

Kondisi habitat ikan pelangi arfak, *Melanotaenia arfakensis* Allen, 1990 di Sungai Nimbai, Prafi Manokwari

[Habitat condition of arfak rainbowfish, *Melanotaenia arfakensis* Allen, 1990 at Nimbai Streams, Prafi Manokwari]

Emmanuel Manangkalangi^{1,✉}, Simon P. O. Leatemia¹, Paskalina Th. Lefaan², Hans F. Z. Peday³, Luky Sembel¹

¹Fakultas Peternakan, Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Negeri Papua

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Papua

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

Diterima: 06 Juli 2013; Disetujui: 14 Januari 2014

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan kondisi habitat ikan pelangi arfak, *Melanotaenia arfakensis* yang endemik di Sungai Nimbai pada bulan Juni-Juli dan September-Oktober 2012. Pada lokasi ini ditetapkan tujuh stasiun pengambilan contoh organisme dan parameter lingkungan dari segmen di bagian hulu sampai ke arah hilir masing-masing dengan dua tipe habitat, yaitu tepi sungai beraliran lambat dan daerah beraliran deras. Parameter kualitas habitat yang diukur meliputi kecepatan aliran air, suhu air, gas oksigen terlarut, pH, konsentrasi minyak dan lemak, kondisi vegetasi riparian, komposisi dan kepadatan makrovertebrata air, serta komposisi dan penyebaran spesies ikan. Pengumpulan contoh vegetasi riparian tepi sungai menggunakan petak contoh berukuran 4 m² untuk tingkat semai dan 400 m² untuk tingkat pancang, tiang, dan pohon. Pengumpulan contoh makrovertebrata dan ikan kedua tipe habitat menggunakan surber berukuran 0,0625 m² dan *hand net*. Hasil penelitian ini memperlihatkan ikan pelangi arfak hanya ditemukan pada segmen sungai di bagian hulu. Keberadaan spesies ini berkaitan dengan kondisi parameter fisik-kimiawi perairan yang mendukung kehidupannya, tersedianya habitat pemijahan dan perlindungan bagi larva, dan tersedianya makanan berupa insekta air. Ketidakhadiran ikan ini pada segmen sungai di bagian ke arah hilir disebabkan oleh menurunnya kualitas habitat yang berkaitan dengan berkurangnya tutupan vegetasi riparian dan masuknya limbah organik ke dalam sistem sungai, serta keberadaan ikan asing. Hasil ini memperlihatkan terjadinya penurunan kualitas dan luasan habitat yang layak bagi spesies ikan endemik ini. Oleh karena itu perlu adanya upaya pelestariannya melalui konservasi habitat alami agar populasinya tetap lestari.

Kata penting: endemik, karakteristik habitat, *Melanotaenia arfakensis*, sungai

Abstract

This research aimed to describe habitat condition of endemic arfak rainbowfish, *Melanotaenia arfakensis* at Sungai Nimbai on June-July and September-October 2012. The study site consisted of seven sampling stations for organisms and environmental qualities, from upstream to downstream segment, and each of these stations divided into two habitat types, *ie.* slow littoral and run areas. The parameters of habitat quality were measured and analysed such as current water, temperature, dissolved oxygen, pH, grease and oil concentration, riparian vegetation, macroinvertebrates composition and abundance, also fish composition and distribution. Riparian vegetation sampling was done at stream sides using 4 m² plot for seedling and 400 m² for sapling, pole, and tree categories. Macroinvertebrate and fish at two habitat types were collected using surber of 0.0625 m² and hand net. The result showed that arfak rainbow-fish were only found at upstream segment. The presence of the species was related to physical and chemical parameters condition that supporting their life, also related to the availability of spawning and nursering habitat for larvae, and the aquatic insects as their food. The absence of the fish at downstream segment, maybe due to the degradation of their habitat condition that related to decreasing riparian vegetation coverage and organic waste flow to stream system, and also the presence of alien fish. The study showed decreasing of the quality and suitable habitat areal for this endemic species decrease, therefore it is need to conserve the natural habitat as the effort to maintain the sustainability of this species populations.

Keywords: endemic, habitat characteristic, *Melanotaenia arfakensis*, stream

Pendahuluan

Ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis*) adalah salah satu biota endemik pada bebe-

rapa sungai di Manokwari (Allen 1991). Status konservasi ikan ini sudah berada dalam kategori rentan (*vulnerable*) dengan kriteria A2ce sejak tahun 1996 sampai 2012 (IUCN 2012). Selain

✉ Penulis korespondensi

Alamat surel: e_manangkalangi2013@yahoo.com

penyebarannya yang sangat terbatas, status konservasi ini juga berkaitan dengan perubahan habitat alaminya yang disebabkan oleh aktivitas pembukaan hutan untuk perkebunan kelapa sawit dan pertanian serta permukiman transmigrasi (Allen 1991 dan Polhemus *et al.* 2004). Juga berkaitan dengan masuknya ikan asing dari luar yang dapat menimbulkan persaingan dan/atau pemangsaan terhadap ikan endemik ini (Allen 1991 dan Polhemus *et al.* 2004). Manangkalangi & Kaliele (2011) melaporkan indikasi persaingan makanan di antara ikan pelangi arfak dengan ikan pemakan nyamuk (*Gambusia affinis*). Penurunan kualitas habitat yang disebabkan masuknya limbah antropogenik sehingga meningkatkan serangan parasit juga sudah dilaporkan oleh Sabariah *et al.* (2005). Limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang masuk ke Sungai Nimbai dikhawatirkan juga memberikan dampak negatif bagi keberadaan komunitas ikan seperti yang telah dilaporkan pada lokasi lainnya (Devita & Tarumun 2012 dan Madaki & Seng 2013).

Mengingat banyaknya gangguan terhadap populasi ikan ini dan untuk kelestariannya maka perlu dilakukan penelitian untuk mendeskripsikan kondisi terkini habitatnya, khususnya di Sungai Nimbai, sebagai dasar bagi upaya konservasi ikan pelangi arfak.

Bahan dan metode

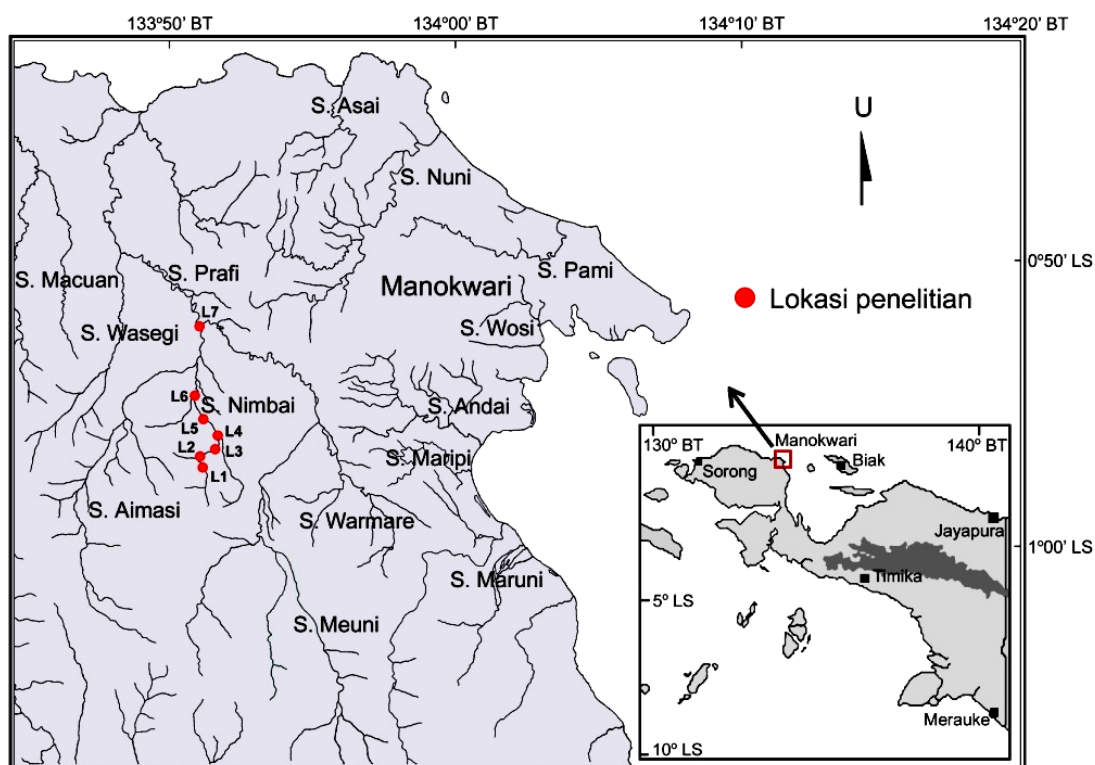
Penelitian ini dilakukan pada dua sungai dalam sistem Sungai Prafi, yaitu Sungai Nimbai dan Sungai Prafi meliputi tujuh lokasi (L1-L7) yang terletak di antara ordo 2 dan ordo 4 (*ritral*) (Gambar 1). Pemilihan ketujuh lokasi ini didasarkan pada kondisi tipe hutan riparian, yaitu primer (L1-L2), sekunder (L3-L4), dan terbuka (L6-L7) serta sumber bahan pencemar yang masuk ke dalam Sungai Nimbai (L5). Pengambilan contoh ikan, makrovertebrata, vegetasi riparian serta pengukuran pa-

