur Systematik und geographischen verbreitung der Caridinen. *Int Rev ges Hydrobiol Hydrogr*. 34(1-6):294–330.
- Wowor D, Cai Y, Ng PKL. 2004. Crustacea: Decapoda, Caridea. In: Yule CM and Yong HS, editors. *Freshwater invertebrates of the Malaysian region*. Kuala Lumpur: Academy of Sciences Malaysia press. p. 337–357.
- Wowor D, Muhtu V, Meier R, Balke M, Cai Y, Ng PKL. 2009. Evolution of life history traits in Asian freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) based on multilocus molecular phylogenetic analysis. *Mol Phylogenetics Evol*. 52(2):340–350.
- Yayuk P, Fahri, Annawaty. 2016. Udang air tawar genus *Atyoida* di Sungai Pondo, Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 5(2):192–198.
- Zimmermann G, Bosc P, Valade P, Cornette R, Améziane N, Debat V. 2011. Geometric morphometrics of carapace of *Macrobrachium australe* (Crustacea:Palaemonidae) from Reunion Island. *Acta Zool*. 93(4):492–500.
- Zitzler K, Cai Y. 2006. *Caridina spongicola*, new species, a freshwater shrimp (Crustacea: Decapoda: Atyidae) from the ancient Malili lake system of Sulawesi, Indonesia. *Raffles Bull Zool*. 54(2):271–276.