

Keragaman dan struktur kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil, Dairi, Sumatera Utara

[Fish diversity and assemblage structure in tributaries of Sopokomil River,
Dairi, North Sumatra]

Charles P.H. Simanjuntak^{1,2}

¹Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, FPIK IPB

²Masyarakat Iktiologi Indonesia
Surel: ichthyes@gmail.com

Diterima: 24 Juli 2012; Disetujui: 27 November 2012

Abstrak

Penelitian tentang keragaman dan struktur kumpulan ikan yang dilakukan pada bulan Agustus dan November 2010 di anak sungai-anak sungai Sopokomil bertujuan mendeskripsikan komposisi dan keragaman kumpulan ikan secara spasial dan temporal serta mengevaluasi faktor lingkungan utama yang memengaruhi distribusi ikan di lokasi tersebut. Penangkapan ikan menggunakan alat *backpack electrofishing* dengan metode *single-pass depletion* di tujuh belas stasiun pengamatan. Ikan yang ditemukan selama penelitian berjumlah 16 spesies dari 10 genera dan 8 famili. Kekayaan spesies dan keragaman ikan meningkat secara signifikan mulai dari zona hulu, tengah, dan hilir. Hasil uji *two-way ANOSIM* tanpa replikasi menunjukkan bahwa kumpulan ikan secara spasial berbeda secara signifikan, namun tidak berbeda secara temporal. *Canonical correspondence analysis (CCA)* menggarisbawahi bahwa ada empat parameter lingkungan utama yang signifikan memengaruhi struktur kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil, yakni ketinggian, padatan tersuspensi total, oksigen terlarut, dan suhu. Beberapa aktifitas antropogenik ditengarai ikut mengambil peran dalam meningkatkan kandungan total padatan tersuspensi di badan sungai. Status hutan lindung yang melingkupi daerah hulu dan sebagian bagian tengah Sungai Sopokomil perlu untuk tetap dipertahankan demi kelestarian iktiofauna sungai ini.

Kata penting: anak sungai Sopokomil, *canonical correspondence analysis (CCA)*, kumpulan ikan, parameter lingkungan, pola spasial-temporal.

Abstract

Diversity and fish assemblage structure of Sopokomil tributaries was investigated on August and November 2010 with aims to describe spatial and temporal variation of the fish assemblage and evaluate environmental influence on fish distribution in Sopokomil tributaries. Seventeen sites were sampled using backpack electrofishing with single-pass depletion method. Throughout the study, sixteen fish species belonging to 10 genera and 8 families were collected. Species richness and diversity significantly increased from upstream, middle stream and downstream. Based on analysis of similarities (*two-way ANOSIM*), fish assemblages were significantly different in spatial variation but not in temporal variation. *Canonical correspondence analysis (CCA)* highlighted four environmental variables (altitude, total suspended solid, dissolved oxygen, and temperature) significantly structuring fish assemblages in the tributaries of Sopokomil River. Total suspended solids in streams increases by anthropogenic activities along the tributaries. The status of protected forest which is cover upstream and part of middle stream of Sopokomil River needs to maintain for ichthyofauna preservation.

Keywords: Sopokomil tributaries, canonical correspondence analysis (CCA), fish assemblage, environmental variables, spatio-temporal pattern.

Pendahuluan

Identifikasi gradien lingkungan yang membangun struktur komunitas ikan sungai merupakan salah satu tantangan bagi para peneliti ekologi ikan (Argermeiner & Karr, 1983; Gilliam *et al.*, 1993). Kekayaan spesies ikan di suatu sungai bergantung kepada kondisi habitat dan urutan ordo sungai tersebut dalam kaitan daerah alir-

an sungai (Grenouillet *et al.*, 2004; Gerhard *et al.* (2004). Studi lainnya mengemukakan bahwa posisi ketinggian (*altitude*) (Jaramillo-Villa *et al.*, 2010), perbedaan habitat dan atau mikro-habitat (Marsh-Matthews & Matthews, 2000), heterogenitas habitat (Yamazaki *et al.*, 2006), pergantian musim (Fialho *et al.*, 2007; Santos & Caramaschi, 2011), meningkatnya volume air

sungai dan ketersediaan ruang untuk perlindungan (Jackson *et al.*, 2001; Tongnunui *et al.* 2009); merupakan faktor pendorong terjadinya perbedaan kekayaan spesies, kelimpahan dan struktur komunitas ikan di sungai. Sementara dalam skala yang lebih besar, faktor geologis dan iklim akan memengaruhi distribusi spesies ikan (Matthews & Robison, 1988; Marsh-Matthews & Matthews, 2000).

Ekosistem akuatik telah banyak berubah secara signifikan akibat pengaruh aktifitas antropogenik. Pemanfaatan lahan sepanjang daerah aliran sungai untuk kegiatan perkebunan, pertanian, dan permukiman ditengarai memengaruhi fisik-kimiawi dan biologi perairan. Beberapa studi melaporkan bahwa kegiatan pertanian dan perkebunan sangat memengaruhi komunitas ikan (Harding *et al.*, 1998; Walser & Bart, 1999; Brown, 2000; Sullivan *et al.*, 2004). Kegiatan pertanian akan meningkatkan *run-off* dan transfer sedimen ke dalam sungai (Waters, 1995; Walser & Bart, 1999). Meningkatnya beban masukan sedimen ke sungai akan membatasi habitat ikan dan memperburuk kondisi biota akuatik karena sedimen akan menutup substrat; padahal beberapa jenis ikan sungai khususnya di bagian hulu memanfaatkan substrat berbatu sebagai tempat untuk memijah (Jones *et al.*, 1999). Kondisi ini akan mengakibatkan menurunnya keragaman komunitas ikan di sungai (Tejerina-Garro *et al.*, 2005).

Sungai Sopokomil dan anak sungai-anak sungainya yang terdapat di Daerah Silima Pungga-pungga, Dairi, Sumatera Utara cenderung mengalami hal yang sama. Daerah ini dicirikan oleh topografi berbukit dengan ketinggian antara 150-900 m dpl. Aktifitas antropogenik seperti perkebunan, pertanian, penebangan hutan, dan permukiman di sekitar anak sungai-anak sungai dan Sungai Sopokomil ditengarai akan berpenga-

ruh terhadap keragaman dan struktur komunitas ikan penghuninya seperti yang pernah dilaporkan terjadi di Chile (Orrego *et al.*, 2009). Kajian mengenai keragaman ikan dan hubungan antara kumpulan ikan dengan lingkungannya di lokasi studi belum pernah diungkap; sementara pemahaman hubungan antara ikan dan habitatnya merupakan hal yang penting untuk pengelolaan dan konservasi ikan sungai (Wildhaber *et al.*, 2000).

Beranjak dari permasalahan di atas maka dirumuskan tujuan penelitian yaitu, 1) mendeskripsikan komposisi dan keragaman kumpulan ikan secara spasial dan temporal; 2) mengevaluasi faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil, Dairi.

Bahan dan metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif *post facto* terhadap keragaman dan kumpulan ikan serta karakteristik ekologis habitat. Penelitian dilakukan dua tahap yakni pada bulan Agustus 2010 (mewakili musim kemarau) dan November 2010 (mewakili musim penghujan) di Daerah Silima Pungga-pungga, Dairi Sumatera Utara (Gambar 1). Daerah studi meliputi 17 stasiun pengambilan contoh (Tabel 1).

Penangkapan ikan di masing-masing stasiun pengambilan sampel menggunakan alat *backpack electrofishing units* dimana arus listrik yang dihasilkan bersumber dari batere 12 volt dan 9 ampere. Alat ini sangat efektif digunakan untuk perairan yang dangkal seperti anak sungai. Metode yang digunakan adalah *single-pass depletion* atau *removal methods* yang didasarkan pada teknik Zippin (1958) in SCFF (2007). Pengoperasian *electrofishing* untuk masing-masing stasiun dengan kurun waktu 4 x 15 menit dengan mengikuti alur zig zag menyusur kedua tepi anak sungai tersebut. Jarak yang ditempuh dalam ku-

run waktu 4 x 15 menit sejauh 100 m. Operator *electrofishing* akan bergerak berlawanan arah dengan arus sungai (bergerak ke arah hulu), dibantu oleh satu atau dua anggota pembawa *dip-net* (*net persons*) dengan ukuran mata jaring 10 mm untuk membantu memindahkan ikan yang pingsan ke wadah ember berisi air.

Ikan-ikan yang tertangkap dalam kurun waktu 4 x 15 menit pengoperasian *electrofishing* dipisah untuk setiap stasiun; kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik berisi air dan dimasukkan ke dalam wadah *ice box* yang telah dilengkapi *dry ice* untuk selanjutnya dipotret dalam keadaan segar, diukur panjang total (mm) dan ditimbang bobotnya (g). Data panjang dan bobot ikan ini nantinya dimanfaatkan dalam analisis keragaman ikan, kelimpahan relatif, dan *Fish Catch per Unit Effort* (CPUE) di masing-masing lokasi pengambilan sampel. Spesimen ikan yang telah dipotret segera diawetkan dalam larutan formalin 10% dalam botol contoh volume 1000 ml, diberi label nama lokal ikan, lokasi/stasiun, tanggal koleksi, nama kolektor, dan keterangan lain yang diperlukan.