rameter kualitas perairan di setiap lokasi dilakukan sebanyak dua kali, yaitu pada bulan Juni-Juli (P1) yang mewakili periode akhir musim kemarau dan bulan September-Oktober (P2) 2012 yang mewakili periode awal musim hujan. Analisis contoh dilakukan di Laboratorium Perikanan-FPPK dan Laboratorium Biologi-FMIPA Universitas Negeri Papua, serta Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan FPIK IPB.

Pada ketujuh lokasi penelitian tersebut ditetapkan dua tipe habitat untuk pengambilan contoh ikan pelangi arfak dan makrovertebrata air, serta pengukuran parameter lingkungan perairan. Kedua tipe habitat ini meliputi tepi beraliran lambat (terletak di bagian tepi kanan dan kiri sungai) dan daerah beraliran deras (terletak di bagian tengah sungai). Pengambilan contoh vegetasi riparian dilakukan pada kedua sisi segmen sungai yang berdekatan dengan lokasi pengambilan contoh organisme dan parameter lingkungan perairan.

Penangkapan contoh ikan di setiap tipe habitat dilakukan dengan menggunakan alat *hand net* (panjang 3 m, tinggi 2 m dan ukuran mata jaring 1 mm) yang terbuat dari waring. Pengoperasian alat tangkap ini dilakukan oleh dua orang dengan memegang keempat sudut jaring ini. Frekuensi penangkapan di setiap habitat dilakukan sebanyak 8-10 kali.

Pengumpulan contoh makrovertebrata benthik dilakukan menggunakan alat *surber* dengan luasan berukuran 0,0625 m² dan mata jaring berukuran 200 µm. Contoh organisme yang terkumpul diawetkan dengan larutan formalin 4%; yang diberi pewarna *rose bengal* untuk memudahkan pemilahannya dari partikel sedimen (Hauer & Resh 2007). Contoh makrovertebrata selanjutnya diidentifikasi dengan mengamati karakter morfologinya dengan menggunakan mikroskop mengikuti petunjuk McCafferty (1983), Carver *et al.*



Gambar 1. Lokasi penelitian (Sumber: dimodifikasi dari Bakosurtanal 2006)

(1996), Colless & McAlpine (1996), Lawrence & Britton (1996), Naumann (1996), Neboiss (1996), Peters & Campbell (1996), Watson & O'Farrell (1996), dan Bouchard (2004) sampai ke tingkatan takson terdekat. Kepadatan mutlak makrovertebrata dihitung berdasarkan jumlah individu yang terdapat dalam luasan *surber* dengan menggunakan rumus berdasarkan Krebs (1989).

Pengamatan dan pengambilan contoh vegetasi riparian dilakukan di tepi kiri dan kanan sungai dengan menggunakan petak contoh berukuran 2 m x 2 m (4 m²) untuk tingkat pertumbuhan semai dan 20 m x 20 m (400 m²) untuk tingkat pertumbuhan pancang, tiang, dan pohon. Identifikasi vegetasi riparian mengacu pada Sudarnadi (1996) dan Lekitoo *et al.* (2008). Untuk mendapatkan gambaran mengenai struktur komunitas vegetasi riparian maka dilakukan analisis frekuensi, kepadatan, dan nilai indeks penting berdasarkan Cox (2002).

Pada setiap tipe habitat dilakukan pengukuran kualitas air saat pengambilan contoh dengan tiga ulangan. Karakteristik fisik-kimiawi air yang diukur meliputi suhu air dengan menggunakan termometer, gas oksigen terlarut dengan DO meter, dan pH dengan pH meter. Kecepatan aliran sungai diukur menggunakan *basic handheld stream flowmeter Ward's* dengan ketelitian 0,1 m det⁻¹. Analisis kandungan minyak dan lemak yang berasal dari limbah pengolahan buah kelapa sawit dilakukan di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan FPIK IPB.

Hasil

Karakteristik fisik-kimiawi

Kecepatan aliran air di antara lokasi penelitian menunjukkan sedikit variasi, khususnya di lokasi ke tujuh (L7) dengan kecepatan aliran air yang relatif lebih cepat dibandingkan enam lokasi lainnya. Berdasarkan periode waktu peng-

ukuran, secara umum rata-rata kecepatan aliran air relatif tidak berbeda di antara kedua waktu pengukuran. Kecepatan aliran air berdasarkan lokasi dan waktu pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Hasil pengukuran suhu air pada setiap lokasi penelitian berdasarkan periode waktu ditampilkan pada Tabel 1. Suhu air yang berbeda di antara lokasi penelitian, selain dipengaruhi oleh perbedaan ketinggian lokasi, juga diduga berkaitan dengan kondisi naungan vegetasi riparian. Lokasi di bagian ke arah hulu dan tengah (L1-L5) cenderung lebih tertutup vegetasi riparian dibandingkan lokasi ke arah hilir (L6-L7)

yang lebih terbuka. Berdasarkan periode waktu pengukuran, suhu air relatif tidak berbeda.

Konsentrasi rata-rata gas oksigen terlarut relatif tidak berbeda secara nyata di antara kedua waktu pengukuran. Namun jika berdasarkan lokasi, maka lokasi ke arah hulu (L1-L4) cenderung menunjukkan konsentrasi gas oksigen terlarut yang lebih tinggi dibandingkan lokasi ke arah hilir (L5-L7) (Tabel 1). Perbedaan konsentrasi kelarutan gas oksigen ini diduga berkaitan dengan meningkatnya suhu air sebagai dampak berkurangnya vegetasi riparian di bagian tepi dan masuknya limbah pengolahan kelapa sawit ke badan sungai.

