

Potensi ikan pelangi arfak *Melanotaenia arfakensis* Allen 1990 sebagai biokontrol larva nyamuk

The potential of arfak rainbowfish *Melanotaenia arfakensis* Allen 1990 as biocontrol of mosquito larvae

Emmanuel Manangkalangi^{✉1}, Simon P. O. Leatemala¹, Paskalina Th. Lefaan², Hans F. Z. Peday³, Luky Sembel¹

¹ Fakultas Peternakan Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPPIK), Universitas Negeri Papua

² Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Papua

³ Fakultas Kehutanan, Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari 98314

Diterima: 8 November 2014; Disetujui: 26 Mei 2015

Abstrak

Penelitian potensi ikan pelangi arfak sebagai biokontrol larva nyamuk dilaksanakan di laboratorium Laboratorium Perikanan FPPIK Universitas Negeri Papua pada bulan Agustus sampai November 2013. Tujuan penelitian ini untuk mendeskripsikan potensi ikan pelangi arfak sebagai biokontrol larva nyamuk dan membandingkannya dengan dua spesies ikan introduksi *Gambusia affinis* dan *Aplocheilichthys panchax*. Ketiga spesies ini dikoleksi dari daerah aliran Sungai Prafi, Manokwari yang diaklimatisasi selama satu bulan di laboratorium. Dipilih individu jantan dan dikelompokkan berdasarkan panjang tubuh ke dalam empat kelas ukuran. Tiga individu dipilih mewakili setiap spesies dan kelas ukuran. Setiap individu diberi perlakuan dengan larva nyamuk (tahap instar IV dan pupa) sebanyak 100 individu secara terpisah, serta 50 individu instar dan pupa secara bersamaan. Tingkat pemangsaan dan pilihan kedua tipe mangsa ini dicatat, waktu pengamatan 15 menit. Ketiga spesies menunjukkan tingkat pemangsaan terhadap instar dan pupa semakin meningkat dengan semakin besarnya ukuran tubuh, tingkat pemangsaan terhadap instar lebih tinggi dibandingkan pupa pada perlakuan pemberian kedua mangsa secara terpisah. Selanjutnya, tingkat pemangsaan ikan pelangi arfak terhadap instar dan pupa lebih tinggi dibandingkan kedua spesies ikan lainnya pada semua kelas ukuran, serta tingkat pilihan yang relatif tidak berbeda di antara kedua tipe mangsa pada setiap kelas ukuran. Hasil penelitian ini dan juga kriteria lainnya, menunjukkan bahwa ikan pelangi arfak memiliki potensi sebagai agen biokontrol terhadap larva nyamuk.

Kata kunci: biokontrol, larva nyamuk, Manokwari, *Melanotaenia arfakensis*

Abstract

Research on the potency of arfak rainbowfish as a biocontrol of mosquito larvae was held in Fisheries Laboratory FPPIK, the Universitas Negeri Papua from August to November 2013. The aim of this study was to describe the potency of arfak rainbowfish as a biocontrol of mosquito larvae and compared it with two introduction fish species, *Gambusia affinis* and *Aplocheilichthys panchax*. All of the three species collected from Prafi River, Manokwari were acclimatized for one month in the laboratory. Male individuals were selected and grouped into four size classes according to body length. Three individuals were chosen to represent each species in each size class. Each individual was treated with mosquito larvae (stage IV instars and pupae) of 100 individuals separately, as well as 50 individual instars and pupae simultaneously. The level of predation and selectivity of both prey types was recorded, within 15-minute observation period. All of the three species showed levels of predation on instars and pupae increased with increasing body size. The level of predation on instars was higher than the pupae when the two treatment preys were treated separately. Furthermore, the predation level of arfak rainbowfish on instars and pupae higher than the other two fish species in all size classes, and also the relative degree of selectivity did not differ between the two types of prey in each size class. These results as well as other criteria, indicates *M. arfakensis* has potential as a biocontrol agent to mosquito larvae.

Keywords: biocontrol, mosquito larvae, Manokwari, *Melanotaenia arfakensis*

Pendahuluan

Nyamuk dikenal sebagai vektor berbagai penyakit di seluruh dunia, termasuk patogen yang menyebabkan encephalitis, malaria, demam berdarah, dan filariasis (Homski *et al.* 1994, dan

Walker 2002) di hampir semua negara tropis dan subtropis (Chandra *et al.* 2008). Beberapa dasawarsa belakangan ini, pengendalian nyamuk secara biologis telah berkembang dengan menggunakan ikan pemakan larva (larvivora) di antaranya melalui studi yang dilakukan oleh Wurts-

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: manangkalangi2013@yahoo.com

baugh *et al.* (1980), Jacob *et al.* (1983), Nalim & Tribuwono (1987), Asimeng & Mutinga (1992), Russell *et al.* (2001), Martínez-Ibarra *et al.* (2002), Willems *et al.* (2005), Bhattacharjee *et al.* (2009), Haq & Yadav (2011), Aditya *et al.* (2012), Gupta & Banerjee 2013, Griffin (2014), dan Saleeza *et al.* (2014). Spesies ikan larvivora yang memiliki persebaran luas, yaitu *Gambusia affinis* (Pyke 2005) dan *Aplocheilichthys panchax* (Costa 2013). Kedua spesies ini telah diperkenalkan ke perairan tawar Papua untuk mengendalikan populasi nyamuk malaria pada tahun 1930-an (Allen 1991) dan tahun 1990-an (Allen *et al.* 2000). Namun, introduksi spesies tersebut, terutama *G. affinis* memberikan dampak negatif terhadap berbagai kelompok organisme lain (misalnya ikan, amfibi, dan avertebrata) melalui mekanisme pemangsaan dan kompetisi sumber makanan (Gamradt & Kats 1996, Goodsell & Kats 1999, Economidis *et al.* 2000, Leyse *et al.* 2004, Segev *et al.* 2009). Hasil penelitian Manangkalangi & Kaliele (2011) menunjukkan potensi kompetisi makanan di antara *G. affinis* dan *M. arfakensis* dengan tingkat kesamaan makanan yang tinggi (0,926 pada skala 0-1).