Di laboratorium spesimen ikan yang akan diidentifikasi dicuci dengan air mengalir dan selanjutnya disimpan dalam larutan alkohol 70% sebagai koleksi ilmiah setelah diidentifikasi terlebih dahulu. Identifikasi dilakukan di Laboratorium Ekobiologi dan Konservasi Sumber daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB dengan mengacu kepada beberapa pustaka seperti Weber & Beaufort (1913; 1916), Mohsin & Ambak (1983), Inger & Chin (1990), Ng & Lim (1990), Kottelat *et al.* (1993), Axelrods *et al.* (1995), Roberts (1989; 1993), Eschmeyer (1998), dan beberapa pustaka terkait lainnya. Hasil identifikasi ikan dikonfirmasi kebenarannya dengan membandingkan contoh ikan dengan spesimen ikan awetan yang sejenis di Museum Zoologi

Bogor (MZB), Bidang Zoologi, Puslit. Biologi-LIPI, Cibinong. Pada setiap pengambilan contoh, dilakukan pengukuran lebar sungai ($\pm 0,1$ m), kedalaman (± 1 cm) dan kecepatan arus (± 1 cm. det^{-1}) masing-masing dengan tiga kali ulangan. Suhu ($\pm 0,1^\circ\text{C}$), konduktivitas ($\pm 5 \mu\text{S.cm}^{-1}$), pH ($\pm 0,1$), dan oksigen terlarut diukur ($\pm 0,1 \text{ mg.L}^{-1}$) dengan alat yang dikalibrasi secara reguler. Semua parameter ini dianalisis *in situ*; sementara padatan terlarut total (*Total dissolved solid-TDS*) dan padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid-TSS*) dianalisis di laboratorium. Metode pengukuran parameter kimiawi air mengikuti metode *American Public Health Association* (APHA) (1992). Elevasi dan koordinat lokasi penelitian diukur dengan menggunakan *Global Positioning Systems meter* (GPS, ± 10 m).

Keragaman kumpulan ikan di suatu perairan diketahui lewat beberapa atribut seperti indeks keragaman Shannon-Wiener (H'), keseragaman (J), dan indeks Margalef (D_k) (Magurran, 2004).

Indeks keragaman Shannon-Wiener (H') dihitung dengan mengikuti persamaan:

$$H' = -\sum (P_{jk}) \ln (P_{jk});$$

Indeks keragaman Margalef (D_k) diukur dengan mengikuti persamaan:

$$D_k = (S_k - 1) / \ln T_k;$$

Keseragaman individu yang tertangkap antarspesies dihitung dengan mengikuti persamaan:

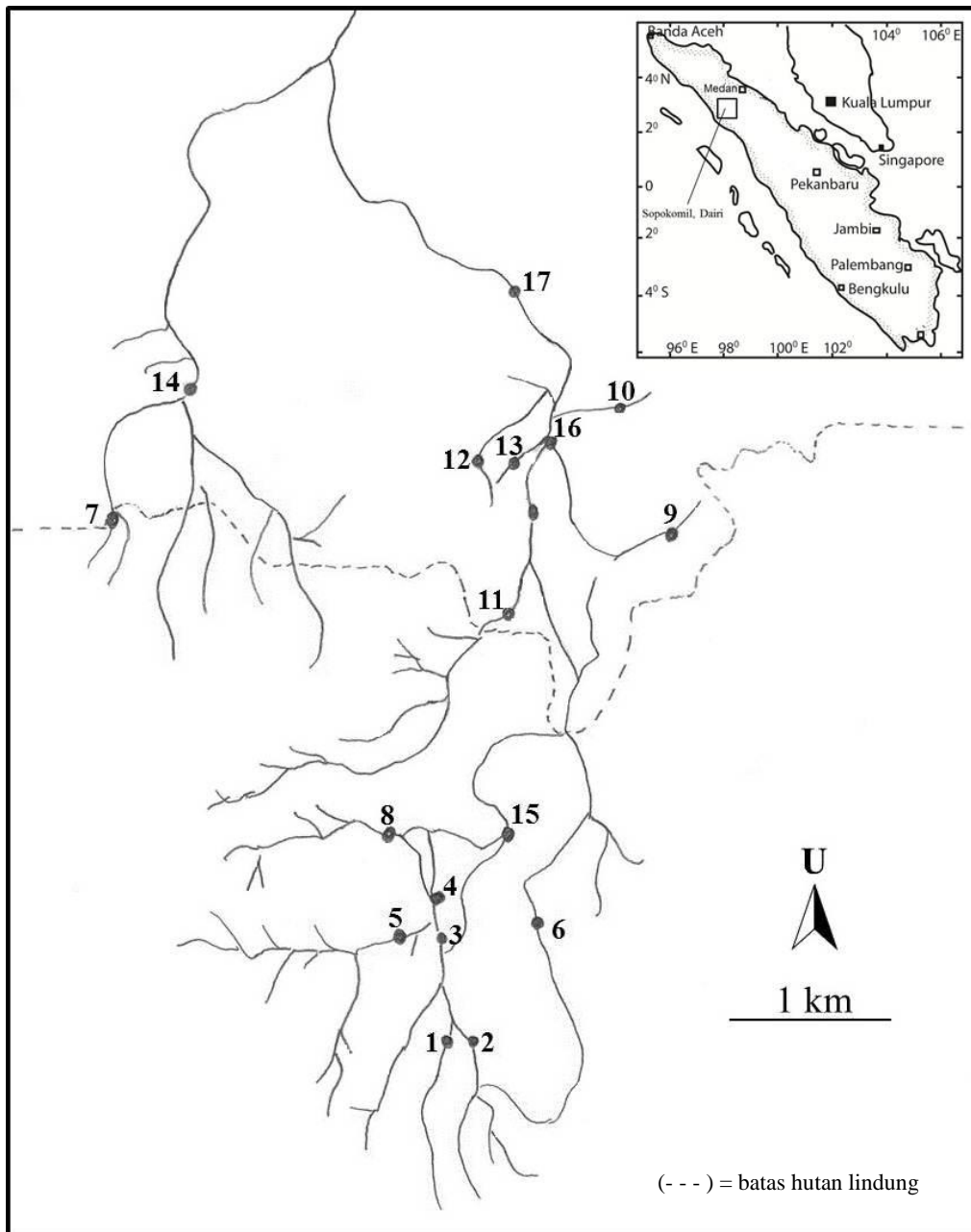
$$J = H' / \ln S_k$$

Keterangan: P_{jk} = kelimpahan relatif spesies ke- j di stasiun k ; S_k = jumlah total spesies yang tertangkap di stasiun k ; T_k = jumlah total semua ikan yang tertangkap di stasiun k .

Hasil tangkapan ikan per upaya tangkap (*Fish catch-per-unit-effort*, CPUE) merupakan jumlah ikan dari satu spesies atau kelompok ekologis ikan yang tertangkap per satuan waktu (jumlah ikan per menit). Nilai CPUE digunakan

sebagai ukuran *proxy* atau cerminan kepadatan relatif ikan di lokasi studi sewaktu pengambilan contoh. Nilai CPUE dihitung untuk masing-masing spesies di setiap lokasi pengambilan contoh. Variasi parameter lingkungan, kelimpahan ikan ($\log(\text{CPU}+1)$), keanekaragaman, kekayaan jenis dan keseragaman dianalisis menggunakan analisis ragam (*ANOVA-Analysis of variance*) lewat program SPSS versi 13,0.

Two-way Analysis of Similarity, ANOSIM tanpa replikasi digunakan untuk menguji pengaruh lokasi/zona dan musim terhadap kumpulan ikan. Replikasi tidak dilakukan karena pengambilan contoh yang dilakukan hanya satu kali tanpa ada ulangan di setiap musim. Analisis statistik *two-way ANOSIM* menggunakan program *PRIMER 5.1.2 for Windows*.



Gambar 1. Sketsa lokasi penelitian (1-17 = stasiun pengambilan contoh)