Tabel 1. Karakteristik fisik-kimiawi air di lokasi penelitian

Lokasi dan Periode Pengukuran	Ketinggian (m dpl)	Kecepatan aliran (m det. ⁻¹)	Suhu (°C)	Gas oksigen terlarut		pH air	Minyak dan lemak (mg L ⁻¹)
				(mg L ⁻¹)	(%)		
L1	P1 P2	207	- 24,0 (24,0)	- 6,02	- 73,9	- 6,63-6,67	- -
			0,23 (0,10-0,30)				
L2	P1 P2	176	- 24,0 (24,0)	- 6,13 (5,94-6,32)	- 75,3 (73,0-77,6)	- 7,94	- -
			0,30 (0,20-0,40)				
L3	P1 P2	129	25,3 (25,0-25,5)	5,59 (5,30-5,78)	70,2 (66,2-72,8)	7,71-7,91	-
			0,45 (0,30-0,60)	27,0 (27,0)	5,62 (5,52-5,73)	72,5 (71,2-73,9)	7,90-7,98
L4	P1 P2	126	26,7 (26,3-27,5)	5,86 (5,06-6,87)	76,3 (65,5-90,5)	7,72-7,95	-
			0,23 (0,10-0,40)	26,0 (26,0)	5,40 (5,25-5,54)	68,5 (66,6-70,3)	7,85-7,86
L5	P1 P2	121	26,2 (25,5-27,0)	4,02 (2,19-5,21)	51,2 (27,6-67,2)	7,64-7,67	-
			0,48 (0,10-0,90)	27,5 (27,0-28,0)	4,30 (3,21-5,06)	57,3 (42,6-68,1)	5,66-6,57
L6	P1 P2	115	30,7 (29,5-31,8)	5,30 (5,11-5,98)	72,1 (68,3-82,6)	7,59-7,69	-
			0,35 (0,20-0,60)	28,0 (28,0)	5,12 (4,65-5,90)	66,9 (60,8-77,1)	6,80-6,93
L7	P1 P2	115	28,5 (28,1-29,2)	5,40 (5,83-5,88)	70,1 (75,3-77,2)	7,62-7,76	-
			0,91 (0,60-1,50)	31,5 (31,0-32,0)	4,46 (4,23-4,65)	61,3 (57,8-64,4)	7,93-8,29

Keterangan:

P1 = periode pengukuran pada Juni-Juli dan P2 = periode pengukuran pada September-Oktober,

Angka dalam tanda kurung adalah kisaran

* melampaui Baku Mutu Kelas I-III yaitu 1 mg L⁻¹ (PP No 82 Tahun 2001),

- tidak dilakukan pengukuran

Nilai pH pada hampir semua lokasi menunjukkan bahwa kondisi Sungai Nimbai berada dalam kisaran di antara netral dan basa, kecuali lokasi ke lima yang lebih rendah (Tabel 1). Minyak dan lemak pada beberapa lokasi penelitian umumnya berada dalam konsentrasi yang rendah ($< 1 \text{ mg L}^{-1}$), kecuali pada lokasi saluran pembuangan dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL) PT. Perkebunan Nusantara II Prafi (L5) (Tabel 1). Konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi pada L5 diduga berkaitan dengan sistem pengolahan limbahnya yang tidak berlangsung dengan baik, sehingga ketika memasuki sistem sungai konsentrasinya masih tinggi.

Vegetasi riparian

Berdasarkan komposisi jenis, bentuk pertumbuhan dan kepadatan vegetasi, maka tipe hutan riparian pada lokasi penelitian terdiri atas hutan riparian terbuka (padang rumput), hutan riparian sekunder, dan hutan riparian primer (Tabel 2).

Komposisi dan kepadatan makrovertebrata

Kelompok makrovertebrata yang ditemukan di Sungai Nimbai, terutama didominasi oleh kelompok insekta dewasa dan larva (terdiri atas Ordo Ephemeroptera, Diptera, Hymenoptera, Trichoptera, Coleoptera, Odonata, Hemiptera, dan Megaloptera) dan Oligochaeta (Tabel 3). Keber-

adaan insekta terrestrial, yaitu Formicidae (Hymenoptera) diduga hanyut di sekitar lokasi pengambilan contoh. Kepadatan makrovertebrata (ind. m^{-2}) sangat bervariasi berdasarkan lokasi penelitian dan famili (Tabel 3). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan total yang tinggi ditemukan pada L4-L5 dan paling rendah pada L7.

Komposisi dan persebaran spesies ikan

Komposisi spesies ikan yang ditemukan di Sungai Nimbai selama penelitian tertera pada Tabel 4. Tujuh belas spesies yang ditemukan di perairan ini, 11 spesies termasuk dalam kelompok ikan asli dan enam spesies lainnya termasuk dalam kelompok ikan asing yang masuk dari luar Papua.

Ikan asli (termasuk ikan pelangi arfak) umumnya hanya ditemukan di bagian hulu sungai (L1-L4). Empat lokasi ini masih dalam kondisi yang relatif alami dengan kondisi suhu air yang rendah dan konsentrasi gas oksigen terlarut serta nilai pH yang lebih tinggi (bersifat basa) (Tabel 5 dan 6). Ikan asing umumnya ditemukan pada segmen sungai ke arah hilir (L4-L7). Namun terdapat dua spesies ikan asing, yaitu tawes (*Puntius binotatus*) dan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang ditemukan pada hampir semua lokasi (85,7% dan 71,4%). Keberadaan kedua spesies ini pada hampir di setiap lokasi diduga berkaitan dengan kemampuan adaptasinya pada berbagai tipe habitat (Johnson 1967, Canonico *et al.* 2005, Pérez *et al.*

Tabel 2. Tipe dan kondisi hutan riparian

Tingkat Pertumbuhan	Tipe Hutan Riparian		
	Terbuka	Sekunder	Primer
Lokasi	L6-L7	L3-L5	L1-L2
Tingkat semai	16 (985.000,0)	21 (250.625,0)	14 (51.250,0)
Tingkat pancang	4(5.200,0)	10 (5.100,0)	15 (3.400,0)
Tingkat tiang	3 (62,5)	9 (137,5)	12 (175,0)
Tingkat pohon		9 (105,0)	13 (175,0)

Keterangan:

Angka menunjukkan jumlah spesies vegetasi

Angka dalam tanda kurung menunjukkan kepadatan (ind. Ha^{-1})

Tabel 3. Komposisi spesies dan kepadatan mutlak (ind. m⁻²) makrovertebrata

No.	Taksa	Lokasi							
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	
	INSEKTA								
	Ephemeroptera	576	277	528	164	100	216	108	
1	Baetidae ²	48	32	288	128	64	148	44	
2	Caenidae ³	80	21	32	32	12	60	60	
3	Leptophlebiidae ¹	432	224	192					
4	Trycorythidae ²			16	4	24	8	4	
5	Ephemeroptera*	16							
	Diptera	176	160	432	1596	32	248	198	
6	Ceratopogonidae ²	16	11						
7	Chironomidae ²	144	149	368	1.500	32	248	180	
8	Culicidae ³							4	
9	Dixidae ¹			64	80			8	
10	Simuliidae ²	16			4				
11	Tipulidae ¹				8			4	
12	Diptera*				4				
	Hymenoptera	16	5		52	8			
13	Formicidae	16	5		52				
14	Hymenoptera*					8			
	Trichoptera	304	240	192	12	68	72	12	
15	Glossosomatidae ¹			16					
16	Hydropsycidae ²	224	187	128		60	64	12	
17	Leptoceridae ²	32							
18	Lepidostomatidae ¹		5						
19	Philopotamidae ¹	32	5						
20	Psychomyiidae ¹	16	43	48	12	8			
21	Trichoptera*						8		
	Coleoptera		11	16	72	16			
22	Elmidae ²		5	16		4			
23	Hydrophilidae ²		5			12			
	Odonata	16	5	16					
24	Gomphidae ¹	16	5						
25	Libellulidae ³			16					
	Hemiptera		32						
26	Ambrysmæ		11						
27	Naucoridae ²		21						
28	Megaloptera		5						
29	Insekta air lain**	64	27		72	20			
	ANNELIDA								
30	Oligochaeta ³	16	11		68	1.936	600	12	
JUMLAH TAKSA		15	18	11	12	11	7	9	
Tingkat toleransi terhadap limbah organik		Rendah	4 (33,3)	5 (38,5)	4 (36,4)	3 (33,3)	1 (11,1)	0 (0,00)	2 (22,2)
		Sedang	6 (50,0)	6 (46,2)	5 (45,5)	4 (44,4)	6 (66,7)	4 (66,7)	4 (44,4)
		Tinggi	2 (16,7)	2 (15,4)	2 (18,2)	2 (22,2)	2 (22,2)	2 (33,3)	3 (33,3)
Kepadatan mutlak total (ind. m ⁻²)		1.168	773	1.184	1.964	2.180	1.136	328	

Keterangan:

* tidak teridentifikasi sampai tingkat famili,

**tidak teridentifikasi sampai tingkat ordo/famili,

¹ toleran terhadap pencemaran bahan organik rendah,

² toleran terhadap pencemaran bahan organik sedang,

³ toleran terhadap pencemaran bahan organik tinggi,

Angka dalam tanda kurung adalah persentase.