Ikan pelangi arfak adalah spesies endemik di perairan tawar Papua, khususnya pada beberapa sungai di Manokwari (Allen 1991). Hasil penelitian sebelumnya (Manangkalangi *et al.* 2010, Manangkalangi & Kaliele 2011) menunjukkan bahwa makanan utama ikan ini adalah kelompok insekta air (larva dan pupa). Namun belum ada informasi mengenai potensi biokontrol ikan pelangi terhadap larva nyamuk. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan potensi biokontrol ikan endemik Papua ini dan membandingkannya dengan dua spesies ikan yang diperkenalkan untuk mengendalikan larva nyamuk di Manokwari.

Bahan dan metode

Lokasi dan waktu penelitian

Contoh ikan pelangi arfak *M. arfakensis*, kepala timah *A. panchax*, dan *G. affinis* diambil dari Sungai Nimbai, anak Sungai Prafi yang terletak di daerah *ritral* berdasarkan penelitian sebelumnya (Gambar 1). Aklimatisasi dan uji biokontrol dilakukan di Laboratorium Perikanan – FPPIK Universitas Negeri Papua. Pengumpulan contoh ikan, aklimatisasi dan pengujian biokontrol terhadap larva nyamuk berlangsung dari bulan Agustus sampai November 2013.

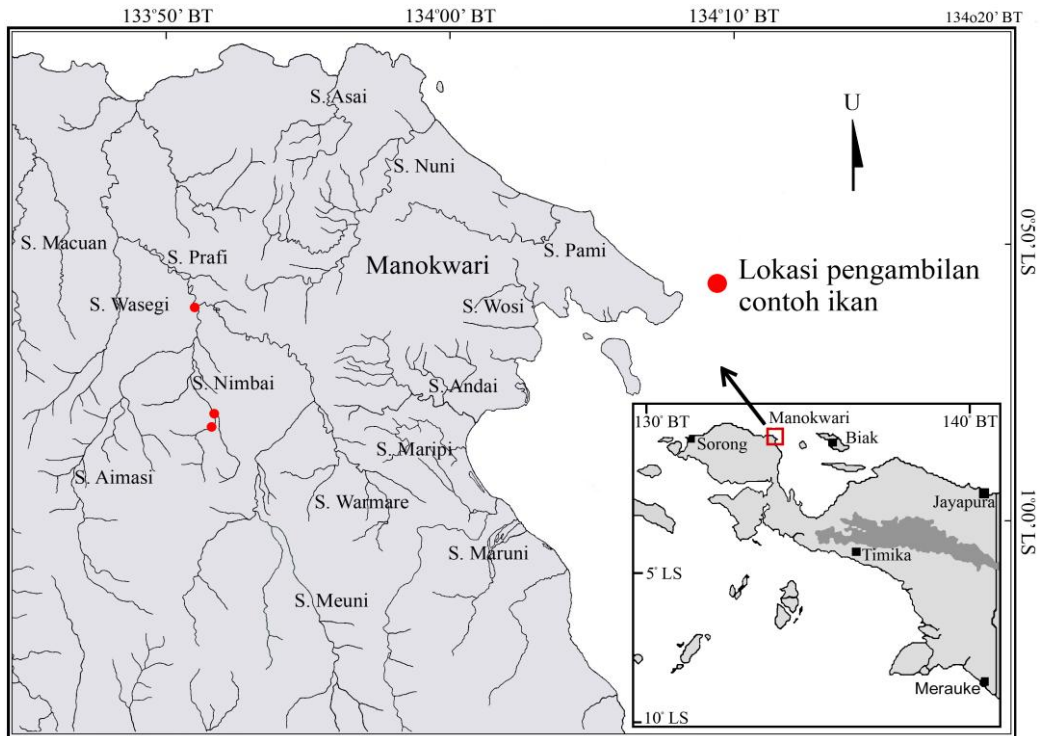
Koleksi dan aklimatisasi contoh ikan

Contoh ikan yang telah dikumpulkan dibawa ke laboratorium dan dipelihara dalam akuarium berukuran 80 cm x 35 cm x 40 cm (112 L). Kondisi kualitas air awal disesuaikan dengan habitat aslinya (Manangkalangi *et al.* 2009a). Proses aklimatisasi dalam skala laboratorium dilakukan selama satu bulan dengan menggunakan pakan alami.