Tabel 1. Deskripsi lokasi pengambilan contoh

No.	Kode Stasiun	Koordinat	Deskripsi	Ketinggian (m dpl)
1.	SOP212A	2°46'48,20" LU; 98°8' 21,54" BT	Bagian hulu Lae Julu A dengan lebar sungai 1-2 m dan kedalaman 40 cm. Jernih dan berarus deras. Subtrat batu besar. Tutupan vegetasi hutan sekunder sebesar 80%.	757
2.	SOP212B	2° 46'49,50" LU; 98°8'21,51" BT	Stasiun ini merupakan bagian paling selatan dari lokasi sampling. Anak sungai dengan lebar 1-2 m dan kedalaman 40 cm. Jernih dan berarus deras. Subtrat batu besar. Tutupan vegetasi hutan sekunder sebesar 90%.	760
3.	LJU	2° 46'58,68" LU; 98° 8'17,87" BT	Lae Julu merupakan pertemuan antara SOP212A dengan SOP212B. Lebar sungai 10 m dengan kedalaman 30-50 cm. Jernih dan berarus deras dengan substrat batu besar.	718
4.	LSS1	2°47'7,93" LU; 98°8'20,04" BT	Lae Simungun. Anak sungai dengan lebar 1 m dan kedalaman 20 cm; melintasi daerah perkebunan kopi dan hutan sekunder dengan tutupan vegetasi sebesar 60-70%.	705
5.	LSW	2°47'4,11" LU; 98°8'10,84" BT	Lae Sopokomil dengan lebar sungai 8 m dan kedalaman 70-100 cm; arus deras dan substrat berbatu dan berpasir.	760
6.	LSB	2 47'17,00" LU; 98 8'38,04" BT	Lae Sibalanga terletak di batas daerah hutan lindung; lebar sungai 40 cm dengan kedalaman 10-40 cm. Jernih, berarus deras dan bersubtrat batu-batu kerikil kecil. Sepanjang tepi aliran sungai merupakan perkebunan kopi tradisional.	670
7.	LBW	2 48'0,53" LU; 98 6'56,15" BT	Lae Bongkaras Weir merupakan stasiun yang paling barat dan berbatasan dengan hutan lindung. Anak sungai ini berarus deras dan memiliki lebar 3-4 m dengan kedalaman 50-70 cm. Tutupan vegetasi hutan sebesar 80-90 %.	661
8.	LJEA	2°47'20,82" LU; 98°8' 16,76" BT	Lae Jehe A dicirikan dengan substrat batuan yang besar dan arus air yang deras; vegetasi di sepanjang aliran sungai terdiri atas hutan sekunder dan perkebunan kopi. Lebar sungai berkisar antara 2-8 meter dengan kedalaman 20-30 cm.	658
9.	LTM01	2 48'13,58" LU; 98 8'56,33" BT	Lae Tombak Manjolor 1 merupakan anak sungai yang dibendung untuk suplai air dengan kedalaman 50-60 cm dan subtrat pasir berlumpur.	615
10.	CV12C	2 48'6,54" LU; 98 8'46,74" BT	Anak sungai dengan lebar 50 cm dan kedalaman 20-30 cm; substrat pasir berlumpur. Sawah padi di sekitar aliran sungai.	593
11.	LTDD	2 47'43,65" LU; 98 8'19,17" BT	Lae Tapian Dagang D merupakan anak sungai di dekat hutan lindung; di bagian atas aliran sungai dijumpai kebun sawit dan kopi; sementara bagian bawah sawah padi. Lebar sungai berkisar antara 1-2,5 m dengan kedalaman 20-30 cm dengan tutupan vegetasi hutan sebesar 80 %.	642
12.	LBG01	2 48'19,44" LU; 98 8'18,66 BT	Lae Bondar Begu 01 adalah sungai yang dibendung. Airnya tergenang dengan kedalaman 30-60 cm dan lebar 10-15 m. Subtrat berlumpur dan di sekitar sungai terdapat perkebunan jagung dan kelapa.	611
13.	LBG02	2 48'29,68" LU; 98 8' 35,20" BT	Lae Bondar Begu 02 dengan lebar 50 cm dan kedalaman berkisar antara 10-20 cm. Anak sungai ini mengalir melewati sawah padi.	586
14.	LBB	2 48'36,73" LU; 98 7'31,13 BT	Stasiun ini merupakan hilir dari LBW. Stasiun ini dicirikan dengan tingginya pengaruh aktifitas antropogenik (MCK, pertanian, perkebunan). Kiri-kanan sungai telah ditembok dengan batu. Lebar sungai berkisar antara 3-4 m dengan kedalaman 30-40 cm dan substrat pasir berbatu.	575

Tabel 1 (lanjutan).

15.	LSIR	2 47'23,18" LU; 98 8'31,20" BT	Stasiun ini terletak di Sungai Sopokomil dengan lebar sungai 5 m dan kedalaman berkisar antara 0,5-1,0 m. Dicurikan aliran yang lambat dan sedimentasi. Di sisi kanan aliran sungai terdapat sawah padi dan kolam ikan; sedangkan di sisi kiri terdapat jalan tanah dan irigasi buatan.	644
16.	LSS2	2 48'29,23" LU; 98 8'36,91" BT	Lae Sopokomil River terletak 300 m dari stasiun LSSB dan bermuara masuk ke sungai Sopokomil. Lebar sungai berkisar antara 3-5 m dengan kedalaman 40-100 cm dan substrat pasir kasar berbatu. Sepanjang aliran sungai dijumpai sawah padi.	570
17.	LSSB	2 48'44,50" LU; 98 8'39,14" BT	Lae sopokomil bagian hilir, dicirikan dengan arus yang deras, keruh, kedalaman berkisar antara 40-120 cm dan lebar 5-10 m. Sungai ini menerima limbah rumah tangga dan aktifitas pertanian yang ada di sepanjang aliran sungai.	569

Hubungan antara kelimpahan ikan (CPUE yang ditransformasi menjadi $\log(CPU+1)$) dengan parameter lingkungan diuji lewat analisis korespondensi kanonikal (*Canonical correspondence analysis-CCA*) menggunakan *CANOCO 4,5 for Windows* (ter Braak & Smilauer, 2002). CCA merupakan analisis *multivariate* yang dapat menjelaskan hubungan antara komunitas biologis dengan parameter lingkungan dalam bentuk ordina-si. Untuk meminimalkan pengaruh spesies yang jarang, maka dalam analisis CCA hanya digunakan nilai $CPUE \geq 1\%$ dari total spesies yang terkoleksi. Korelasi inter-set (*inter-set correlations*) antara parameter lingkungan (suhu, oksigen terlarut, pH, konduktivitas, TDS dan TSS) dengan aksis CCA digunakan untuk menilai seberapa besar kontribusi masing-masing parameter lingkungan. Permutasi Monte Carlo (seleksi lanjutan) digunakan untuk menyeleksi parameter lingkungan mana yang secara bebas (*independently*) dan signifikan menjelaskan variasi data spesies.

Hasil

Keragaman spesies dan kumpulan ikan

Sebanyak 1.692 individu ikan yang mewakili 16 spesies dari sepuluh genera dan delapan famili terkoleksi dari 17 anak sungai Sopo-

komil selama penelitian (Tabel 2). Balitoridae memiliki jumlah spesies paling banyak (empat spesies), diikuti Cyprinidae dan Channidae (masing-masing tiga spesies), Clariidae (dua spesies), serta Sisoridae, Aplocheilidae, Poecillidae dan Cichlidae masing-masing diwakili satu spesies. *Homaloptera heterolepis*, *Puntius binotatus*, *Danio albolineatus*, dan *Tor soro* merupakan spesies ikan yang paling banyak ditemukan dengan kelimpahan total mencapai 82,16% dari semua individu ikan yang tertangkap pada musim kemarau dan 72,16% pada musim penghujan.

Ditinjau dari frekuensi keberadaan spesies ikan di masing-masing stasiun pada kedua musim ditemukan bahwa ikan *P. binotatus* memiliki sebaran yang luas atau umum dijumpai di lokasi studi (FK= 58,8% pada musim kemarau dan 70,7% pada musim penghujan); selanjutnya diikuti ikan *D. albolineatus* dengan nilai frekuensi kejadian 52,9% pada musim kemarau dan 47,1% pada musim penghujan (Tabel 2). Jenis ikan yang memiliki sebaran yang paling kecil (FK= 5,9%) di lokasi studi adalah ikan *H. gymnogaster* dan *C. gachua*. Kedua spesies ini hanya ditemukan di satu stasiun penelitian pada musim kemarau. Sebagaimana disajikan pada Tabel 2, dua spesies memiliki sebaran yang luas atau umum ditemukan (FK>50%), lima spesies pada tingkat moderat (FK berkisar 20-50%) dan sembilan spesies

pada tingkat yang jarang ditemukan ($FK < 20\%$) pada musim kemarau; sementara pada musim kemarau hanya satu spesies memiliki sebaran yang luas, tujuh spesies pada tingkat moderat, dan enam spesies pada tingkat yang jarang ditemukan.

Berdasarkan serikat trofik, ditemukan enam spesies ikan invertivora, empat spesies omnivora, lima spesies karnivora, dan satu spesies herbivora. Daerah hulu didominasi invertivora dan omnivora, sementara ikan omnivora dan karnivora lebih banyak ditemukan di daerah bagian tengah dan hulu. Ikan *P. binotatus* yang menyebar luas di lokasi studi merupakan anggota kelompok omnivora; sementara ikan introduksi yang ditemukan di lokasi studi termasuk ikan omnivora (*O. niloticus*), herbivora (*P. reticulata*), dan invertivora (*A. panchax*). Ikan lele dumbu (*C. gariepinus*) dan nila (*O. niloticus*) masuk ke perairan diduga berasal dari kegiatan budi daya ikan masyarakat di sekitar daerah hilir (Tabel 2).

Kekayaan spesies ikan secara gradual meningkat mulai dari daerah hulu, tengah dan hilir. Daerah hilir memiliki kekayaan spesies dan keanekaragaman tertinggi per stasiun baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan ($D_k = 1,84 \pm 0,22$ dan $1,58 \pm 0,04$; $H' = 1,58 \pm 0,11$; $1,50 \pm 0,09$ nit), diikuti daerah tengah ($0,80 \pm 0,13$ dan $1,10 \pm 0,30$; $0,87 \pm 0,12$ dan $1,10 \pm 0,12$ nit), dan hulu ($0,61 \pm 0,14$ dan $0,53 \pm 0,10$; $0,72 \pm 0,10$ dan $0,72 \pm 0,13$ nit) (Tabel 3). Berdasarkan uji ragam satu arah (*one-way ANOVA*) ditemukan bahwa kekayaan spesies ikan antara ketiga zona tersebut berbeda secara signifikan baik pada musim kemarau ($F_{2,14} = 12,05$; $p < 0,05$) maupun pada musim penghujan ($F_{2,14} = 6,12$; $p < 0,05$). Keragaman ikan yang dinyatakan dengan nilai indeks Shannon-Weiner antarzona juga menunjukkan pola yang sama, yakni berbeda secara signifikan

baik pada musim kemarau ($F_{2,14} = 6,836$; $p < 0,05$), maupun penghujan ($F_{2,13} = 5,282$; $p < 0,05$). Namun demikian, tidak ditemukan perbedaan kelimpahan yang signifikan antara ketiga zona dimaksud baik pada musim kemarau ($F_{2,14} = 0,423$; $p > 0,05$), maupun pada musim penghujan ($F_{2,14} = 0,643$; $p > 0,05$) (Tabel 3).