Tabel 4. Komposisi dan persebaran spesies ikan di Sungai Nimbai

Taksa	Lokasi							Frekuensi kehadiran (%)
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	
IKAN ENDEMIK								
Melanotaeniidae								
1. <i>Melanotaenia arfakensis</i> (pelangi arfak)	+	+	+	+				57,1
IKAN ASLI								
Gobiidae								
2. <i>Awous melanocephalus</i> (gobi)			+	+				28,6
3. <i>Glossogobius giurus</i> (gobi)			+	+				28,6
4. <i>Sicyopterus cyanocephalus</i> (gobi)		+	+	+				42,9
5. <i>Stiphodon semoni</i> (gobi)			+	+				28,6
Rhyacichthyidae								
6. <i>Rhyacichthys aspro</i> (gobi)		+	+	+				42,9
Eleotridae								
7. <i>Belobranchus belobranchus</i> (gabus)		+	+	+				42,9
8. <i>Oxyeleotris fimbriata</i> (gabus)		+	+	+				42,9
Kuhliidae								
9. <i>Kuhlia marginata</i>	+	+						28,6
Anguillidae								
10. <i>Anguilla megastoma</i> (sidat)					+			14,3
Synbranchidae								
11. <i>Ophisternon bengalense</i> (belut)					+	+		28,6
IKAN ASING								
Poeciliidae								
12. <i>Gambusia affinis</i> (mosquitofish)				+	+			28,6
Aplocheilidae								
13. <i>Aplocheilus panchax</i> (killfish)							+	14,3
Cichlidae								
14. <i>Oreochromis mossambicus</i> (mujair)			+	+	+	+	+	71,4
Cyprinidae								
15. <i>Puntius binotatus</i> (tawes)		+	+	+	+	+	+	85,7
Clariidae								
16. <i>Clarias batrachus</i> (lele)				+	+	+		42,9
17. <i>Clarias gariepinus</i> (lele dumbo)				+				14,3
Jumlah spesies	2	7	10	13	6	4	3	

Keterangan: + ditemukan pada lokasi penelitian

2006, Maddern *et al.* 2007, Hashim *et al.* 2012, Ganie *et al.* 2013, dan Paller *et al.* 2013). Selain itu juga, sebagian besar ikan asing mempunyai kisaran toleransi parameter lingkungan yang lebih luas serta mampu hidup pada perairan dengan konsentrasi gas oksigen terlarut yang rendah (Tabel 5).

Pembahasan

Variasi kecepatan aliran air di antara lokasi ini berkaitan dengan perbedaan ketinggian dan kecuraman setiap lokasi (Tabel 1). Hasil penelitian Bathurst (2002) dan Comiti *et al.* (2007) menunjukkan korelasi antara kecepatan aliran dan

kemiringan segmen sungai. Selain itu, kecepatan aliran air juga dipengaruhi oleh curah hujan. Kecepatan aliran air yang lebih tinggi pada lokasi ke tujuh (L7) diduga berkaitan dengan keberadaan lokasi ini yang merupakan pertemuan antara Sungai Nimbai dan Sungai Prafi (Gambar 1) dan kondisi hujan di bagian hulu Sungai Prafi saat pengukuran yang menyebabkan massa airnya mengalir lebih cepat. Kecepatan aliran air yang relatif tidak berbeda di antara kedua waktu pengukuran diduga berkaitan dengan kondisi curah hujan yang relatif tidak berbeda di antara kedua waktu pengukuran (BMKG 2012).

Tabel 5. Karakteristik fisik-kimiawi habitat ikan

Spesies	Kisaran parameter fisik-kimiawi habitat ikan		
	Suhu (°C)	Oksigen terlarut (mg/L)	pH
IKAN ENDEMIK			
<i>Melanotaenia arfakensis</i>	24,0-27,5 (22,1-28,6) ^{1,2,3}	5,1-6,9 (3,6-7,5) ^{1,2,3}	6,63-7,98 (6,27-8,60) ^{1,2,3}
IKAN ASLI			
<i>Awous melanocephalus</i>	25,0-27,5	5,1-6,9	7,71-7,98
<i>Glosogobius giuris</i>	25,0-27,5 (23,0-35,0) ^{4,5}	5,1-6,9 (5,2-7,0) ^{4,5}	7,71-7,98 (5,1-7,7) ^{4,5}
<i>Sicyopterus cyanocephalus</i>	24,0-27,5	5,1-6,9	7,71-7,98
<i>Stiphodon semoni</i>	25,0-27,5	5,1-6,9	7,71-7,98
<i>Rhyacichthys aspro</i>	24,0-27,5	5,1-6,9	7,71-7,98
<i>Belobranchus belobranchus</i>	24,0-27,5	5,1-6,9	7,71-7,98
<i>Oxyeleotris fimbriata</i>	24,0-27,5 (27,0-27,5) ⁵	5,1-6,9 (4,1-5,4) ⁵	7,71-7,98
<i>Kuhlia marginata</i>	24,0 (25,0-27,0) ⁵	5,9-6,3 (5,7-7,0) ⁵	6,63-7,94 (7,4-7,7) ⁵
<i>Anguilla megastoma</i>	25,5-28,0	2,2-5,2	5,66-7,67
<i>Ophisternon bengalense</i>	25,5-31,8	2,2-6,0	5,66-7,69
IKAN ASING			
<i>Gambusia affinis</i>	26,0-28,0 (11,9-27,0) ^{5,6}	2,2-6,9 (3,6-10,6) ^{5,6}	5,66-7,95 (6,0-7,6) ^{5,6}
<i>Aplocheilichthys panchax</i>	28,1-32,0	4,2-5,9	7,62-8,29
<i>Oreochromis mossambica</i>	25,0-32,0 (25,0-27,0) ⁷	2,2-6,9 (4,1-10,6) ⁷	5,66-8,29 (6,0-7,6) ⁷
<i>Puntius binotatus</i>	24,0-32,0 (21,23-27) ^{5,8}	2,2-6,9 (5,3-8,1) ^{5,8}	5,66-8,29 (5,83-7,4) ^{5,8}
<i>Clarias batrachus</i>	25,5-31,8	2,2-6,9	5,66-7,95
<i>Clarias gariepinus</i>	26,0-27,5	5,1-6,9	7,72-7,95

Keterangan: Angka dalam kurung berdasarkan pustaka ¹Tapilatu & Renyaan (2005), ²Sabarlah *et al.* (2005), ³Manangkalangi *et al.* (2009a), ⁴Bishop *et al.* (2001), ⁵Berra *et al.* (1975), ⁶Al-Hafedh (2007), ⁷Sutin *et al.* (2006), ⁸Paller *et al.* (2013)

Suhu air dipengaruhi oleh banyak parameter, dan salah satu di antaranya adalah ketinggian (Hynes 1960). Air sungai di lokasi yang lebih tinggi memiliki suhu yang lebih dingin (Keleher & Rahel 1996). Juga, suhu air sungai dipengaruhi oleh pertukaran panas di antara permukaan air-udara. Segmen sungai dengan kondisi naungan yang lebih terbuka memungkinkan cahaya matahari sampai ke permukaan perairan sehingga meningkatkan suhu airnya (Dong *et al.* 1998). Keberadaan hutan riparian sebagai penyanga memberikan dampak terhadap suhu air sungai yang menjadi lebih dingin dan kurang berfluktuasi, baik secara harian maupun musiman, jika dibandingkan sungai yang berada di seki-

tar daerah terbuka, seperti padang rumput (Chen & Chen 1994).