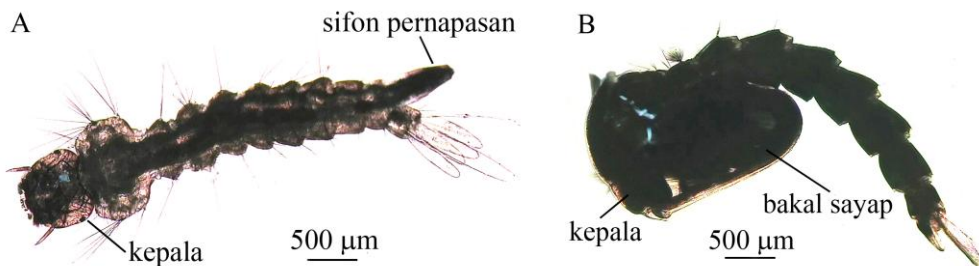
Contoh ikan dipilih berdasarkan ukuran panjang total dan karakter morfologis kelamin sekunder untuk menentukan jenis kelamin (Manangkalangi *et al.* 2009b). Penelitian uji biokontrol terhadap larva nyamuk menggunakan ikan jantan. Setiap spesies ikan dikelompokkan ke dalam kelas ukuran 30-40 mm, 40-50 mm, 50-60 mm, dan >60 mm. Khusus untuk *G. affinis*, hanya diperoleh dua kelas ukuran, yaitu: 30-40 mm dan 40-50 mm. Pengukuran panjang total setiap individu ikan menggunakan kaliper berketelitian 0,01 mm.

Koleksi dan penanganan larva nyamuk

Larva nyamuk dikoleksi secara harian dari saluran pembuangan dan genangan di sekitar Kampus Universitas Negeri Papua dan permu-



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh ikan di Sungai Nimbai, Sistem Sungai Prafi (Dimodifikasi dari Bakosurtanal 2006)



Gambar 2. Morfologi tahap larva nyamuk yang digunakan dalam percobaan biokontrol. A. instar IV tampak atas, dan B. pupa tampak samping

kiman masyarakat. Larva nyamuk yang diperoleh dipisahkan berdasarkan tahap perkembangan, yaitu instar IV dan pupa (Gambar 2). Tahap instar berdiameter lebih kecil dibandingkan pupa dan menurut Bouchard (2004), bagian kepala berbentuk kapsul serta bersklerosa. Pada tahap pupa, selain berukuran lebih besar, hampir semua skeleton tubuhnya menjadi lebih keras karena bersklerosa. Umumnya tahap pupa tidak aktif bergerak dibandingkan tahap instar (Colless & McAlpine 1996).

Desain percobaan tingkat pemanfaatan dan pilihan

Dalam percobaan ini, satu individu setiap spesies yang telah diseleksi berdasarkan kelas ukuran ditempatkan dalam wadah berisi 5 liter air. Sebelum percobaan pemberian instar dan pupa nyamuk, semua ikan tidak diberi makan selama 24 jam untuk standarisasi tingkat kelaparan (Jacob *et al.* 1983, Russell *et al.* 2001, Willems *et al.* 2005, Bhattacharjee *et al.* 2009, Gupta & Banerjee 2013, Saleeza *et al.* 2014). Selanjutnya

setiap spesies dan kelompok ukuran diberi perlakuan dengan instar (tahap IV) dan pupa masing-masing sebanyak 100 individu secara terpisah, serta 50 individu instar dan 50 individu pupa secara bersamaan. Jumlah instar dan pupa yang dikonsumsi setiap individu ikan selama periode 15 menit dihitung. Pemilihan periode waktu ini berdasarkan hasil penelitian Gupta & Banerjee (2013) yang menemukan bahwa sebagian besar predasi terhadap larva dan pupa nyamuk berlangsung dalam periode tersebut.

Pemilihan ukuran mangsa tertentu (instar IV dan pupa nyamuk) diuji berdasarkan spesies dan kelas ukuran ikan. Jumlah larva (instar IV dan pupa) yang dikonsumsi per ikan selama periode pengamatan 15 menit dicatat. Tingkat pemilihan dihitung menggunakan indeks pilihan (Ivlev 1961) dengan formula sebagai berikut:

$$S = \frac{(r_i - p_i)}{(r_i + p_i)}$$

Keterangan: S= tingkat pilihan (nilai -1 sampai 1), r_i = kelimpahan relatif mangsa ke-i (berdasarkan tahap perkembangan mangsa) yang dikonsumsi, dan p_i = proporsi ketersediaan mangsa tipe ke-i dalam akuarium.