Nilai indeks keragaman Shannon-Weiner tiga zona lokasi penelitian berkorelasi positif dengan kekayaan spesies dan indeks Margalef baik pada musim kemarau maupun penghujan. Sementara nilai indeks keseragaman di lokasi studi berkisar antara $0,70 \pm 0,16$ sampai $0,83 \pm 0,22$; dan nilai keseragaman antarstasiun tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Fakta ini memberi gambaran bahwa komunitas ikan di masing-masing zona dapat bertumbuh dengan baik.

Hasil uji *Two-way ANOSIM* tanpa replikasi menunjukkan bahwa kumpulan ikan secara spasial berbeda secara signifikan ($R = 0,258$, $P < 0,01$), namun tidak berbeda secara temporal (musim) ($R = 0,123$; $p > 0,01$) (Tabel 4). Lebih lanjut ditemukan bahwa posisi ketinggian memengaruhi kumpulan dan kelimpahan ikan. Kumpulan ikan di daerah hulu berbeda secara signifikan dengan di daerah tengah ($R = 0,311$; $p < 0,01$) dan hilir ($R = 0,513$; $p < 0,01$), namun tidak ada perbedaan yang signifikan antara kumpulan ikan di daerah tengah dengan hilir ($R = -0,197$; $p > 0,01$) (Tabel 4).

Hubungan antara spesies ikan dengan lingkungan

Hubungan antara kelimpahan spesies dengan parameter lingkungan disajikan lewat ordination *Canonical correspondence analysis* (CCA). Diantara ketujuh parameter lingkungan yang dianalisis, hanya empat parameter yang signifikan ($p < 0,05$) memengaruhi komposisi dan kelimpahan spesies ikan di daerah studi, yakni ketinggian,

Tabel 2. Daftar spesies ikan, distribusi dan ciri ekologis masing-masing spesies ikan yang ditemukan di anak sungai-anak sungai Sopokomil

No.	Famili/Spesies/Kode Spesies	Stasiun/Zona																	Serikat trofik	Kategori	Potensi
		Hulu			Tengah							Hilir									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
CYPRINIDAE																					
1.	<i>Torosoro (Ts)</i>	-	-	xo	-	-	-	xo	-	-	-	-	-	o	xo	o	29,4	41,2	O	N	Cons.
2.	<i>Puntius binotatus (Pb)</i>	-	-	o	o	-	xo	o	-	xo	xo	x	xo	xo	xo	xo	58,8	70,6	O	N	Cons.
3.	<i>Danio albolineatus (Da)</i>	-	-	-	-	-	o	o	-	xo	xo	xo	x	xo	x	xo	52,9	47,1	O	N	Orn.
BALITORIDAE																					
4.	<i>Homaloptera vanderbilti (Hv)</i>	xo	xo	o	-	xo	-	xo	-	-	o	-	-	-	x	-	29,4	41,2	I	N	Orn.
5.	<i>Homaloptera heterolepis (Hh)</i>	xo	xo	-	-	xo	xo	xo	-	-	x	-	-	-	-	-	47,1	35,3	I	N	Orn.
6.	<i>Homaloptera ripleyi (Hr)</i>	xo	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,6	5,9	I	N	Orn.
7.	<i>Homaloptera gymnogaster (Hg)</i>	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	-	I	N	Orn.
SISORIDAE																					
8.	<i>Glyptothorax platypogonoides (Gp)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	o	-	x	11,8	11,8	I	N	Orn.
CLARIIDAE																					
9.	<i>Clarias meladerma (Cm)</i>	-	-	-	-	-	-	-	x	xo	-	-	o	-	-	-	11,8	17,6	C	N	Cons.
10.	<i>Clarias gariepinus (Cg)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xo	-	-	11,8	5,9	C	Int.	Cons.
APOCHEILIDAE																					
11.	<i>Aplocheilichthys panchax (Ap)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	o	-	xo	17,6	17,6	I	Int.	Orn.
POECILIIDAE																					
12.	<i>Poecilia reticulata (Pr)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	xo	xo	x	o	-	-	xo	35,3	35,3	H	Int.	Orn.
CHANNIDAE																					
13.	<i>Chaanna lucius (Cl)</i>	-	-	-	xo	-	xo	o	-	xo	-	-	-	-	x	-	29,4	29,4	C	N	Cons.
14.	<i>Chaanna gachua (Ca)</i>	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	-	C	N	Cons.
15.	<i>Chaanna striata (Cs)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	o	xo	-	xo	17,6	23,5	C	N	Cons.
CICHLIDAE																					
16.	<i>Oreochromis niloticus (On)</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	xo	11,8	17,6	O	Int.	Cons.

Keterangan:

Stasiun 1 = SOP212A, 2 = SOP212B, 3 = LJU, 4 = LSS1, 5 = LSW, 6 = LSB, 7 = LBW, 8 = LJE, 9 = LTM01, 10 = CV12C, 11 = LTDD, 12 = LBG01, 13 = LBG02, 14 = LBB, 15 = LSIR, 16 = LSS2, 17 = LSSB;
K: musim kemarau; P: musim penghujan; H: herbivora; I: invertivora; C: karnivora; O: omnivora; N: spesies asli; Int.: spesies introduksi; Orn: ikan hias; Cons.: ikan konsumsi; x: ditemukan pada musim kemarau; o: ditemukan pada musim penghujan; -: tidak ditemukan pada kedua musim; FK: frekuensi kejadian

Tabel 3. Nilai rata-rata dan simpangan baku parameter lingkungan dan biologis di tiga zona ketinggian yang berbeda

		Hulu	Tengah	Hilir	<i>F-ratio</i>	<i>p-value</i>
Data lingkungan						
Ketinggian (m)*		718,71±16,01	615,50±10,65	569,50±0,50	22,652	0,000
Oksigen terlarut (mg.L ⁻¹)*	k	8,61±0,12	7,16±0,49	7,56 ±0,07	3,946	0,044
	p	9,18±0,15	7,27±0,53	7,78±0,18	5,757	0,015
Suhu (°C)*	k	21,97±0,10	24,71±0,56	25,75±0,35	14,206	0,000
	p	22,91±0,32	24,29±0,26	24,80±0,30	7,939	0,005
TSS (mg.L ⁻¹)*	k	4,14±0,34	12,38±3,83	30,00±1,00	9,028	0,003
	p	4,86±0,67	18,75±6,72	32,50±13,5	3,468	0,060
Data biologis						
Kelimpahan (ind.jam ⁻¹)	k	37,14 ±15,63	53,75 ±13,32	35,50 ±5,50	0,423	0,663
	p	48,57 ±16,76	72,00 ±13,03	67,50 ±26,50	0,643	0,542
Jumlah taksa (spesies)*	k*	2,57 ±0,30	4,00 ±0,57	7,50 ±0,50	12,055	0,001
	p*	3,00 ±0,53	4,43 ±0,72	7,50 ±0,50	6,122	0,013
Shannon (<i>H'</i>) (nit)*	k*	0,72±0,10	0,87 ±0,12	1,58 ±0,11	6,836	0,008
	p*	0,72±0,13	1,10 ±0,12	1,50 ±0,09	5,282	0,021
Margalef (<i>D_k</i>)*	k*	0,61±0,14	0,80 ±0,13	1,84 ±0,22	9,206	0,003
	p	0,53±0,10	1,10 ±0,30	1,58 ±0,04	3,455	0,063
Evenness (<i>J</i>)	k	0,77±0,06	0,70 ±0,05	0,79 ±0,03	0,424	0,663
	p	0,71±0,07	0,83 ±0,08	0,77 ±0,07	0,612	0,557

Keterangan: tanda (*) menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik (ANOVA, $p < 0,05$);
k= kemarau; p= penghujan

Table 4. Hasil uji *two-way crossed ANOSIM* yang membandingkan kumpulan ikan antara tiga zona dan dua waktu pengambilan contoh

Spasial & Temporal	<i>Global test</i>	
	<i>R</i>	<i>P</i>
Zona	0,258	0,002*
Musim	0,123	0,05
<i>Pairs of location</i>	<i>Pairwise test</i>	
	<i>R</i>	<i>P</i>
Hulu vs Tengah	0,311	0,001*
Hulu vs Hilir	0,513	0,002*
Tengah vs Hilir	-0,197	0,861

Keterangan: *Global test* dilakukan dengan 999 permutasi dan *pairwise tests* sebanyak 860-2025 permutasi. Data terlebih dahulu ditransformasi dengan akar kuadrat. Derajat Signifikansi (*) ditetapkan pada alfa (α)= 0,01

oksigen terlarut suhu, dan padatan tersuspensi total baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan. Sementara lima parameter lingkungan lainnya (kecepatan arus, lebar sungai, kedalaman, TDS, dan pH) tidak signifikan sehingga tidak diikutkan dalam pembahasan lebih lanjut.

Ordinasi CCA menjelaskan hubungan yang signifikan (uji permutasi Monte Carlo, $n = 999$, $p < 0,01$) antara spesies ikan dengan parameter lingkungan didasarkan pada seluruh data matriks spesies.

Nilai *eigenvalues* CCA dua sumbu utama *multivariate* pada musim kemarau berturut-turut sebesar 0,73 (CCA1), 0,25 (CCA2); sementara nilai korelasi spesies-lingkungan pada kedua sumbu di atas sebesar 0,97 dan 0,88. Kedua sumbu utama tersebut mampu menjelaskan 82,7% dari total ragam parameter lingkungan, yang masing-masing sumbu berkontribusi 61,4% (CCA1) dan 21,3% (CCA2). Berdasarkan uji korelasi inter-set antara parameter lingkungan ditemukan bahwa umumnya parameter lingkungan berkorelasi dengan sumbu yang terbangun, yakni sumbu CCA1 berkorelasi dengan ketinggian (*altitude*) (0,88), (-1,00) dan TSS (-0,82) dan sumbu CCA2 berkorelasi dengan oksigen terlarut (1,00) (Tabel 5).