Variasi konsentrasi gas oksigen terlarut berdasarkan lokasi terutama berkaitan dengan suhu air. Angelier (2003) menyatakan bahwa kelarutan gas oksigen merupakan suatu fungsi dari suhu, yaitu kelarutannya akan meningkat karena menurunnya suhu. Pada lokasi ke lima (L5), konsentrasi gas oksigen terlarut yang rendah disebabkan masuknya limbah pengolahan buah kelapa sawit ke sistem sungai. Limbah buangan dari proses ekstraksi buah kelapa sawit (*palm oil mill effluent*, POME) berupa koloid tersuspensi berwarna kecoklatan yang mengandung konsentrasi bahan organik, padatan tersuspensi, minyak dan le-

mak yang tinggi (Ma 2000). Dalam kondisi yang demikian, oksigen terlarut akan digunakan untuk proses oksidasi zat-zat atau proses dekomposisi bahan organik. Pada sungai yang dangkal di bagian hulu (*ritral*), pertukaran gas oksigen pada permukaan di antara air-udara memberikan kontribusi yang besar dalam konsentrasi gas oksigen terlarut dalam air (Angelier 2003). Oleh karena itu, keberadaan konsentrasi minyak yang tinggi bisa menghambat proses difusi gas oksigen yang terjadi pada permukaan di antara air-udara di lokasi ke lima.

Gas oksigen terlarut sangat memengaruhi kehidupan yang ada dalam perairan (Eriksen *et al.* 1996). Konsentrasi gas oksigen terlarut yang optimum bagi ikan dan biota akuatik lainnya adalah 5-7 mg L⁻¹ (Chapman & Kimstach 1992). Jika konsentrasi gas oksigen terlarut menurun dan berada di bawah kebutuhan minimum yang diperlukan untuk spesies ikan tertentu, maka akan menimbulkan tekanan (*stress*) dan dapat mengakibatkan kematian. Chapman & Kimstach (1992) mengemukakan bahwa konsentrasi gas oksigen terlarut di bawah 5 mg L⁻¹ akan mengganggu fungsi dan kelangsungan hidup komunitas biologi, dan jika kurang dari 2 mg L⁻¹ akan menyebabkan kematian pada sebagian besar ikan, seperti yang dilaporkan oleh Devita & Tarumun (2012) di Sungai Siak pada periode November 2004.

Hasil penelitian sebelumnya (Tapilatu & Renyaan 2005) menunjukkan bahwa ikan pelangi

arfak memiliki kemampuan adaptasi terhadap konsentrasi gas oksigen terlarut yang cukup rendah 3,6 mg L⁻¹ (Tabel 6). Namun kondisi ini terutama hanya mampu ditoleransi oleh ikan pelangi pada tahap perkembangan awal (larva dan juvenil), sedangkan individu yang berukuran besar cenderung berada pada tipe habitat dengan konsentrasi kelarutan oksigen yang lebih tinggi (Manangkalangi *et al.* 2009a).

Sifat basa pada lokasi penelitian diduga disebabkan oleh kadar kalsium yang cukup tinggi dari sedimen berkapur di bagian hulu. Robinson *et al.* (1990), melaporkan bahwa beberapa daerah di sekitar dataran tinggi Arfak terdiri atas batuan kapur.

Organisme akuatik mempunyai toleransi yang berbeda-beda terhadap kondisi pH air. Hawkes (1998) mengemukakan bahwa kelompok makrovertebrata memiliki kisaran toleransi terhadap pH air yang berbeda-beda, misalnya Trichoptera hanya hidup pada pH air yang bersifat basa, sedangkan kelompok Coleoptera dan Diptera mampu menoleransi kisaran pH air yang lebih luas (4,8-8,5). Variasi toleransi terhadap pH air juga ditemukan pada ikan. Hasil penelitian sebelumnya (Tapilatu & Renyaan 2005 dan Manangkalangi *et al.* 2009a) menemukan ikan pelangi arfak yang hidup pada beberapa anak sungai dalam sistem Sungai Prafi dengan kisaran nilai pH di antara 6,27 dan 8,6.

Tabel 6. Karakteristik parameter fisik-kimiawi habitat ikan pelangi arfak

Lokasi	Suhu (°C)	Oksigen terlarut (mg L ⁻¹)	pH	Sumber
Sungai Warmare, Madrat, Subsay, dan Aimasi	22,1-24,6	3,6-6,8	6,27-7,10	Tapilatu & Renyaan (2005)
Sungai Nuni	27	4,9-7,1	6,6-6,8	Sabariah <i>et al.</i> (2005)
Sungai Nimbai dan Aimasi	24,6-28,6	5,2-7,5	7,9-8,6	Manangkalangi <i>et al.</i> (2009a)
Sungai Nimbai	24,0-27,5	5,06-6,87	6,63-7,98	Penelitian ini

Konsentrasi minyak dan lemak yang tinggi bisa menyebabkan terhambatnya proses difusi gas oksigen ke dalam kolom air. Selain minyak dan lemak, limbah buangan proses ekstraksi buah kelapa sawit (POME) berupa koloid tersuspensi bewarna kecoklatan mengandung konsentrasi bahan organik dan padatan tersuspensi yang tinggi (Ma 2000). Kondisi limbah yang demikian bisa menyebabkan dampak yang serius bagi lingkungan perairan, khususnya konsentrasi gas oksigen terlarut yang menjadi rendah atau bahkan kondisi anaerobik. Konsentrasi gas oksigen yang ada dalam air akan terpakai dalam proses oksidasi kimiawi zat-zat dan proses dekomposisi bahan organik yang berasal dari limbah.

Kondisi vegetasi riparian di L1-L2 lebih alami dibandingkan lokasi lainnya. Kondisi ini tampak pada jumlah jenis pada tingkat tiang dan pohon yang lebih beranekaragam dengan kepadatan yang lebih tinggi. Kepadatan yang tinggi dari kedua tingkat pertumbuhan ini akan berimplikasi pada kondisi naungan yang lebih besar di atas badan air sungai dan sumbangan serasah yang lebih tinggi. Cummins *et al.* (1989) menyatakan bahwa ada hubungan yang erat di antara naungan vegetasi riparian dan serasah daun yang terperangkap pada segmen sungai yang berdekatan dengan naungan riparian. Berkurangnya persentase tutupan hutan di sekitar daerah tangkapan air akan menyebabkan menurunnya partikel bahan organik kasar (*coarse particulate organic matter*, CPOM) yang masuk ke sungai (Johnson & Covich 1997 dan England 2003) dan selanjutnya menyebabkan menurunnya kepadatan kelompok pencabik (*shredder*) dalam komunitas makrovertebrata di sungai (England 2003) dan jenjang trofik berikutnya yang memanfaatkannya sebagai makanan.

