

Perubahan Karakter Morfologi Ikan Tawes (*Barbodes gonionotus*) yang Hidup di Danau Gua Serpeng, Gunungkidul

Displacement of Morphological Characters of *Barbodes gonionotus* at Serpeng Cave Lake, Gunungkidul

AGUNG BUDIHARJO
Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

ABSTRACT

Serpeng cave lake is located inside a cave that is isolated from any waters outside the cave, and the lake is located about 96 meters down under the ground surface. The isolated waters in the lake have also resulted in the isolation of the fishes from any other fish populations outside the cave. The objective of the study was to know how the displacement of morphological character occurred on a group of fish suspected belong to *Barbodes gonionotus* lived in Serpeng lake based on the observation of morphological characters of the fish. The *Barbodes gonionotus* from Kalisuci river and a well at Serpeng village was used as a comparison. The morphological characters observed were morphometric, meristic, color of scale, and number of vertebrae. The parameters of the water environment were also measured. The morphological characters from the three populations of fish were compared. The correlation coefficient of the morphologic data was measured, and grouping analysis was also applied for data. There was not any obvious differences observed between fishes from Kalisuci river and well at Serpeng village, on the other hand, the differences were obviously observed for the fish from the lake compared to the fishes from the river and well. The differences were evident from all characters observed. The grouping analysis indicated that the fish population suspected to be *Barbodes gonionotus* from the lake was separated from the same species of the river and well, while the distinct features were not observed between both fishes from the river and well. Based on the basic characters and observed morphological characters of *Barbodes gonionotus* suggest that the speciation of the fish to the subspecies taxonomic level has occurred.

© 2001 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: cave, geographic isolation, speciation, morphological character

PENDAHULUAN

Danau Gua Serpeng merupakan sebuah perairan yang terletak di dalam Gua Serpeng. Danau seluas 800 m² ini berada pada kedalaman lebih kurang 96 meter di bawah permukaan tanah (MacDonald, 1984). Karena terletak di dalam gua danau tersebut memiliki lingkungan yang khas dan berbeda dari lingkungan perairan lain yang terletak di luar gua. Lingkungan yang khas tersebut ditandai dengan keadaan yang gelap total sepanjang waktu, suhu yang relatif rendah, kelembapan udara yang relatif tinggi, kondisi lingkungan yang konstan sepanjang tahun, serta terbatas-

nya bahan pangan (Poulson & White, 1969).

Lingkungan perairan danau terisolasi dari lingkungan di luar gua karena dibatasi oleh dinding gua yang menyebabkan perairan danau tidak memiliki hubungan langsung dengan perairan di luar gua. Isolasi tersebut menyebabkan ikan yang hidup di danau tersebut juga mengalami isolasi reproduktif dari ikan yang hidup di luar gua. Akibatnya, ikan-ikan sejenis yang hidup di Danau Serpeng hanya melakukan perkawinan antar-anggota dalam populasinya sendiri sehingga terjadi *inbreeding*. Dengan terjadinya *inbreeding* berarti tidak ada aliran gen yang masuk dalam populasi tersebut. Dalam

populasi yang kecil, *inbreeding* yang berlangsung dalam waktu yang lama memungkinkan terjadinya susunan gen yang hampir seragam pada populasi tersebut (Mettler & Gregg, 1969).

Ikan yang hidup dalam gua, untuk dapat bertahan hidup harus mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan yang ada. Populasi ikan gua yang relatif kecil, adaptasi dalam jangka waktu yang lama, serta proses *inbreeding* yang terus menerus memungkinkan terjadinya perubahan karakter terhadap populasi ikan dalam danau. Akibatnya, sangat dimungkinkan terjadi perbedaan karakter taksonomi antara ikan dalam gua dan ikan sejenis di luar gua.

Dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, sekelompok ikan yang populasinya relatif besar di Danau Gua Serpeng diduga adalah ikan tawes (*Barbodes gonionotus*). Apabila dibandingkan dengan ikan tawes yang hidup di luar gua, ikan yang diduga ikan tawes tersebut memperlihatkan beberapa perbedaan morfologi.

Isolasi geografi merupakan salah satu penyebab awal terjadinya spesiasi (Alle & Schmidt, 1963; Fryer, 1996). Proses ini dapat diamati dari perubahan-perubahan dan perbedaan karakter taksonomi yang terdapat dalam suatu populasi (Schluter & McPhaill, 1992). Karena populasi ikan tawes yang hidup di dalam gua memperlihatkan beberapa perbedaan morfologi dengan ikan dari luar, perlu dikaji perbedaan karakter morfologi ikan tersebut. Dengan tujuan agar dapat diketahui seberapa jauh kemungkinan terjadinya perbedaan yang mengarah ke proses spesiasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 1999 sampai bulan Juli 2000. Pengambilan

sampel ikan dilakukan di danau yang terdapat dalam Gua Serpeng, Sungai Kalisuci dan Telaga Desa Serpeng di Kabupaten Gunungkidul.