Nilai *eigenvalues* CCA dari dua sumbu utama *multivariate* pada musim penghujan berturut-turut sebesar 0,60 (CCA1), 0,18 (CCA2); sementara nilai korelasi spesies-lingkungan pada kedua sumbu di atas sebesar 0,94 dan 0,18. Kedua sumbu utama tersebut mampu menjelaskan 86,6% dari total ragam parameter lingkungan, yang masing-masing sumbu berkontribusi 66,9% (CCA1) dan 19,7% (CCA 2). Berdasarkan uji korelasi interseset antara parameter lingkungan ditemukan bahwa umumnya parameter lingkungan berkorelasi dengan sumbu yang terbangun,

yakni sumbu CCA1 berkorelasi dengan ketinggian (*altitude*) (0,88) dan suhu (-1,00); sementara sumbu CCA2 memiliki korelasi dengan DO (-1,00) dan TSS (-0,68) (Tabel 5).

CCA menghasilkan ordinasi biplot yang menggambarkan hubungan antara stasiun dengan parameter lingkungan; serta hubungan antara spesies dengan lingkungan. Ordiansi biplot antara stasiun dengan lingkungan pada musim kemarau menunjukkan bahwa hampir semua stasiun di daerah hulu memiliki nilai yang positif pada sumbu CCA1 dan mengelompok di sebelah kanan; sementara stasiun di daerah hilir mengelompok pada kuadran ketiga dengan nilai yang negatif pada sumbu CCA1 dan CCA2. Stasiun-stasiun di daerah tengah sangat bervariasi dan membentuk kelompok pada kuadran 1, 2 dan 3. Terbentuk tiga kelompok spesies ikan berdasarkan keberadaan spesies ikan dengan gradien lingkungan (Gambar 2). Kelompok pertama (*H. gymnogaster*, *H. heterolepis*, *H. vanderbilti*, *H. ripleyi*, *C. gachua*, dan *T. soro*) memiliki nilai yang positif pada sumbu CCA1 yang mewakili daerah hulu. Spesies-spesies ini berasosiasi dengan ketinggian lokasi, suhu yang rendah dan kadar oksigen yang tinggi. Kelompok kedua memiliki nilai negatif pada sumbu CCA1 dan CCA2 yakni ikan *O. niloticus*, *G. platypogonoides*, *C. gariepinus*,

Tabel 5. Ikhtisar analisis CCA kelimpahan spesies ikan pada musim kemarau dan penghujan

Sumbu Musim	Sumbu 1		Sumbu 2	
	kemarau	penghujan	kemarau	penghujan
<u>Korelasi interseset parameter lingkungan</u>				
Suhu	-1,00	-1,00	0,00	0,00
Oksigen terlarut	0,55	0,53	-1,00	-1,00
Padatan tersuspensi total	-0,82	-0,38	-0,36	-0,68
Ketinggian	0,88	0,69	-0,53	0,59
<u>Ringkasan diagnosis ordinasi utama</u>				
<i>Eigenvalues</i>	0,73	0,60	0,25	0,18
Korelasi spesies-lingkungan	0,97	0,94	0,88	0,81
Variasi kumulatif (%)				
data spesies	27,1	29,2	36,5	37,8
hubungan spesies-lingkungan	61,4	66,9	82,7	86,6
<i>Inertia</i>	2,69	2,05	2,69	2,05

dan *C. striata*. Spesies-spesies ini ditemukan melimpah di daerah hilir dengan kondisi perairan yang memiliki TSS dan suhu yang tinggi serta konsentrasi oksigen yang lebih rendah dari zona hulu. Kelompok ketiga (*P. binotatus*, *A. panchax*, *P. reticulata*, dan *D. albolineatus*) memiliki nilai negatif pada sumbu CCA1 dan positif pada CCA2 serta mewakili daerah tengah. Grup ini umumnya terkait dengan suhu dan TSS yang lebih tinggi dibandingkan zona hulu.

Pola ordiansi biplot CCA antara stasiun dengan lingkungan pada musim penghujan menunjukkan pola yang hampir sama dengan musim kemarau. Semua stasiun di daerah hulu memiliki nilai yang positif pada sumbu CCA1 dan mengelompok di sebelah kanan; sementara stasiun di daerah tengah dan hulu memiliki pola yang berbeda dengan musim sebelumnya. Stasiun-stasiun di daerah tengah sangat bervariasi dan membentuk kelompok pada kuadran 1, 2 dan 3; sementara stasiun di daerah hilir masuk di kuadran 3 dan 4. Pada musim penghujan juga terbentuk tiga kelompok spesies ikan berdasarkan keberadaan spesies ikan dengan gradien lingkungan (Gambar 3). Kelompok pertama (*H. heterolepis*, *H. vanderbilti*, *H. ripleyi*, dan *T. soro*) memiliki nilai yang positif pada sumbu CCA1 yang mewakili daerah hulu. Spesies-spesies ini berasosiasi dengan ketinggian lokasi, suhu dan TSS yang rendah, dan oksigen terlarut yang tinggi. Kelompok kedua (diwakili oleh ikan *P. binotatus*, *A. panchax*, *P. reticulata*, dan *D. albolineatus*) memiliki nilai negatif pada sumbu CCA1 dan positif CCA2. Spesies-spesies ini ditemukan melimpah di daerah tengah dengan kondisi suhu perairan yang lebih tinggi dan oksigen terlarut dalam perairan yang lebih rendah dibandingkan daerah hulu. Kelompok ketiga terdiri atas ikan *O. niloticus*, *G. platypogonoides*, *C. striata*, *C. gariepinus*, *C. meladerma* mewakili daerah hilir, dici-

rikan oleh gradien lingkungan yang lebih keruh (TSS tinggi), oksigen terlarut yang rendah dan suhu yang tinggi.

Pembahasan

Penelitian ini merupakan studi pertama yang menggambarkan variasi kumpulan ikan secara spasial dan temporal di anak sungai-anak sungai daerah Sopokomil, Dairi. Hasil kajian ini memberikan pemahaman mengenai variasi kumpulan ikan yang bermanfaat untuk konservasi ikan-ikan di anak sungai. Beberapa jenis ikan telah mampu beradaptasi untuk menetap pada perairan di dataran tinggi yang dicirikan arus yang deras dengan cara memiliki modifikasi bentuk tubuh dan kepala, sirip yang berbentuk bantalan pengisap, bibir ikan yang khas yang memungkinkan mereka dalam mencari makan, dan pola pewarnaan yang unik (Kottelat *et al.*, 1993; Neely *et al.*, 2007; Hu *et al.*, 2009). Kelompok ikan Balitoridae yang ditemukan di dataran tinggi Sopokomil merupakan salah satu contoh ikan dimaksud. Ikan dari kelompok Balitoridae inilah yang menempati posisi pertama dalam hal jumlah spesies yang paling banyak tertangkap baik pada musim kemarau maupun penghujan di anak sungai Sopokomil.

Spesies ikan asing seperti ikan lele dumbo dan nila yang ditemukan di lokasi studi ditenggarai akan berdampak buruk terhadap komunitas ikan asli karena mampu menginvasi spesies asli Sungai Sopokomil melalui persaingan dalam memperebutkan relung makanan dan habitat. Kedua spesies ini memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang buruk seperti kandungan oksigen yang rendah, kekeruhan yang tinggi serta memiliki kelenturan dalam memanfaatkan sumber daya makanan yang tersedia di alam. Beberapa kajian mengungkapkan bahwa introduksi spesies ini ke suatu

perairan berdampak buruk terhadap populasi ikan asli (Vitule *et al.*, 2006; Martin *et al.*, 2010; Zambrano *et al.*, 2010; Radhakrishnan *et al.*, 2011).

Kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil menunjukkan peningkatan kekayaan spesies, indeks Shannon (H'), dan kelimpahan secara gradual seiring dengan gradien ketinggian dari daerah hulu ke daerah hilir. Fenomena ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan di daerah hulu sepertinya menjadi suatu penghalang bagi penyebaran dan kolonisasi ikan-ikan dari hilir (Pouilly *et al.*, 2006; Jaramillo-Villa *et al.*, 2010). Variasi keragaman spesies ikan secara spasial seperti ini juga pernah ditemukan di beberapa anak sungai seperti Sungai Puxi (Yan *et al.*, 2010) dan Sungai Tiaoxi (Li *et al.*, 2012). Beberapa penelitian menemukan bahwa meningkatnya keragaman spesies komunitas ikan dari arah hulu menuju hilir terkait dengan semakin meningkatnya kompleksitas habitat yang tersedia, kelimpahan dan keragaman makanan, serta adanya migrasi ikan (Arunachalam, 2000; Inoue & Nunokawa 2002; Yan *et al.*, 2010).