Produksi primer yang berasal dari vegetasi riparian merupakan sumber energi dalam jejaring

makanan di sungai (Vannote *et al.* 1980 dan Thorpe & Delong 1994). Selain itu, naungan vegetasi riparian juga berperan dalam menyangga suhu air (Lynch *et al.* 1984), meningkatkan kestabilan bagian tepi sungai (Prosser *et al.* 2001), menyediakan makanan berupa serasah yang jatuh bagi kelompok makrovertebrata (Cummins *et al.* 1989), khususnya insekta air yang merupakan makanan ikan pelangi arfak (Manangkalangi *et al.* 2010 dan Manangkalangi & Kaliele 2011), menyediakan habitat dan substrat bagi organisme sungai (Everett & Ruiz 1993 dan Crook & Robertson 1999) termasuk habitat reproduksi dan berlindung bagi larva ikan pelangi arfak (Manangkalangi *et al.* 2009a).

Komposisi spesies makrovertebrata menunjukkan variasi di antara lokasi penelitian. Kondisi hidrologis dan fisikokimiawi habitat yang berbeda-beda pada lingkungan sungai berperan penting dalam menentukan komposisi komunitas makrovertebrata (Brown *et al.* 2006 dan Manangkalangi *et al.* 2009b). Selain itu, perubahan lingkungan yang diakibatkan kerusakan vegetasi riparian, di antaranya bisa menyebabkan perubahan ukuran substrat dasar menjadi berukuran kecil (lumpur dan liat) dan bisa menyebabkan hilangnya beberapa kelompok makrovertebrata air (misalnya Ephemeroptera dan Trichoptera). Masuknya limbah organik ke dalam sungai juga akan mengurangi jumlah spesies pada sistem perairan tersebut dan sering kali hanya menguntungkan bagi beberapa spesies yang mampu menoleransinya (Bartsch & Ingram 1975).

Kepadatan kelompok makrovertebrata yang tinggi pada L4 dan L5 berkaitan dengan masuknya bahan organik ke dalam sungai. Hal ini terlihat dari tingginya kepadatan kelompok yang mampu menoleransi pencemaran bahan organik (Oligochaeta). Kelompok avertebrata ini mampu menoleransi konsentrasi gas oksigen yang rendah dalam air karena bisa menghirup ok-

signe dari atmosfer melalui siphon atau memiliki beberapa adaptasi khusus lainnya seperti pigmen pernapasan yang memungkinkannya untuk lebih efisien memperoleh gas oksigen dalam konsentrasi yang rendah. Pada lokasi yang masih alami, kepadatan paling tinggi ditemukan pada kelompok yang peka terhadap pencemaran bahan organik (Leptophlebiidae) dan kelompok yang mempunyai toleransi sedang (Chironomidae dan Hydropsycidae). Sebagai contoh, kebanyakan larva Ephemeroptera dan Trichoptera yang bernafas menggunakan insang hanya dapat bertahan hidup ketika terdapat konsentrasi gas oksigen yang tinggi dalam air. Konsentrasi gas oksigen terlarut dalam air di antara 3-6 mg L⁻¹ bisa menyebabkan mortalitas dan mengganggu aktivitas respirasi larva Ephemeroptera (Wiley & Kohler 1980). Demikian juga Nebeker *et al.* (1996) yang melaporkan bahwa konsentrasi gas oksigen terlarut di bawah 2,4 mg L⁻¹ menyebabkan mortalitas dan di bawah 4,6 mg L⁻¹ menyebabkan perkembangan dan pertumbuhan larva *Clistoronia magnifica* (Trichoptera) terhambat.

Ikan pelangi dan ikan asli hanya ditemukan di bagian hulu sungai (L1-L4). Keempat lokasi ini masih dalam kondisi yang relatif alami dengan suhu air yang lebih rendah, serta konsentrasi gas oksigen terlarut dan nilai pH yang lebih tinggi (bersifat basa) (Tabel 1). Dibandingkan dengan informasi sebelumnya (Allen 1991) yang melaporkan bahwa ikan pelangi arfak terdapat cukup melimpah di Sungai Prafi dan anak sungai yang mengalir di sekitarnya (di sekitar L6-L7 dalam penelitian ini), maka terdapat indikasi bahwa persebarannya semakin sempit.

Pada lokasi di bagian hulu sungai (L1-L4), selain suhu air yang lebih rendah, konsentrasi gas oksigen terlarut dan pH yang lebih tinggi, sesuai bagi kehidupan ikan pelangi arfak (Tabel 6), juga keberadaan akar-akar pohon di

bagian tepi sungai sangat berperan penting pada tahap awal perkembangan dan proses reproduksi ikan pelangi arfak. Keberadaan vegetasi, terutama bagian akarnya, pada tepi sungai akan menurunkan kecepatan aliran air sehingga membentuk habitat yang relatif tenang (Green 2005). Manangkalangi *et al.* (2009a) melaporkan bahwa tahap perkembangan awal (larva dan juvenil) ikan pelangi arfak ditemukan pada bagian tepi sungai yang terdapat vegetasi dan beraliran air lambat. Keberadaan tahap perkembangan awal pada daerah yang relatif tenang di bagian tepi sungai berkaitan dengan pergerakannya yang terbatas (Heggenes 1988) dan merupakan bentuk adaptasi agar larva yang dihasilkan sedikit mungkin mengalami mortalitas yang tinggi karena pemindahan secara fisik yang disebabkan aliran air (Humphries *et al.* 1999). Selama proses pemijahan berlangsung, ikan pelangi jantan dan betina akan berenang secara berpasangan di daerah yang bervegetasi terendam air (terutama bagian akar) dan selanjutnya akan menempelkan telur-telur yang telah dibuahi pada bagian vegetasi tersebut (Allen 1995) pada kedalaman sekitar 10 cm dari permukaan air (Milton & Arthington 1984). Beberapa mikrohabitat untuk tempat berlindung bagi tahap perkembangan awal dan reproduksi ikan pelangi arfak terutama ditemukan pada L2-L4.

Kondisi yang berbeda terlihat di L5-L7 yang menunjukkan ketidakhadiran ikan pelangi arfak. Diduga, kondisi lingkungan pada ketiga lokasi ini telah mengalami degradasi (Tabel 1), terutama masuknya limbah pengolahan minyak kelapa sawit. Selain itu juga, kondisi vegetasi di bagian tepi sungai pada L6-L7 yang lebih terbuka (Tabel 2) menyebabkan suhu air yang lebih tinggi, khususnya pada waktu siang. Masuknya limbah organik dan suhu air yang lebih tinggi menyebabkan rendahnya konsentrasi gas oksida

gen terlarut dan nilai pH air, sehingga ikan pelangi arfak tidak mampu menoleransi kondisi lingkungan ini. Masuknya limbah organik juga menyebabkan menurunnya kepadatan beberapa spesies makrovertebrata, khususnya larva insekta air (Diptera, Ephemeroptera, Coleoptera, dan Trichoptera) (Tabel 3) yang merupakan makanan ikan pelangi arfak (Manangkalangi *et al.* 2010 dan Manangkalangi & Kaliele 2011).

Keberadaan ikan asing, terutama ditemukan pada segmen sungai Nimbai ke arah hilir (L4-L7), bisa mengganggu keberadaan ikan asli khususnya yang endemik di Papua; karena menimbulkan persaingan sumber makanan dan ruang hidup. Sebagian besar ikan asing tersebut adalah predator yang rakus dan memiliki perkembangan yang cepat (Allen *et al.* 2000). Hasil penelitian King (2004) menunjukkan adanya strategi ontogenetik yang sama antara *Melanoaenia fluviatilis* (ikan pelangi) dan *Gambusia holbrooki* yang diintroduksi untuk mengendalikan nyamuk. Kondisi ini menunjukkan adanya persaingan atau pembagian habitat dan makanan (King 2004). Demikian juga halnya dengan ikan pelangi arfak dan *Gambusia affinis* yang menunjukkan kesamaan tipe habitat di Sungai Nimbai, yaitu pada tipe habitat tepi beraliran lambat dan tepi beraliran sedang (Manangkalangi & Kaliele 2011). Selain itu, Manangkalangi & Kaliele (2011) juga menemukan adanya tumpang tindih relung makanan yang termasuk tinggi (0,926 dalam skala 0-1) di antara kedua spesies ini di Sungai Nimbai. Kondisi ini mengindikasikan adanya persaingan habitat dan makanan di antara ikan endemik dan ikan asing ini. Beberapa hasil penelitian sebelumnya (Billman *et al.* 2007, Laha & Mattingly 2007, dan Schleier *et al.* 2008) juga melaporkan dampak negatif *Gambusia affinis* kepada ikan asli.