Dalam penelitian ini, dari danau, sungai dan telaga masing-masing diambil sampel ikan sebanyak 5 ekor. Setiap sampel diamati karakter morfologinya, meliputi morfometri, meristik, warna sisik dan jumlah vertebrae. Selain itu, diukur juga beberapa parameter ekologi yang meliputi oksigen terlarut, CO₂ terlarut, kelembapan udara, suhu air dan udara serta intensitas cahaya.

Data morfologi dari individu yang diamati, dihitung koefisien korelasinya menggunakan metode dari Sokal & Sneath (1963). Selanjutnya, dilakukan *clustering* menggunakan metode *weighted variable-group method* (WVGM) untuk mengetahui hubungan kekerabatannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aspek Ekologi

Tidak adanya cahaya matahari di dalam Gua Serpeng menyebabkan lingkungan perairan danau berbeda dari lingkungan perairan Sungai Kalisuci dan telaga. Hasil pengukuran beberapa parameter lingkungan disajikan pada Tabel 1.

Parameter lingkungan yang diukur sebagian besar menunjukkan perbedaan yang mencolok antara lingkungan danau dan dua lokasi yang lain. Sementara itu, antara perairan telaga dan sungai perbedaannya tidak terlalu besar, bahkan hampir sama. Dari 6 parameter yang diukur, cahaya matahari sangat besar pengaruhnya terhadap kondisi lingkungan, misalnya terhadap oksigen terlarut, CO₂ terlarut, suhu, kelembapan udara dan intensitas cahaya.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter lingkungan

No	Parameter Lingkungan	Danau	Sungai	Telaga
1.	Oksigen terlarut (ppm)	5,67 ± 0,17	11,53 ± 0,80	12,20 ± 0,56
2.	CO ₂ terlarut (ppm)	45,00 ± 2,60	18,67 ± 3,51	19,00 ± 2,34
3.	Suhu udara (°C)	24,00 ± 0,00	31,00 ± 1,00	30,67 ± 1,36
4.	Suhu air (°C)	24,00 ± 0,00	29,33 ± 1,08	30,00 ± 1,00
5.	Kelembapan udara (%)	97,30 ± 0,52	39,30 ± 8,45	42,67 ± 4,67
6.	Intensitas cahaya (<i>lux</i>)	0	1.233,33 ± 28,80	1.266,67 ± 28,2

Kandungan oksigen terlarut perairan danau (rata-rata 5,67 ppm) jauh lebih rendah daripada oksigen terlarut sungai dan telaga yang berkisar dari 11-12 ppm. Nilai oksigen terlarut yang rendah merupakan hal yang umum untuk perairan gua karst yang dalam dan tidak mengalir (Moore & Sullivan, 1985). Rendahnya oksigen terlarut dalam danau terutama disebabkan terbatasnya oksigen dalam lingkungan gua, tidak adanya proses fotosintesis karena tidak ada cahaya matahari dan oksigen yang terlarut selalu digunakan oleh hewan danau.

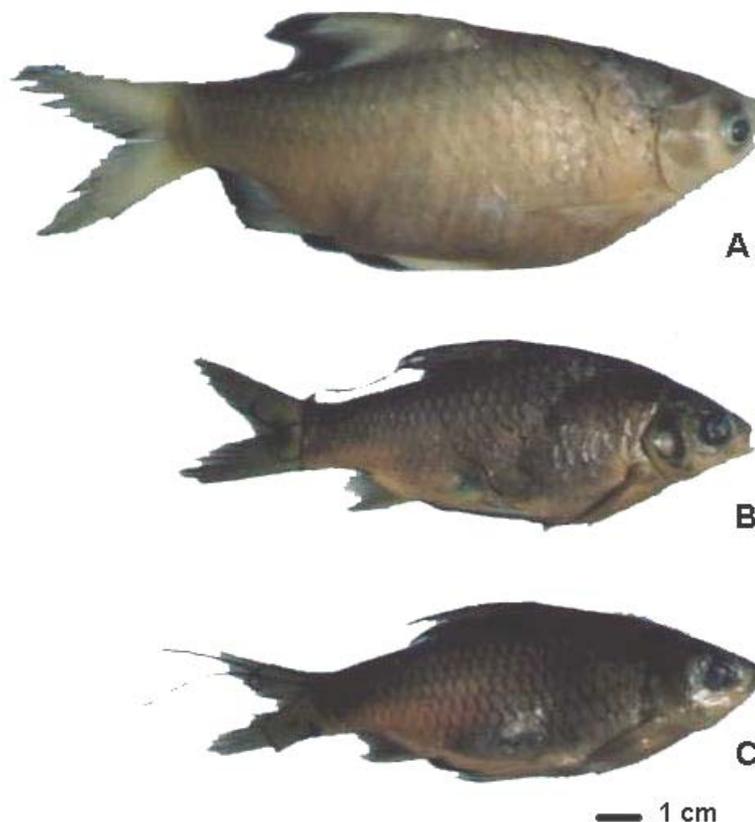
Karbon dioksida terlarut dalam danau (rata-rata 45 ppm) jauh lebih tinggi daripada perairan sungai dan telaga yang berkisar 18-19 ppm. Nilai CO_2 terlarut dalam danau yang tinggi terutama karena adanya CO_2 hasil respirasi hewan yang larut dalam air, reaksi kimia pelarutan batuan karst yang menghasilkan CO_2 dan tidak adanya penggunaan CO_2 melalui fotosintesis.