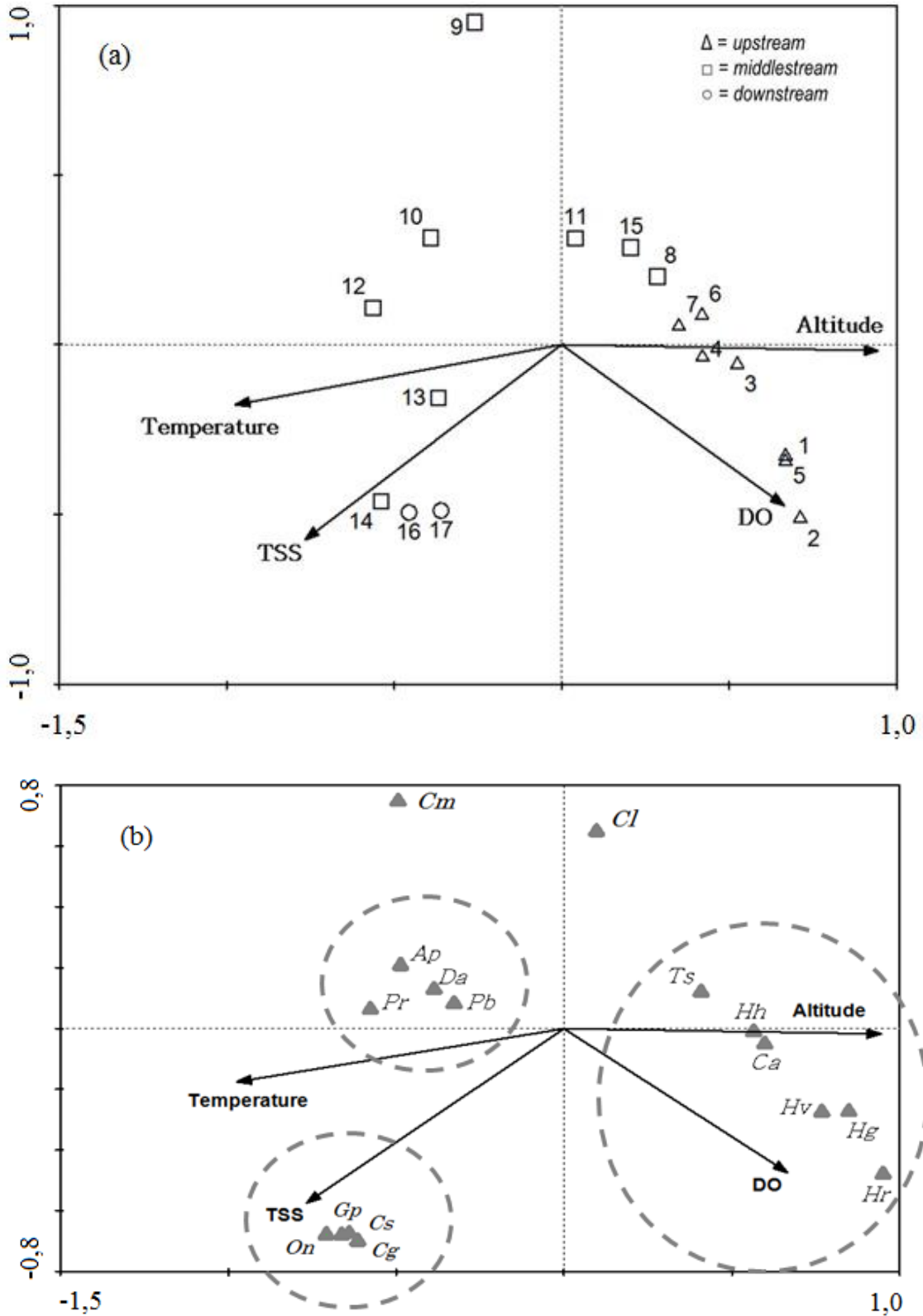
Proporsi ikan invertivora semakin menurun seiring dengan menurunnya ordo sungai (*stream continuum*) dari hulu menuju hilir, namun di sisi yang lain terjadi peningkatan jumlah spesies ikan omnivora dan karnivora (Tabel 2). Kondisi ini memberikan gambaran bahwa ketersediaan makanan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pada gilirannya serikat trofik (*trophic guilds*) yang terbentuk pun akan berbeda di sepanjang aliran sungai (Ibañez *et al.*, 2007).

Berdasarkan analisis ANOSIM, ditemukan bahwa kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil berbeda secara spasial, namun tidak berbeda secara temporal. Perbedaan secara spasial sudah dijelaskan pada dua paragraf se-

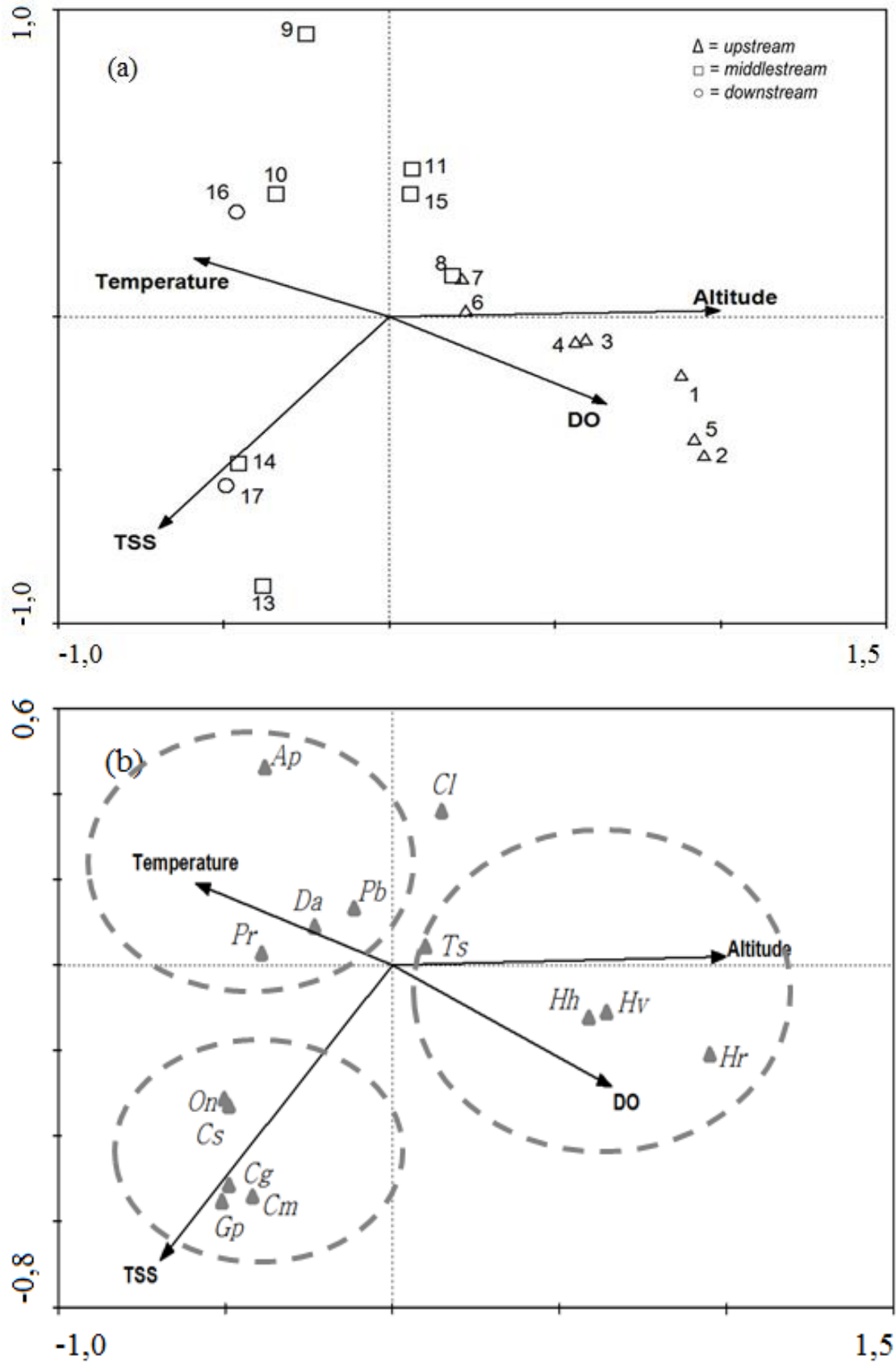
belumnya. Komposisi dan kelimpahan spesies ikan beragam secara temporal sebagai respons ikan terhadap interaksi internal dan faktor eksternal (Belyea & Lancaster, 1999). Kondisi ekologis sungai sangat dinamis dan pengaruh hidrologis lebih besar dibandingkan interaksi internal (proses pemangsaan atau kompetisi), namun pola seperti ini tidak ditemukan di Sungai Sopokomil. Meskipun tidak ada perbedaan kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil, kekayaan spesies dan kelimpahan masing-masing spesies ikan mengalami perbedaan seiring dengan perubahan waktu (Tabel 3).

Hubungan yang signifikan antara parameter lingkungan dengan kumpulan ikan ditemukan di anak sungai-anak sungai Sopokomil. Ketinggian daerah berkorelasi positif dengan sumbu CCA1 dan merupakan faktor utama yang menentukan distribusi spesies ikan. Hasil serupa juga ditemukan oleh Wu *et al.* (2011) dan Li *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa ketinggian merupakan faktor penentu variasi kumpulan ikan di Sungai Chishui dan Sungai Tiaoxi.