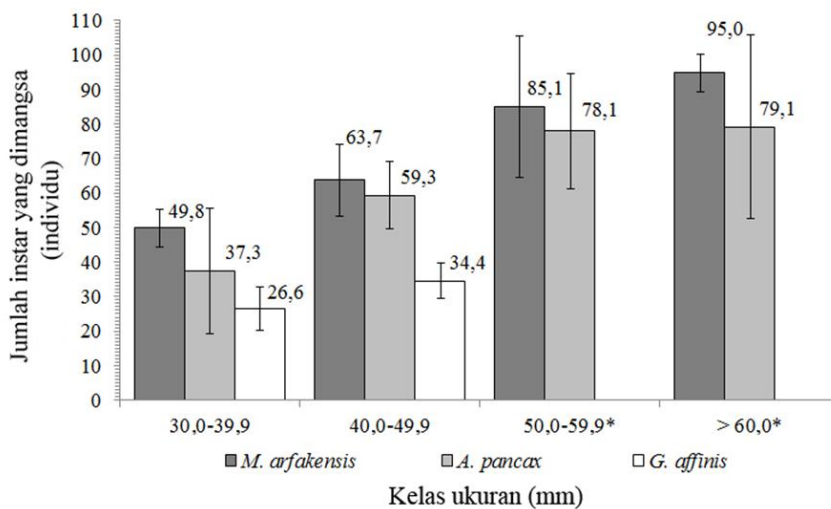
Hasil

Tingkat pemangsaan terhadap larva nyamuk

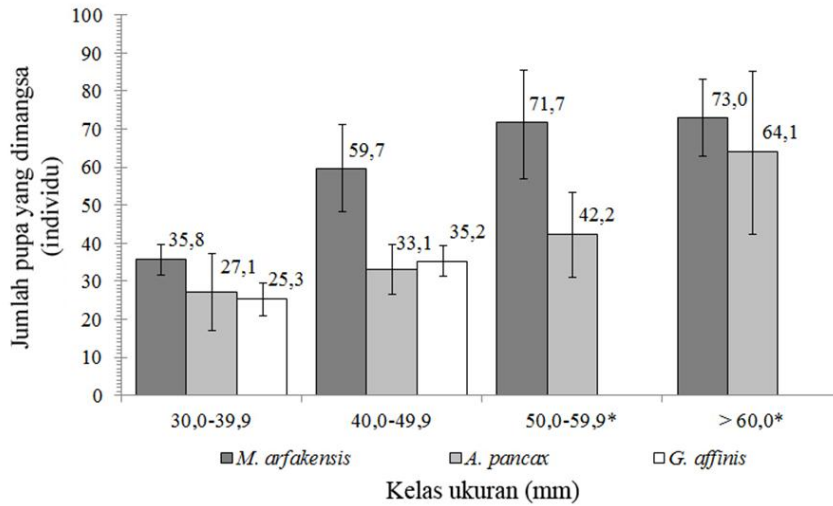
Hasil pengamatan tingkat pemangsaan terhadap instar dan pupa oleh ketiga spesies ikan menunjukkan kecenderungan bahwa semakin besar ukurannya, ikan memiliki tingkat pemangsaan terhadap larva dan pupa nyamuk yang makin meningkat (Gambar 3 dan 4). Berdasarkan tipe mangsa, tingkat pemangsaan terhadap instar lebih tinggi dibandingkan terhadap pupa pada semua spesies ikan. Tingkat pemangsaan terhadap instar dan pupa nyamuk oleh ikan pelangi arfak (*M. arfakensis*) lebih tinggi dibandingkan dengan kedua spesies ikan lainnya (*A. panchax* dan *G. affinis*) pada kelompok ukuran sedang dan besar.

Tingkat pilihan terhadap tahap larva nyamuk

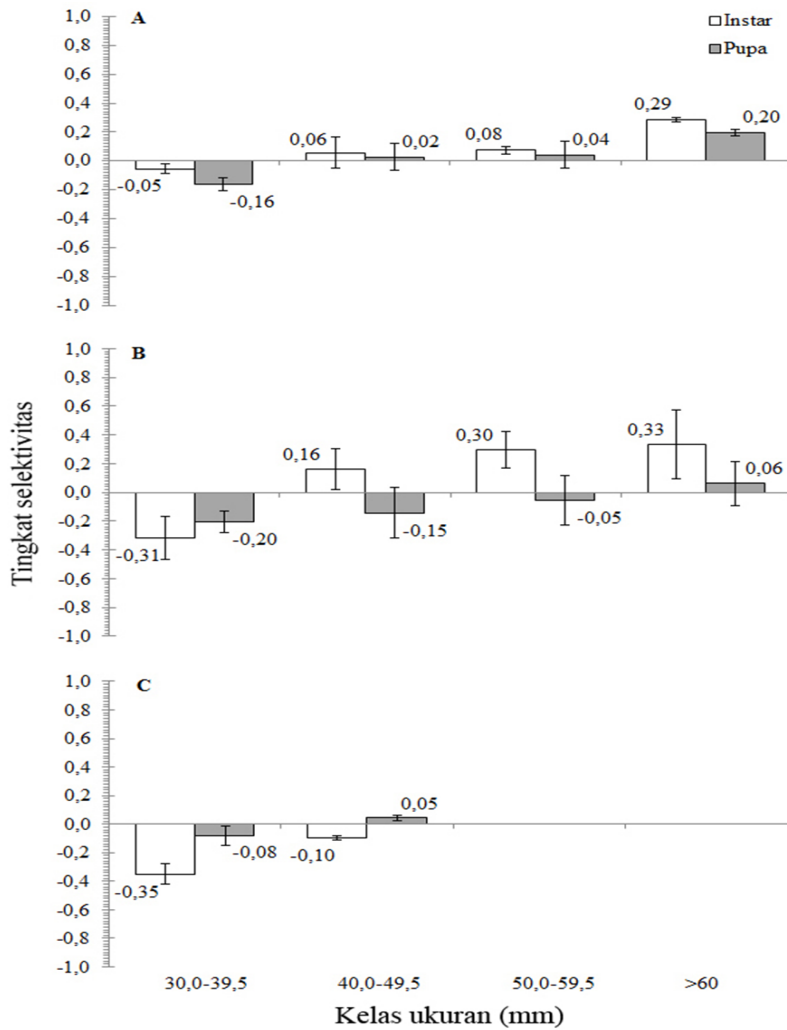
Tingkat pilihan di antara mangsa instar IV dan pupa nyamuk oleh ikan pelangi arfak, kepala timah dan pemakan nyamuk ditampilkan pada Gambar 5. Pada ikan pelangi arfak, tingkat pilihan terhadap instar IV dan pupa relatif tidak berbeda pada setiap kelas ukurannya (Gambar 5). Kondisi yang berbeda ditunjukkan oleh *A. panchax* yang cenderung memilih tahap instar IV dan *G. affinis* memilih tahap pupa.