Simpulan

Lokasi di bagian ke arah hulu merupakan habitat ikan pelangi yang masih baik. Lokasi di bagian ke arah hilir tidak sesuai lagi bagi kehidupan ikan endemik ini karena banyak mendapat pengaruh dari aktifitas perkebunan kelapa sawit dan masyarakat lainnya yang telah mengubah hutan riparian di bagian tepi sungai, juga keberadaan ikan asing yang menimbulkan persaingan habitat dan makanan.

Persantunan

Penulis menyampaikan terima kasih kepada DP2M DIKTI yang telah memberikan dana melalui Hibah Penelitian Strategis Nasional Nomor: 041/SP2H/PL/Dit.Litabmas/III/-2012 sehingga penelitian ini bisa terlaksana. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Martinus Iwanggin, Frangky N. Krey, Berty D. Arebo, Irman Rumengan, Ofenty Kaiway, Alfred W. Nauw, Hadi Prayitno, dan Givan Y. Iryanto yang telah membantu pengumpulan data di lapangan dan identifikasi contoh organisme air di laboratorium. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Vera Sabariah, M.Sc., yang telah membaca dan mengoreksi tulisan ini.

Daftar pustaka

- 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*, 14:115-122.
- Allen GR. 1991. *Field guide to the freshwater fishes of New Guinea*. Christensen Research Institute, Madang. 268 p.
- Allen GR. 1995. *Rainbowfishes in nature and the aquarium*. Tetra Press, Melle Germany. 178 p.
- Allen GR, Hortle KG, Renyaan SJ. 2000. *Freshwater fishes of the Timika Region New Guinea*. PT. Freeport Indonesia, Timika Indonesia, 175 p.

- Angelier E. 2003. *Ecology of streams and rivers*. Science Publisher, Inc., Enfield, New Hampshire, 215 p.
- Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal). 2006. Peta Rupabumi Indonesia. Manokwari Lembar 3015. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional. Bogor.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). 2012. Data jumlah curah dan hari hujan bulan Januari-Desember 2012. Stasiun Meteorologi Kelas III Manokwari.
- Bartsch AF, Ingram WM. 1975. Stream life and the pollution environment. *In: Keup LE, Ingram WM, MacKenthun KM (eds.). Biology of water pollution: U.S. Department of the Interior, Washington, D.C.* pp. 119-127.
- Bathurst JC. 2002. At-a-site variation and minimum flow resistance for mountain rivers. *Journal of Hydrology*, 269 (1-2):11-26.
- Berra TM, Moore R, Reynolds LF. 1975. The freshwater fishes of the Laloki River Systems of New Guinea. *Copeia*, 1975(2):316-326.
- Billman EJ, Wagner EJ, Ronneye A. 2007. A comparison of mosquito consumption and prey selection between least chub (*Iotichthys phlegethontis*) and western mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Journal Western North American Naturalist*, 67(1):71-78.
- Bishop KA, Allen SA, Pollard DA, Cook MG. 2001. *Ecological studies on the freshwater fishes of the Alligator Rivers Region, Northern Territory: Autecology*. Darwin: Office of the Supervising Scientist Report 145, Supervising Scientist.
- Bouchard RW, Jr. 2004. *Guide to aquatic invertebrates of the Upper Midwest: identification manual for students, citizen monitors, and aquatic resource professionals*. University of Minnesota. 207 p.
- Brown LE, Milner AM, Hannah DM. 2006. Stability and persistence of alpine stream macroinvertebrate communities and the role of physicochemical habitat variables. *Hydrobiologia*, 560(1):159-173.
- Carver M, Gross GF, Woodward TE. 1996. Hemiptera (bugs, leafhoppers, cicadas, aphids, scale insects etc.). *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*. Volume I. Melbourne University Press, Victoria. pp. 429-509.
- Chapman D, V Kimstach. 1992. The selection of water quality variable. *In: Chapman D (ed.). Water quality assessment*. Chapman and Hall Ltd., London. pp. 51-119.
- Chen DY, Chen H. 1993. Determining stream temperature changes caused by harvest of riparian vegetation: an overview. *In: Riparian ecosystems in the humid U.S.: functions, values and management*. Proceedings of a conference, Atlanta, GA, March 15-18, 1993. Washington, D.C: National Association of Conservation Districts. pp. 313-323.
- 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*. Volume II. Melbourne University Press, Victoria. pp. 717-786.
- Comiti F, Mao L, Wilcox A, Wohl EE, Lenzi MA. 2007. Field-derived relationships for flow velocity and resistance in high-gradient streams. *Journal of Hydrology*, 340(1-2):48-62.
- Canonico GC, Arthington A, McCrary JK, Thieme ML. 2005. The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 15(5):463-483.
- Cox GW. 2002. *General ecology laboratory manual*. 8th Edition. McGraw-Hill Higher Education, New York. 312 p.
- Crook DA, Robertson AI. 1999. Relationships between riverine fish and woody debris: implications for lowland rivers. *Marine and Freshwater Research*, 50(8):941-953.
- Cummins KW, Wilzbach MA, Gates DM, Perry JB, Taliaferro WB. 1989. Shredders and riparian vegetation. *BioScience*, 39(1):24-30.
- Devita F, Tarumun S. 2012. The impact of environmental degradation on the socio-economic aspects of community in the Siak River watershed, Riau Province Indonesia. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 6(1):15-24.
- Dong J, Chen J, Brososke KD, Naiman RJ. 1998. Modelling air temperature gradients across managed small streams in western Washington. *Journal of Environmental Management*, 53(4):309-321.