Tidak adanya cahaya matahari di lingkungan perairan danau menyebabkan suhu udara menjadi lebih rendah daripada di

luar gua. Aliran udara yang sangat lambat dalam lorong gua dan lingkungan gua yang selalu berair menyebabkan panas dari luar gua yang masuk sampai lingkungan danau sangat sedikit. Akibatnya, suhu udara di danau menjadi rendah. Dalam gua yang dalam, suhu udara relatif seragam dan konstan. Suhu air tidak jauh berbeda dari suhu udara karena panas yang mempengaruhi suhu air berasal dari udara di sekitarnya. Dari hasil pengukuran suhu udara dan air danau sama, yaitu 24°C .

Kondisi gua yang selalu basah dan berair, tidak ada cahaya, aliran udara yang lambat dan terjebaknya uap air oleh dinding gua menyebabkan kelembapan udara di lingkungan danau (rata-rata 97%) jauh lebih tinggi daripada lingkungan telaga dan sungai (rata-rata 40%).

Lorong gua yang panjang menyebabkan cahaya matahari tidak dapat mencapai lingkungan danau sehingga keadaannya gelap total. Sebaliknya, lingkungan telaga dan sungai yang terbuka cahaya matahari sangat melimpah. Hasil pengukuran menunjukkan angka intensitas cahaya lebih dari 1.200 *lux*.



Gambar 1. Morfologi ikan tawes dari (A) Gua Serpeng, (B) Sungai Kalisuci dan (C) Telaga Desa Serpeng.

Aspek Morfologi

Lingkungan gua yang berbeda dari lingkungan asal mengharuskan ikan yang hidup dalam gua melakukan berbagai penyesuaian diri. Penyesuaian diri tersebut dapat menyebabkan terjadinya perbedaan morfologi antara ikan yang hidup dalam gua dan ikan luar gua. Dalam penelitian ini perbedaan morfologi yang diamati meliputi warna sisik, jumlah vertebrae, meristik dan morfometri.

Warna Sisik

Sisik ikan dari danau tampak transparan karena pigmennya tidak berkembang. Sebaliknya, ikan dari sungai dan telaga pigmennya berkembang sehingga sisiknya tampak ada warna tertentu, yaitu keperakan atau hijau gelap. Moyle & Cech (1982) menjelaskan sisik yang transparan pada ikan gua karena pigmen melanofor yang dapat berfungsi menyerap cahaya tereduksi. Hilangnya pigmen ini terutama karena tidak adanya cahaya matahari di lingkungan danau.

Jumlah Vertebrae

Hasil pengamatan menunjukkan ikan dari telaga dan sungai vertebraenya berjumlah 29 buah, sedangkan vertebrae ikan danau 31 buah. Menurut Ferguson (1980) perbedaan