Gambar 3. Rata-rata tingkat pemangsaan terhadap instar IV pada perlakuan pemberian 100 individu (skala batang = simpangan baku, *tidak diperoleh individu *G. affinis* yang termasuk dalam kelas ukuran)



Gambar 4. Rata-rata tingkat pemangsaan terhadap pupa pada perlakuan pemberian 100 pupa nyamuk (skala batang = simpangan baku, *tidak diperoleh individu *G. affinis* yang termasuk dalam kelas ukuran)



Gambar 5. Rata-rata tingkat pilihan terhadap perlakuan pemberian 50 pupa dan 50 instar nyamuk. A. *M. afakensis*, B. *A. panchax*, dan C. *G. affinis*. (*tidak diperoleh individu *G. affinis* yang termasuk dalam kelas ukuran).

Pembahasan

Tingkat pemangsaan terhadap larva nyamuk

Penelitian sebelumnya (Jacob *et al.* 1983, Gupta & Banerjee 2013, Saleeza *et al.* (2014) menemukan bahwa ukuran ikan memengaruhi tingkat pemangsaan terhadap instar dan pupa nyamuk. Selain ukuran, spesies ikan juga memengaruhi tingkat pemangsaan instar yang lebih tinggi dibandingkan pupa nyamuk. Ghosh *et al.* (2005) dan Gupta & Banerjee (2013) juga melaporkan bahwa tingkat pemangsaan instar yang lebih tinggi dibandingkan pupa nyamuk pada enam spesies ikan (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Oreochromis niloticus*, *Clarias batrachus*, *Poecilia reticulata*, dan *A. panchax*). Pemilihan mangsa instar dibandingkan pupa diduga berkaitan dengan ukuran, pergerakan, dan struktur skeletonya. Tahap instar relatif lebih kecil, aktif bergerak, dan skeletonya relatif lebih lunak dibandingkan pupa (Colles & McAlpine 1996) sehingga lebih mudah untuk dicerna. Juga, pergerakan mangsa merupakan salah satu faktor yang memengaruhi visibilitas ikan pemangsa (Wurtsbaugh *et al.* 1980). Hasil penelitian Krause & Godin (1995) menunjukkan bahwa ikan pemangsa akan sangat sensitif terhadap gerakan dan sering kali memilih mangsa berdasarkan gerakannya.

Tingkat pemangsaan ikan pelangi arfak terhadap kedua tahap mangsa yang lebih tinggi diduga berkaitan dengan pergerakannya yang lebih aktif dibandingkan dua spesies ikan lainnya (*A. panchax* dan *G. affinis*), khususnya pada individu berukuran besar. Russell *et al.* (2001) juga melaporkan tingkat pemangsaan yang lebih tinggi terhadap instar dan pupa nyamuk oleh ikan pelangi lainnya (*Melanotaenia splendida splendida*) dibandingkan *P. reticulata*.

Tingkat pilihan terhadap tahap larva nyamuk

Kecenderungan pemilihan mangsa juga telah dilaporkan dalam penelitian sebelumnya, yaitu tahap instar oleh *A. panchax* (Gupta & Banerjee 2013) dan tahap pupa pada *G. affinis* berukuran besar (Homski *et al.* 1994). Pemilihan terhadap mangsa juga diduga berkaitan dengan mekanisme anti pemangsa dari mangsa dan morfologi ikan pemangsa. Pupa cenderung melakukan gerakan anti pemangsa dengan cara bergerak ke arah dasar perairan, namun keberhasilannya juga bergantung kepada ada atau tidak ikan pemangsa yang terus mengejanya (Awasthi *et al.* 2012). *Gambusia affinis* (Poeciliidae) termasuk kelompok pemakan permukaan (*surface pickers*) (Sazima 1986, Mansfield & McArdle 1998), demikian juga dengan *A. panchax*, berkaitan dengan posisi mulut di bagian sisi atas (*superior*) sehingga lebih efektif menangkap mangsa di permukaan dan kolom air. Berbeda halnya pada *M. arfakensis*, mulut terletak di bagian ujung depan (*terminal*) dan bentuk tubuh pipih (Allen 1991). Letak mulut yang demikian memungkinkan spesies ini mengambil makanan di bagian permukaan, kolom air, dan dasar perairan. Bentuk tubuh yang pipih memungkinkan ikan bisa melakukan olah gerak ke atas dan ke bawah lebih cepat (Oliveira *et al.* 2010).

Potensi ikan sebagai biokontrol larva nyamuk

Menurut Job (1940) in Chandra *et al.* (2008), ikan harus mempunyai sembilan kriteria sebagai biokontrol terhadap larva nyamuk (*larvivora*), yang berkaitan dengan ukuran, daya tahan, reproduksi dan rentang daur hidup, tingkah laku mencari makan, potensi ekonomi, dan kesesuaian dengan lingkungan sekitarnya. Kesembilan kriteria tersebut, yaitu: 1) berukuran kecil, kuat dan dapat diperoleh dengan mudah di perairan dangkal yang terdapat tumbuhan air sebagai tempat

berkembang biaknya nyamuk, 2) harus tahan terhadap kekeringan dan mampu berkembang di perairan dangkal maupun dalam, serta dalam tangki air minum dan kolam tanpa mengkontaminasi air tersebut, 3) memiliki daya tahan terhadap penanganan yang kasar dan transportasi jarak jauh, 4) harus bisa bereproduksi secara produktif dan memiliki rentang daur hidup singkat, 5) harus bisa bereproduksi secara bebas dan berhasil pada perairan yang terbatas, 6) harus memiliki tingkah laku sebagai pemakan permukaan dan karnivora serta harus memiliki kecenderungan memilih larva nyamuk walaupun terdapat tipe makanan yang lain, 7) tidak boleh berwarna cerah atau menarik, 8) harus serasi dengan ikan yang hidup di lingkungan tersebut, dan 9) bukan merupakan ikan konsumsi. Sangat sulit untuk menemukan suatu spesies ikan yang bisa memenuhi semua kriteria tersebut dan oleh karena itu, seleksi biokontrol biasanya berdasarkan sebanyak mungkin kriteria yang bisa dipenuhi.