- England LE. 2003. Riparian forest cover at multi scales: influences on instream habitat, aquatic assemblages, and food webs in headwater streams. *Thesis*. The University of Georgia. 121 p.
- Eriksen CH, Resh VH, Lamberti GA. 1996. Aquatic insect respiration. In: Merritt RW, Cummins KW (eds.). *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd Edition. Kendall/Hunt, Dubuque, IA. pp. 29-40.
- Everett RA, Ruiz GM. 1993. Coarse woody debris as a refuge from predation in aquatic communities. *Oecologia*, 93(4):475-486.
- Ganie MA, Bhat MD, Khan MI, Parveen M, Balkhi MH, Malla MA. 2013. Invasion of the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae; Peters, 1852) in the Yamuna river, Uttar Pradesh, India. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 5(10):310-317.
- Green JC. 2005. Velocity and turbulence distribution around lotic macrophytes. *Aquatic Ecology*, 39(1):1-10.
- Hashim ZH, Shah ASRM, Mohammad MS, Mansor M, Sah SAM. 2012. Fishes of Sungai Enam and Sungai Telang in Temenggor Reservoir, Malaysia. *Check List*, 8(1):27-31.
- Hegggenes J. 1988. Effects of short-term flow fluctuations on displacement of, and habitat use by brown trout in a small stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 117(4):336-344.
- Hauer FR, Resh VH. 2007. Benthic macroinvertebrates. In: Hauer FR, Lamberti GA (eds.). *Methods in stream ecology*. Academic Press, New York. pp. 339-369.
- Hawkes H. 1998. Origin and development of the biological monitoring working party score system. *Water Research*, 32(3):964-968.
- Humphries P, King AJ, Koehn JD. 1999. Fish, flows and flood plains: links between freshwater fishes and their environment in the Murray-Darling River Systems, Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 56(1):129-151.
- Hynes HBN. 1960. *The biology of polluted waters*. Liverpool University Press, Liverpool, 202 p.
- IUCN 2012. *IUCN red list of threatened species*. Version 2012.2. <http://www.iucnredlist.org>. [5 Desember 2012].
- Johnson DS. 1967. Distributional patterns of Malaysian freshwater fish. *Ecology*, 48(5):722-730.
- Johnson SL, Covich AP. 1997. Scales of distribution of riparian forests and distributions of suspended detritus in a prairie river. *Freshwater Biology*, 37(1):163-175.
- Keleher CJ, Rahel FJ. 1996. Thermal limits to salmonid distribution in the Rocky Mountain Region and potential habitat loss due to global warming. A geographic information system (GIS) approach. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125(1):1-13.
- King AJ. 2004. Ontogenetic patterns of habitat use by fishes within the main channel of an Australian floodplain river. *Journal of Fish Biology*, 65(6):1582-1603.
- Krebs CJ. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers. New York. 654 p.
- Laha M, Mattingly HT. 2007. Ex-situ evaluation of impacts of invasive mosquitofish on the imperiled Barrens topminnow. *Environmental Biology of Fishes*, 78(1):1-11.
- Lawrence JF, Britton EB. 1996. Coleoptera (beetles). In: Naumann ID, Carne PB, Lawrence JF, Nielsen ES, Spradbery JP, Taylor RW, Whitten MJ, Littlejohn MJ (eds.). *The insects of Australia: A text-book for students and research workers*. Volume II. Melbourne University Press, Victoria. pp. 543-683.
- Lekitoo K., Matani O. P. M., Remetwa H., Heatubun C. D. 2008. *Keanekaragaman flora Taman Wisata Alam Gunung Meja Papua Barat (Jenis-jenis pohon bagian-1)*. Balai Penelitian Kehutanan, Manokwari. 127 p.
- Lynch JA, Rishel GB, Corbett ES. 1984. Thermal alteration of streams draining clearcut watersheds: quantification and biological implications. *Hydrobiologia*, 111(3):161-169.
- Ma AN. 2000. Environmental management for the oil palm industry. *Palm Oil Developments*, 30: 1-10.
- Madaki YS, Seng L. 2013. Pollution control. How feasible is zero discharge concepts in Malaysia palm oil mills. *American Journal of Engineering Research*, 2(10):239-252.
- Maddern MG, Morgan DL, Gill HS. 2007. Distribution, diet and potential ecological impacts of the introduced Mozambique

- mouthbrooder *Oreochromis mossambicus* Peters (Pisces: Cichlidae) in Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90(4):203-214.
- Manangkalangi E, Rahardjo MF, Sjafii 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, Sjafii DS, Sulistiono. 2009b. Pengaruh kondisi hidrologi terhadap komunitas makrovertebrata di Sungai Aimasi dan Sungai Nimbai, Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 5(2):99-110.
- Manangkalangi E, Rahardjo MF, Sjafei DS, Sulistiono. 2010. Preferensi makanan ikan pelangi arfak (*Melanotaenia arfakensis* Allen, 1990) di Sungai Nimbai dan Sungai Aimasi, Manokwari. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 10(2):123-135.
- Manangkalangi E, Kaliele MY. 2011. Luas relung, 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.
- McCafferty WP. 1983. *Aquatic entomology. The fishermen's and ecologist's illustrated guide to insects and their relatives*. Jones and Bartlett Publishers International, London. 420 p.
- Milton DA, Arthington AH. 1984. Reproductive strategy and growth of the crimson-spotted rainbowfish, *Melanotaenia splendida splendida* (Castelnau) (Pisces: Melanotaeniidae) in south-eastern Queensland. *Marine and Freshwater Research*, 35(1):75-83.
- Naumann ID. 1996. Hymenoptera (wasps, bees, ants, sawflies). In: Naumann ID, Carne PB, Lawrence JF, Nielsen ES, Spradbery JP, Taylor RW, Whitten MJ, Littlejohn MJ (eds.). *The insects of Australia: A text-book for students and research workers*. Volume II. Melbourne University Press, Victoria. pp. 916-1000.
- Nebeker AV, Onjukka ST, Stevens DG, Chapman GA. 1996. Effect of low dissolved oxygen on aquatic life stages of the caddisfly *Clistoronia magnifica* (Limnephilidae). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 31(4):453-458.
- Neboiss A. 1996. Trichoptera (caddis-flies, caddises). In: Naumann ID, Carne PB, Lawrence JF, Nielsen ES, Spradbery JP, Taylor RW, Whitten MJ, Littlejohn MJ (eds.). *The insects of Australia: A text-book for students and research workers*. Volume II. Melbourne University Press, Victoria. pp. 787-816.
- Paller VGV, Corpuz MNC, Ocampo PP. 2013. Diversity and distribution of freshwater fish assemblages in Tayabas River, Quezon (Philippines). *Philippine Journal of Science*, 142(1):55-67.
- Pérez JE, Nirchio M, Alfonsi C, Munoz C. 2006. The biology of invasions: the genetic adaptation paradox. *Biological Invasions*, 8(5): 1115-1121.
- Peters WL, Campbell IC. 1996. Ephemeroptera (mayflies). In: Naumann ID, Carne PB, Lawrence JF, Nielsen ES, Spradbery JP, Taylor RW, Whitten MJ, Littlejohn MJ (eds.). *The insects of Australia: A text-book for students and research workers*. Volume I. Melbourne University Press, Victoria. pp. 279-293.
- Polhemus DA, Englund RA, Allen GR. 2004. *Freshwater biotas of New Guinea and nearby islands: analysis of endemism, richness, and threats*. Conservation International, Washington DC. 62 p.
- Prosser IP, Rutherford ID, Olley JM, Young WJ, Wallbrink PJ, Moran CJ. 2001. Large-scale patterns of erosion and sediment transport in river networks, with examples from Australia. *Marine and Freshwater Research*, 52(1):81-99.
- Robinson GP, Ratman N, Pieters PE. 1990. *Geologi lembar Manokwari, Irian Jaya (Geology of the Manokwari sheet area, Irian Jaya)*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Departemen Pertambangan dan Energi.
- Sabariah V, Simatauw F, Kopalit H. 2005. Ektoparasit dan endoparasit ikan rainbow arfak (*Melanotaenia arfakensis*) dari Sungai Nuni-Manokwari. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 1(2):95-101.
- Schleier JJ, Sing SE, Peterson RKD. 2008. Regional ecological risk assessment for the introduction of *Gambusia affinis* (Western mosquitofish) into Montana watersheds. *Biological Invasions*, 10(8):1277-1287.
- Sudarnadi H. 1996. *Tumbuhan Monokotil*. Guharja E. (editor). PT. Penebar Swadaya, Jakarta. 133 hlm.
- Sutin S, Jaroensutasinee M, Jaroensutasinee K. 2006. *Water quality and anatomical characteristics of spotted barb at Klongphod*

- Waterfall, Khao Nan National Park*. 33rd Congress on Science and Technology of Thailand.
- 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.
- Thorpe JH, DeLong MD. 1994. The riverine productivity model: an heuristic view of carbon sources and organic matter processing in large river ecosystems. *Oikos*, 70(2):305-308.
- Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR, Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1):130-137.
- Watson JAL, O'Farrell AF. 1996. Odonata (dragonflies and damselflies). 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*. Volume I. Melbourne University Press, Victoria. pp. 294-310.
- Wiley MJ, Kohler SL. 1980. Positioning changes of mayfly nymphs due to behavioral regulation of oxygen consumption. *Canadian Journal of Zoology*, 58(4):618-622.