Padatan tersuspensi total (TSS) merupakan parameter lainnya yang secara signifikan memengaruhi pola sebaran spasial ikan di daerah studi baik pada musim kemarau maupun penghujan. TSS yang tertinggi ditemukan pada daerah hilir dan disusul kemudian daerah tengah. Kandungan TSS yang tinggi bersumber dari erosi sepanjang aliran sungai mulai dari daerah tengah sampai hilir. Pengaruh antropogenik seperti banyaknya areal perkebunan kopi dan karet di daerah tengah, sawah padi dan permukiman penduduk di daerah hilir ikut memberikan sumbangan TSS yang besar di badan sungai. Vektor TSS ordinasinya diplot terbesar ditemukan pada musim penghujan dibandingkan musim kemarau (Gambar 3). Hal ini mengindikasikan bahwa beban



Gambar 2. Ordinasi biplot CCA yang menunjukkan hubungan antara distribusi stasiun dengan parameter lingkungan (a) dan distribusi spesies ikan dengan parameter lingkungan yang signifikan (b) pada musim kemarau



Gambar 3. Ordinası biplot CCA yang menunjukkan hubungan antara distribusi stasiun dengan paramater lingkungan (a) dan distribusi spesies ikan dengan paramater lingkungan yang signifikan (b) pada musim penghujan

masukannya TSS lebih besar pada saat musim penghujan. Spesies *P. binotatus*, *A. panchax*, *P. reticulata*, *C. gariepinus*, dan *O. niloticus* merupakan ikan yang dominan ditemukan pada daerah dengan konsentrasi TSS yang tinggi. Beberapa peneliti menyatakan bahwa pengaruh antropogenik seperti pemanfaatan lahan di bagian hulu dan sekitar sungai akan meningkatkan kekeruhan dan padatan terlarut di perairan serta pada gilirannya akan memengaruhi distribusi spesies dan kelimpahan relatif ikan (Martin *et al.*, 2000; Gratwicke *et al.*, 2003; Gerhard *et al.*, 2004).

Suhu dan oksigen terlarut juga merupakan dua faktor lainnya yang ikut mengambil andil dalam memengaruhi distribusi dan komposisi kumpulan ikan di daerah studi baik pada musim kemarau maupun penghujan. Kedua parameter ini juga menjadi faktor yang memengaruhi komunitas ikan di sungai tropis (Araujo *et al.*, 2009; Mercado-Silva *et al.*, 2012). Lewat ordinasi CCA terlihat bahwa daerah hulu dicirikan oleh suhu yang lebih rendah dan kandungan oksigen yang tertinggi dibandingkan kedua zona perairan lainnya. Spesies ikan yang ditemukan di daerah seperti ini umumnya sudah mampu beradaptasi terhadap suhu yang dingin, memiliki pertumbuhan yang lebih lambat, lama untuk matang gonad dan fekunditas yang lebih kecil (Wu *et al.*, 2011). Oleh sebab itu, spesies ikan di daerah hulu lebih rentan untuk mengalami kepunahan jika mengalami gangguan. Status zona hulu dan sebagian zona tengah Sungai Sopokomil saat ini masih merupakan hutan lindung dan perlu untuk tetap dipertahankan demi untuk menjaga kelestarian iktiofauna Sungai Sopokomil.

Simpulan

Keragaman iktiofauna di aliran anak sungai-anak sungai Sopokomil tidak besar, hanya terdiri atas 16 spesies dari sepuluh genera dan de-

lapan famili. Kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil menunjukkan peningkatan kekayaan spesies, indeks Shannon, dan kelimpahan secara gradual seiring dengan gradien *altitudinal* dari daerah hulu ke hilir. Komposisi tersebut berbeda secara spasial, namun tidak berbeda secara temporal. *Canonical correspondence analysis* (CCA) menjelaskan bahwa ada empat parameter lingkungan (ketinggian, padatan tersuspensi total, oksigen terlarut, dan suhu) yang signifikan memengaruhi struktur dan komposisi kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil.

Persantunan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Dairi Prima Mineral yang mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada staf peneliti PT Hatfield Indonesia (Bapak Agustinus Sembiring), Pusat Studi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Universitas Sumatera Utara (Bapak Ternala A. Barus, Ibu Toberni Situmorang, dan Bapak Misran Hasudungan), dan Tim Lingkungan PT Dairi Prima Mineral (Bapak Jumadi) yang telah membantu selama penelitian di lapangan. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada dua mitra besarti anonim yang telah memperkaya tulisan ini.

Daftar pustaka

- American Public Health Association (APHA). 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th eds. American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, Washington, DC. 959 p.
- Angermeiner PL & Karr JR. 1983. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, 9(2):117-135.
- Araujo FG, Pinto BCT, Teixeira TP. 2009. Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in south-eastern Brazil:

- evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia*, 618:89-107
- Arunachalam A. 2000. Assemblage structure of stream fishes in the Western Ghats (India). *Hydrobiologia*, 430:1-31.
- Axelrods N, Burgess WE, Emmens CW. 1995. *Mini atlas of freshwater fishes*. Mini editions. T.F.H. Publications, Inc., Boston, 992 p.
- Belyea LR & Lancaster J. 1999. Assembly rules within a contingent ecology. *Oikos*, 86:402-416.
- Brown LR. 2000. Fish communities and their associations with environmental variables, lower San Joaquin River drainage, California. *Environmental Biology of Fishes*, 57:251-269.
- de Beaufort LF. 1940-1962. *The fishes of the Indo-Australian Archipelago*, vol. 8-11. E. J. Brill, Leiden.
- Eschmeyer WN. 1998. *Catalog of Fishes Vol. 1-3*. California Academy of Sciences, San Fransisco. 2905 p.
- Fialho AP, Oliveira LG, Tejerina-Garro FL, Gomez LC. 2007. Fish assemblage structure in tributaries of the Meia Ponte River, Goiás, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(1):53-60.
- Gerhard P, Moraes R, Molander S. 2004. Stream fish communities and their associations to habitat variables in a rain forest reserve in southeastern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 71:321-340.
- Gilliam JF, Fraser DF, Alkins-Koo M. 1993. Structure of a tropical stream fish community: a role for biotic interactions. *Ecology*, 74(6):1856-1870.
- Gratwicke B, Marshall BE, Nhiwatiwa T. 2003. The distribution and relative abundance of stream fishes in the upper Manyame River, Zimbabwe, in relation to land use, pollution and exotic predators. *African Journal of Aquatic Science*, 28:25-34.
- Grenouillet G, Pont D, Hérrisé C. 2004. Within-basin fish assemblage structure: the relative influence of habitat versus stream spatial position on local species richness. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61:93-102.
- Harding JS, Benfield EF, Bolstad PV, Helfman GS, Jones EBD III. 1998. Stream biodiversity: The ghost of land use past. *Proceedings of the National Academy of Science*, 95:14843-14847.
- Hu ML, Wu ZQ, Liu YL. 2009. The fish fauna of mountain streams in the Guanshan National Nature Reserve, Jiangxi, China. *Environmental Biology of Fishes*, 86:23-27.
- Ibañez C, Belliard J, Hughes RM, Irz P, Kamdem-Toham A, Lamoroux N, Tedesco PA, Oberdorff T. 2009. Convergence of temperate and tropical fish assemblages. *Ecography*, 32:685-670.
- Inger RF & Chin PK. 1990. The freshwater of North Borneo. *Fieldiana Zool.*, 45:1-268.
- Inoue M & Nunokawa M. 2002. Effects of longitudinal variations in stream habitat structure on fish abundance: An analysis based on subunit-scale habitat classification. *Freshwater Biology*, 47:1594-1607.
- Jackson DA, Peres-Neto PR, Olden JD. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities- the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:157-200.
- Jaramillo-Villa U, Maldonado-Ocampos JA, Escobar F. 2010. Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, 76:2401-2417.
- Jones EBD III, Helfman GS, Harper JO, Bolstad PV. 1999. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in Southern Appalachian streams. *Conservation Biology*, 13(6): 1454-1465.
- Kottelat M, Whitten AJ, Kartikasari SN, Wirjoatmodjo S. 1993. *Freshwater fishes of western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Editions Ltd.
- Li J, Huang L, Zou L, Kano Y, Sato T, Yahara T. 2012. Spatial and temporal variation of fish assemblages and their associations to habitat variables in a mountain stream of north Tiaoxi River, China. *Environmental Biology of Fishes*, 93:403-417.
- Magurran AE. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. London
- Marsh-Matthews E & Matthews WJ. 2000. Geographic, terrestrial and aquatic factors: which most influence the structure of stream fish assemblages in the Mid-western United States? *Ecology of Freshwater Fish*, 9:9-21.
- Martin CW, Valentine MM, Valentine JF. 2010. Competitive interactions between invasive