Indikasi potensi ikan pelangi arfak sebagai biokontrol terhadap larva nyamuk terlihat dari tingkat pemangsaan yang lebih tinggi terhadap instar dan pupa, serta tingkat pilihannya yang relatif tidak berbeda di antara kedua tahap mangsa ini dibandingkan dua spesies ikan introduksi lainnya. Hasil pengamatan di laboratorium menunjukkan bahwa pemangsaan terhadap larva nya-

muk sudah mulai terjadi pada ukuran panjang baku sekitar 15 mm. Selain itu, ada enam kriteria yang dipenuhi oleh ikan pelangi arfak sebagai agen biokontrol terhadap larva nyamuk. Spesies ini termasuk berukuran kecil (panjang baku sekitar 80 mm); individu berukuran kecil dan dewasa yang akan melakukan aktifitas pemijahan terdapat pada tipe habitat di bagian tepi sungai yang tenang dan banyak terdapat vegetasi atau bagiangnya yang terendam (Manangkalangi *et al.* 2009a) sebagai habitat berkembang biak nyamuk. Ikan pelangi arfak yang berukuran kecil relatif lebih tahan untuk transportasi jarak jauh. Aktifitas reproduksinya berlangsung sepanjang tahun (Manangkalangi *et al.* 2009b). Penelitian sebelumnya (Manangkalangi *et al.* 2013) juga menunjukkan keberhasilan reproduksi ikan pelangi arfak dalam skala yang terbatas (dalam wadah akuarium). Tipe mulut terminal atau terletak di ujung depan bagian kepala yang memungkinkannya memanfaatkan mangsa yang berada di permukaan, kolom air, maupun dasar perairan; termasuk kelompok karnivora, khususnya insektivora (Manangkalangi *et al.* 2010). Ikan pelangi arfak termasuk ikan endemik di perairan sekitar Manokwari (Allen 1991) sehingga serasi dengan ikan yang hidup di lingkungannya; dan tidak berpotensi sebagai ikan konsumsi karena ukurannya yang kecil.

Tabel 1. Karakteristik fisik-kimiawi habitat ikan pelangi arfak, kepala timah, dan pemakan nyamuk

Spesies	Kisaran parameter fisik dan kimiawi		
	Suhu air (°C)	Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	pH
<i>M. arfakensis</i> ^{d,e,h,j}	21,1-28,6	3,6-7,5	6,27-8,60
<i>A. panchax</i> ^{b,c,f,i,j}	14,0-41,0	0,3-15,8	3,60-11,40
<i>G. affinis</i> ^{a,g,j}	11,9-28,0	2,2-10,6	5,66-7,95

^aBerra *et al.* (1975), ^bAli (1990), ^cZakaria *et al.* (1999), ^dSabariah *et al.* (2005), ^eTapilatu & Renyaan (2005), ^fShah *et al.* (2006), ^gAl-Hafedh (2007), ^hManangkalangi *et al.* (2009a), ⁱShah *et al.* (2010), ^jManangkalangi *et al.* (2014).

Namun demikian, ada beberapa kelemahan ikan pelangi arfak sebagai agen biokontrol larva nyamuk, di antaranya berkaitan dengan kisaran toleransinya terhadap parameter lingkungan yang lebih sempit dibandingkan dua spesies introduksi *A. panchax* dan *G. affinis* (Tabel 1) sehingga peka terhadap perubahan kondisi lingkungan. Selain itu, ikan pelangi arfak juga tidak tahan terhadap kekeringan dan tidak tahan terhadap penanganan yang kasar. Kelemahan lain ikan ini sebagai agen biokontrol, yaitu memiliki warna yang cerah dan menarik sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai ikan hias.

Informasi mengenai potensi ikan asli sebagai agen biokontrol larva nyamuk masih relatif sedikit yang telah dilaporkan (Russell *et al.* 2001, Martínez-Ibarra *et al.* 2002, Haq & Yadav 2011, Aditya *et al.* 2012), termasuk di Indonesia. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa spesies ikan asli memiliki potensi sebagai agen biokontrol terhadap larva nyamuk. Oleh karena itu disarankan agar dalam upaya pengendalian larva nyamuk digunakan ikan asli, dan bukan ikan asing. Hal ini untuk mencegah dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh spesies ikan asing terhadap kelangsungan sumber daya hayati setempat, seperti yang telah dilaporkan dalam kebanyakan penelitian sebelumnya (Gamradt & Kats 1996, Goodsell & Kats 1999, Economidis *et al.* 2000, Leye *et al.* 2004, Segev *et al.* 2009, Manangkalangi & Kaliele 2011).

Simpulan

Ikan pelangi arfak berpotensi sebagai biokontrol terhadap larva (instar dan pupa) nyamuk dengan tingkat pemangsaan yang lebih tinggi dibandingkan *A. panchax* dan *G. affinis*. Spesies ini juga memenuhi enam kriteria sebagai biokontrol larva nyamuk, di antaranya ukuran yang relatif kecil, aktifitas reproduksi berlangsung se-

panjang tahun, bisa dikembangbiakkan dalam skala wadah terbatas, termasuk kelompok insektivora, ikan endemik sehingga serasi dengan ikan yang hidup di lingkungannya, dan bukan merupakan ikan asing.

Persantunan

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DP2M Dikti Kemdikbud yang telah memberikan dana melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional sehingga penelitian ini bisa terlaksana. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Frengky N. Krey, C. Rumandola, A.J.E. Saroy, R. Howay, dan Nurhani Widiastuti yang telah membantu dalam pengumpulan contoh ikan dan larva nyamuk. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Vera Sabariah, M.Sc. dan Ir. Ridwan Sala, M.Si. yang telah membaca dan mengoreksi tulisan ini.

Daftar pustaka

- Aditya G, Pal S, Saha N, Saha GK. 2012. Efficacy of indigenous larvivorous fishes against *Culex quinquefasciatus* in the presence of alternative prey: Implications for biological control. *Journal of Vector Borne Diseases*, 49(4): 217-225.
- Al-Hafedh YS. 2007. An eco-biological study of the mosquitofish, *Gambusia affinis*, from the Eastern Province of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 14(1): 115-122.
- Ali BA. 1990. Some ecological aspects of fish populations in tropical ricefields. *Hydrobiologia*, 190(3): 215-222.
- Allen GR. 1991. *Field guide to the freshwater fishes of New Guinea*. Christensen Research Institute, Madang. 268 p.
- Allen GR, Hortle KG, Renyaan SJ. 2000. *Freshwater fishes of the Timika Region New Guinea*. PT. Freeport Indonesia, Timika Indonesia. 175 p.
- Asimeng EJ, Mutinga MJ. 1992. Field evaluation of *Tilapia zilli* (Gervais) as a biological control agent for mosquito control. *Biological Control*, 2(4): 317-320.

- Awasthi AK, Wu CH, Hwang JS. 2012. Diving as an anti-predator behavior in mosquito pupae. *Zoological Studies*, 51(8): 1225-1234.
- Bhattacharjee I, Aditya G, Chandra G. 2009. Laboratory and field assessment of the potential of larvivorous, air-breathing fishes as predators of culicine mosquitoes. *Biological Control*, 49(2): 126-133.
- Berra TM, Moore R, Reynolds LF. 1975. The freshwater fishes of the Laloki River Systems of New Guinea. *Copeia*, 1975(2): 316-326.
- Bouchard RW. 2004. *Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest: identification manual for students, citizen monitors, and aquatic resource professionals*. University of Minnesota, St. Paul. 207 p.
- Chandra G, Bhattacharjee I, Chatterjee SN, Ghosh A. 2008. Mosquito control by larvivorous fish. *Indian Journal of Medical Research*, 127(1): 13-27.
- Colless DH, McAlpine DK. 1996. Diptera (Flies) *In*: Naumann ID, Carne PB, Lawrence JF, Nielsen ES, Spradbery JP, Taylor RW, Whitten MJ, Littlejohn MJ (eds). *The insects of Australia: A textbook for students and research workers*. Vol. II. Melbourne University Press. pp. 717-786.
- Costa WJEM. 2013. Historical biogeography of aplocheiloid killifishes (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Vertebrate Zoology*, 63(2): 139-154.
- Economidis PS, Dimitriou E, Pagoni R, Michaloudi E, Natsis L. 2000. Introduced and translocated fish species in the inland waters of Greece. *Fisheries Management and Ecology*, 7(3): 239-250.
- Gamradt SC, Kats LB. 1996. Effects of introduced crayfish and mosquito fish on California newts. *Conservation Biology*, 10(4): 1155-1162.
- Ghosh A, Mandal S, Bhattacharjee I, Chandra G. 2005. Biological control of vector mosquitoes by some common exotic fish predators. *Turkish Journal of Biology*, 29(3): 167-171.
- Goodsell JA, Kats LB. 1999. Effect of introduced mosquitofish on Pacific treefrogs and the role of alternative prey. *Conservation Biology*, 13(4): 921-924.
- Griffin L. 2014. Laboratory evaluation of predation on mosquito larvae by Australian mangrove fish. *Journal of Vector Ecology*, 39(1): 197-203.
- Gupta S, Banerjee S. 2013. Comparative assessment of mosquito biocontrol efficiency between guppy (*Poecilia reticulata*) and panchax minnow (*Aplocheilus panchax*). *Bioscience Discovery*, 4(1): 89-95.
- Haq S, Yadav RS. 2011. Geographical distribution and evaluation of mosquito larvivorous potential of *Aphanius dispar* (Rüppell), a native fish of Gujarat, India. *Journal of Vector Borne Diseases*, 48(4): 236-240.
- Homski D, Goren M, Gasith A. 1994. Comparative evaluation of the larvivorous fish *Gambusia affinis* and *Aphanius dispar* as mosquito control agents. *Hydrobiologia*, 284(2): 137-146.
- Ivlev VS. 1961. *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press, New Haven. 302 p.
- Jacob SS, Nair NB, Balasubramanian NK. 1983. Influence of certain environmental factors on the predatory efficiency of the larvivorous fish *Macropodus cupanus*. *Environmental Biology of Fishes*, 9(3-4): 295-300.
- Krause J, Godin JGJ. 1995. Predator preferences for attacking particular prey group sizes: consequences for predator hunting success and prey predation risk. *Animal Behaviour*, 50(2): 465-473.
- Leyse KE, Lawler SP, Strange T. 2004. Effects of an alien fish, *Gambusia affinis*, on an endemic California fairy shrimp, *Lindneriella occidentalis*: implications for conservation of diversity in fishless waters. *Biology Conservation*, 118(1): 57-65.
- Manangkalangi E, Kaliele MY. 2011. Luas re-lung, tumpang tindih dan strategi mencari makanan ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis*) dan ikan pemakan nyamuk (*Gambusia affinis*) di Sungai Nimbai, Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 7(2): 153-164.
- Manangkalangi E, Leatemia SPO, Lefaan PT, Peday HFZ. 2013. Strategi konservasi in situ ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis*) pada sistem Sungai Prafi Manokwari dan upaya domestikasinya. [Laporan Penelitian Stategi Nasional]. Universitas Negeri Papua. 81 hlm. (Tidak dipublikasi).
- Manangkalangi E, Leatemia SPO, Lefaan PT, Peday HFZ, Sembel L. 2014. Kondisi