- nile tilapia and native fish: the potential for altered trophic exchange and modification of food webs. *PLoS ONE*, 5(12): e14395. doi:10.1371/journal.pone.0014395.
- Martin P, Haniffa MA, Arunachalam M. 2000. Abundance and diversity of macroinvertebrates and fish in the Tamiraparani River, South India. *Hydrobiologia*, 430:59-75.
- Mercado-Silva N, Lyons J, Diaz-Pardo E, Navarrete S, Gutierrez-Hernandez A. 2012. Environmental factors associated with fish assemblage patterns in a high gradient river of the Gulf of Mexico slope. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83:117-128.
- Matthews WJ & Robison HW. 1988. The distribution of the fishes of Arkansas: a multivariate analysis. *Copeia*, 2:358-378.
- Mohsin AKM & Ambak MA. 1983. *Freshwater fishes of Peninsular Malaysia*. Penerbit Universiti Pertanian Malaysia.
- Neely DA, Conway KW, Mayden RL. 2007. *Erromyzon yangi*, a new hillstream loach (Teleostei: Balitoridae) from the Pearl River drainage of Guangxi Province, China. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 18: 97-102.
- Ng PKL & Lim KP. 1990. Snakeheads (Pisces:Channidae): natural history, biology and economic importance. In: Chou CM & Ng PKL (eds.): *Essay in Zoology*. Commemorating the 40th Anniversary of the Department of Zoology. National University of Singapore. pp. 127-152.
- Orrego R, Adams SM, Barra R, Chiang G, Gavilán JF. 2009. Patterns of fish community composition along a river affected by agricultural and urban disturbance in south-central Chile. *Hydrobiologia*, 620: 35-46.
- Pouilly M, Barrera S, Rosales C. 2006. Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni watershed (Bolivia). *Journal Fish Biology*, 68:137-156.
- Radhakrishnan KV, Lan ZJ, Zhao J, Qing N, Huang XL. 2011. Invasion of the African sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in South China. *Biological Invasions*, 13:1723-1727.
- Roberts TR. 1989. The freshwater fishes of Western Borneo (Kalimantan Barat, Indonesia). *California Academy of Science Memoirs* Number 14.
- Roberts TR. 1993. The freshwater fishes of Java, as observed by Kuhl and van Hasselt in 1820-23. *Zoologische Verhandelingen*, 285:1-94.
- Santos AC de A. & Caramaschi ÉP. 2011. Temporal variation in fish composition and abundance in a perennial tributary of the rio Paraguaçu, a little-known drainage in the Brazilian semi-arid region. *Neotropical Ichthyology*, 9(1):153-160.
- Sullivan BE, Rigsby LS, Berndt A, Jones-Wueller M, Simon TP, Lauer T, Pyron M. 2004. Habitat influence on fish community assemblage in an agricultural landscape in four east central Indiana streams. *Journal of Freshwater Ecology*, 19(1):141-148.
- Tejerina-Garro FL, Maldonado M, Ibañez C, Pont D, Roset N, Oberdorff T. 2005. Effects of natural and anthropogenic environmental changes on riverine fish assemblages: a framework for ecological assessment of rivers. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48:91-108.
- ter Braak CJF & Šmilauer P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: Software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power (Ithaca NY, USA). 550 p.
- Tongnunui S, William F, Beamish H. 2009. Habitat and relative abundance of fishes in small rivers in eastern Thailand. *Environmental Biology of Fishes*, 85:209-220.
- Vitule JRS, Umbria SC, Aranha JMR. 2006. Introduction of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) in Southern Brazil. *Biological Invasions*, 8:677-681.
- Walser CA & Bart HL. 1999. Influence of agriculture on instream habitat and fish assemblage structure in Piedmont watersheds of the Chattahoochee River system. *Ecology of Freshwater Fish*, 8:237-246.
- Waters TF. 1995. Sediment in streams. American Fisheries Society, *Monograph 7*, Bethesda, Maryland.
- Weber M & de Beaufort LF. 1911-1936. *The fishes of the Indo-Australian Archipelago*, vol. 1-7. E. J. Brill, Leiden.
- Wildhaber ML, Allert AL, Schmitt CJ, Tabor VM, Mulhern D, Powell KL, Sowa SP. 2000. Natural and anthropogenic influences on the distribution of the threatened Neosho madtom in a midwestern warmwater stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129:243-261.

- Wu J, Wang J, He Y, Cao W. 2011. Fish assemblage structure in the Chishui River, a protected tributary of the Yangtze River. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 400:1-14.
- Yamazaki Y, Haramoto S, Fukasawa T. 2006. Habitat uses of freshwater fishes on the scale of reach system provided in small streams. *Environmental Biology of Fishes*, 75:333-341.
- Yan Y, He S, Chu L, Xiang X, Jia Y, Tao J, Chen Y. 2010. Spatial and temporal variation of fish assemblages in a subtropical small stream of the Huangshan Mountain. *Current Zoology*, 56(6):670-677.
- Zambrano L, Valiente E, Vander Zanden MJ. 2010. Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes: carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. *Biological Invasions*, 12:3061-3069.

Volume 12

Henni Syawal, Nastiti Kusumorini, Wasmen Manalu, Ridwan Affandi Respons fisiologis dan hematologis ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) pada suhu media pemeliharaan yang berbeda [Physiological and hematological response of common carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in different temperatures of media]	1
Irmawati, Alimuddin, Muhammad Zairin Jr., Muhammad Agus Suprayudi, Aris Tri Wahyudi Peningkatan laju pertumbuhan benih ikan gurame (<i>Osphronemus goramy</i> Lac.) yang di-rendam dalam air yang mengandung hormon pertumbuhan ikan mas [Growth enhancement of <i>Osphronemus goramy</i> Lac. juvenile immersed in water containing recombinant <i>Cyprinus carpio</i> growth hormone]	13
Hesti Wahyuningsih, Muhammad Zairin Jr., Agus Oman Sudrajat, Ligaya ITA Tumbelaka, Wasmen Manalu Perubahan plasma darah dan kematangan gonad pada ikan betina <i>Tor soro</i> di kolam pemeliharaan [Changes of blood plasma and gonadal maturity on female <i>Tor soro</i> in pond]	25
Suhestri Suryaningsih, Mammed Sagi, Kamiso Handoyo Nitimulyo, Suwarno Hadisusanto Beberapa aspek pemijahan ikan brek <i>Puntius orphoides</i> (Valenciennes, 1842) di Sungai Klawing Purbalingga, Jawa Tengah [Spawning aspects of javaen barb <i>Puntius orphoides</i> (Valenciennes, 1842) in Klawing River, Purbalingga, Central Java]	35
Asriyana, Lenny S. Syafei Perubahan ontogenetik makanan ikan kurisi, <i>Nemipterus hexodon</i> (Famili: Nemipteridae) di Teluk Kendari [Ontogenic shift in the diet of ornate threadfin bream, <i>Nemipterus hexodon</i> (Family Nemipteridae) in Kendari Bay]	49
Djumanto, Eko Setyobudi, Rudiansyah Fekunditas ikan gelodok, <i>Boleophthalmus boddarti</i> (Pallas 1770) di Pantai Brebes [Fecundity of Boddart's goggle-eyed goby, <i>Boleophthalmus boddarti</i> (Pallas 1770) in Brebes Coast]	59
Dedi Jusadi, Achmad Noerkaerin Putra, Muhammad Agus Suprayudi, Deddy Yaniharto, Yutaka Haga Aplikasi pemberian taurin pada rotifer untuk pakan larva ikan kerapu bebek <i>Cromileptes altivelis</i> [The application of rotifers enriched with taurine for larvae of humpback grouper <i>Cromileptes altivelis</i>]	73
Haryono Iktiofauna perairan lahan gambut pada musim penghujan di Kalimantan Tengah [Fish fauna of Central Kalimantan peatland waters in rainy season]	83
Catatan Singkat:	
Indah Mustika Putri Makanan ikan bilis (<i>Thryssa hamiltonii</i> , Gray 1835) di perairan Pantai Mayangan, Jawa Barat [Diet of Hamilton's anchovy (<i>Thryssa hamiltonii</i> , Gray 1835) in the Mayangan Coast, Subang, West Java]	93
Bastiar Nur, Nurhidayat Optimalisasi reproduksi ikan pelangi kurumoi, <i>Melanotaenia parva</i> Allen 1990 melalui rasio kelamin induk dalam pemijahan [Optimizing of reproduction kurumoi rainbowfish (<i>Melanotaenia parva</i> Allen 1990 through sex ratio in spawning]	99
Zainuddin, M. Iqbal Djawad, Ryan Ardiyanti Pengaruh level protein pakan terhadap laju metabolisme juwana ikan bandeng (<i>Chanos chanos</i> , Forsskal 1775) [Effect of dietary protein level on the metabolism rate of milkfish (<i>Chanos chanos</i> , Forsskal) juvenile]	111
Ahmad Faizal, Jamaluddin Jompa, Natsir Nessa, Chair Rani Pemetaan spasio-temporal ikan-ikan herbivora di Kepulauan Spermonde, Sulawesi Selatan [Spatio-temporal mapping of herbivorous fishes at Spermonde Islands, South Sulawesi]	121
Arip Rahman, Agus Arifin Sentosa, Danu Wijaya Sebaran ukuran dan kondisi ikan zebra <i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Günther, 1867) di Danau Beratan, Bali [Size distribution and condition of zebra cichlid, <i>Amatitlania nigrofasciata</i> (Günther, 1867) in Lake Beratan, Bali]	135
Agus Nuryanto, Dian Bhagawati, M. Nadjmi Abulias, Indarmawan Fish diversity at Cileumeuh River in District of Majenang, Cilacap Regency, Central Java [Diversitas ikan di Sungai Cileumeuh Kecamatan Majenang, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah]	147

Charles P.H. Simanjuntak Keragaman dan struktur kumpulan ikan di anak sungai-anak sungai Sopokomil, Dairi, Sumatera Utara [Fish diversity and assemblage structure in tributaries of Sopokomil River, Dairi, North Sumatra]	155
Muhaimin Hamzah, M. Agus Suprayudi, Nur Bambang Priyo Utomo, Wasmen Manalu Pertumbuhan dan daya tahan tubuh juwana kerapu bebek (<i>Cromileptes altivelis</i>) yang mendapatkan tambahan selenium dan terpapar cekaman lingkungan [Growth and vitality of juvenile humpback grouper (<i>Cromileptes altivelis</i>) supplemented with selenium and exposed to environmental stress]	173
Ridwan Affandi, Riri Ezraneti, Kukuh Nirmala Kondisi fisiologis ikan bandeng (<i>Chanos chanos</i> Forskal) yang dipelihara pada media yang terpapar merkuri dengan tingkat salinitas berbeda [Physiological condition of milkfish, <i>Chanos chanos</i> Forskal reared in medium containing mercury with various level of salinity]	185
Prawira Atmaja R.P. Tampubolon, M. F. Rahardjo, Krismono Pertumbuhan ikan oskar (<i>Amphilophus citrinellus</i> , Günther 1864) di Waduk Ir H. Djuanda, Jawa Barat [Growth of Midas Cichlid (<i>Amphilophus citrinellus</i> , Günther 1864) in Ir. H. Djuanda Reservoir, West Java]	195