- habitat ikan pelangi arfak, *Melanotaenia arfakensis* Allen, 1990 di Sungai Nimbai, Prati Manokwari. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 14(1): 21-36.
- Manangkalangi E, Rahardjo MF, Sjfaii DS. 2009a. Habitat ontogeni ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis*) di Sungai Nimbai dan Sungai Aimasi, Manokwari *Jurnal Natural*, 8(1): 4-11.
- Manangkalangi E, Rahardjo MF, Sjfaii DS, Sulistiono. 2009b. Musim pemijahan ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis* Allen) di Sungai Nimbai dan Sungai Aimasi, Manokwari. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 9(1): 1-12.
- Manangkalangi E, Rahardjo MF, Sjfaii DS, Sulistiono. 2010. Preferensi makanan ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis* Allen) di Sungai Nimbai dan Sungai Aimasi, Manokwari. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10(2): 123-135.
- Mansfield S, McArdle BH. 1998. Dietary composition of *Gambusia affinis* (Poeciliidae) populations in the northern Waikato region of New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 32(3): 375-383.
- Martínez-Ibarra JA, Guillén YG, Arredondo-Jiménez JI, Rodríguez-López MH. 2002. Indigenous fish species for the control of *Aedes aegypti* in water storage tanks in Southern México. *BioControl*, 47(4): 481-486.
- Nalim S, Tribuwono D. 1987. Control demonstration of the ricefield breeding mosquito *Anopheles aconitus* Sonitz in Central Java, using *Poecilia reticulata* through community participation: 2. Culturing, distribution and use of fish in the field. *Buletin Penelitian Kesehatan*, 15(4): 1-7.
- Oliveira EF, Goulart E, Breda L, Minte-Vera CV, de Souza Paiva LR, Vismara MR. 2010. Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotropical Ichthyology*, 8(3): 569-586.
- Pyke GH. 2005. A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15(4): 339-365.
- Russell BM, Wang J, Williams Y, Hearnden MN, Kay BH. 2001. Laboratory evaluation of two native fishes from tropical North Queensland as biological control agents of subterranean *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 17(2): 124-126.
- Sabariah V, Simatauw F, Kopalit H. 2005. Ekto-parasit dan endoparasit ikan rainbow arfak (*Melanotaenia arfakensis*) dari Sungai Nuni-Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 1(2): 95-101.
- Saleeza SNR, Norma-Rashid Y, Sofian-Azirun M. 2014. Guppies as predators of common mosquito larvae in Malaysia. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 45(3): 299-308.
- Sazima I. 1986. Similarities in feeding behaviour between some marine and freshwater fishes in two tropical communities. *Journal of Fish Biology*, 29(1): 53-65.
- Segev O, Mangel M, Blaustein L. 2009. Deleterious effects by mosquitofish (*Gambusia affinis*) on the endangered fire salamander (*Salamandra infraimmaculata*). *Animal Conservation*, 12(1): 29-37.
- Shah ASRM, Ismail BS, Mansor M, Othman R. 2010. Diversity and distribution of fish in irrigation water derived from recycled and uncontrolled flow water sources in the Muda ricefields. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 33(2): 213-222.
- Shah ASRM, Zarul HH, Chan KY, Zakaria R, Khoo KH, Mashhor M. 2006. A recent survey of freshwater fishes of the Paya Beriah peat swamp forest, north Perak, Malaysia. *Jurnal Biosains*, 17(1): 51-64.
- Tapilatu RF, Renyaan AWA. 2005. Kajian aspek morfologis rainbowfish arfak (*Melanotaenia arfakensis*) pada habitat aslinya di beberapa daerah aliran sungai dalam kawasan lindung Pegunungan Arfak Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 1(2): 79-86.
- Walker K. 2002. *A review of control methods for African malaria vectors*. Activity Report 108, Environmental Health Project, Office of Health, Infectious Diseases and Nutrition, Bureau for Global Health, US Agency for International Development, Washington, DC. 42 p.
- Willems KJ, Webb CE, Russell RC. 2005. A comparison of mosquito predation by the fish *Pseudomugil signifer* Kner and *Gambusia holbrooki* (Girard) in laboratory trials. *Journal of Vector Ecology*, 30(1): 87-90.
- Wurtsbaugh W, Cech Jr. JJ, Compton J. 1980. Effect of fish size on prey size selection in

Gambusia affinis. In: CD Grant (ed.). *Proceedings and Papers of the Forty-Eighth Annual Conference of the California Mosquito and Vector Control Association, Inc.* January 20-23, 1980. Quality Inn, Anaheim, California. pp. 48-51.

Zakaria R, Mansor M, Ali AB. 1999. Swamp-riverine tropical fish population: a comparative study of two spatially isolated freshwater ecosystems in Peninsular Malaysia. *Wetlands Ecology and Management*, 6(4): 261-268.