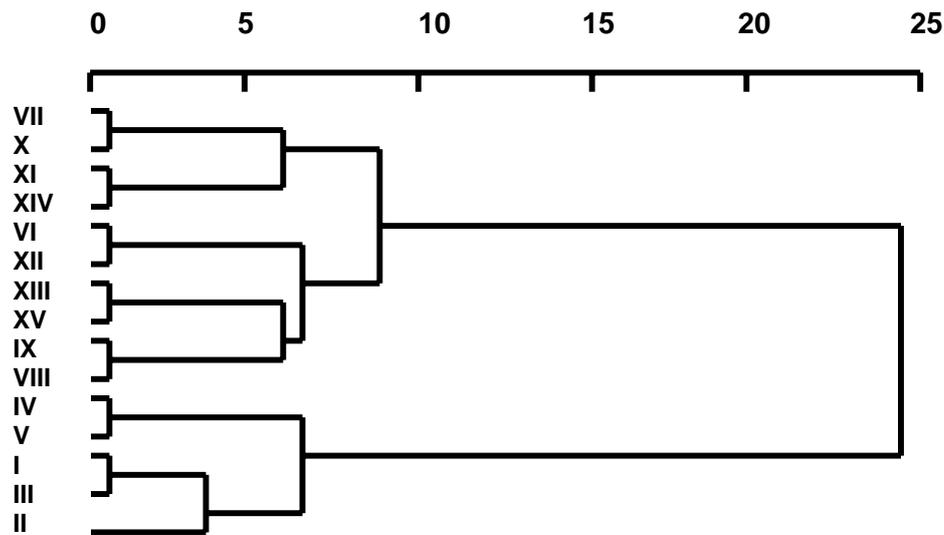
jumlah vertebrae tersebut terutama akibat pengaruh suhu air yang berbeda. Suhu air danau (rata-rata 24°C) berada di bawah suhu optimum ikan tawes pada umumnya (28-32°C). Apabila selama masa perkembangan embrio ikan berada pada suhu yang lebih rendah dari suhu optimumnya dan terus berlangsung dari satu generasi ke generasi berikutnya dapat merangsang jumlah vertebrae berkembang menjadi maksimal dalam variasinya. Faktor inilah yang diduga paling berpengaruh terhadap perubahan jumlah vertebrae ikan Danau Serpeng.

Perhitungan Meristik

Data meristik yang diamati meliputi jumlah sisik pada linea lateralis dan jumlah jari-jari sirip. Sisik pada linea lateralis ikan gua berjumlah 31, sedangkan ikan dari telaga dan sungai jumlahnya 29 buah. Jumlah sisik linea lateralis ikan gua yang lebih banyak erat kaitannya dengan lingkungan yang gelap total, sehingga untuk mengetahui keadaan lingkungan fungsi linea lateralis sangat besar. Sementara itu, ikan di luar gua fungsi untuk mengetahui keadaan lingkungan selain menggunakan linea lateralis, juga dapat menggunakan organ penglihatan. Dengan demikian, fungsi linea lateralis ikan di luar tidak semaksimal ikan gua.

Tabel 2. Rata-rata indeks morfometri ikan dari tiga lokasi

No	Karakter yang Diukur	Danau (%)	Kalisuci (%)	Telaga (%)
1	Panjang total	119,82 ± 0,39	126,22 ± 0,23	126,64 ± 0,25
2	Panjang standar	100	100	100
3	Panjang kepala	28,40 ± 0,32	25,24 ± 0,33	25,01 ± 0,21
4	Panjang batang ekor	9,34 ± 0,21	17,26 ± 0,22	17,88 ± 0,41
5	Panjang sirip kaudal	19,82 ± 0,36	26,26 ± 0,21	26,44 ± 0,30
6	Panjang pre-dorsal	64,86 ± 0,36	55,94 ± 0,39	55,42 ± 0,21
7	Panjang dasar sirip dorsal	10,84 ± 0,29	13,58 ± 0,29	13,21 ± 0,22
8	Jarak dorso-hypural	23,06 ± 0,39	37,26 ± 0,25	37,83 ± 0,43
9	Tinggi batang ekor	10,14 ± 0,15	13,88 ± 0,23	14,03 ± 0,11
10	Tinggi badan	31,54 ± 0,11	40,1 ± 0,14	40,17 ± 0,24
11	Panjang sirip pektoral	16,86 ± 0,15	22,64 ± 0,89	22,64 ± 0,17
12	Panjang sirip ventral	14,08 ± 0,30	20,34 ± 0,53	20,38 ± 0,14
13	Panjang sirip anal	14,22 ± 0,14	16,34 ± 0,17	16,22 ± 0,56
14	Panjang pre-ventral	53,88 ± 0,16	50,00 ± 0,49	49,82 ± 0,24
15	Panjang pre-anal	80,18 ± 0,39	76,34 ± 0,21	76,25 ± 0,16
16	Panjang moncong	8,32 ± 0,08	6,36 ± 0,14	6,42 ± 0,09
17	Tinggi kepala melalui mata	11,54 ± 0,21	12,98 ± 0,04	13,09 ± 0,12
18	Diameter lobang mata	4,12 ± 0,08	7,00 ± 0,74	6,92 ± 0,28
19	Tinggi kepala	17,42 ± 0,41	22,60 ± 0,24	22,92 ± 0,31



Gambar 2. Dendrogram ikan dari tiga lokasi berbeda. Keterangan: Sampel nomor I-V berasal dari danau, nomor VI-X berasal dari Kalisuci dan nomor XI-XV berasal dari telaga.

Rumus jari-jari sirip ikan gua agak berbeda dibandingkan dengan ikan dari sungai dan telaga. Perbedaan tersebut pada jumlah jari-jari pada sirip ventral. Rumus sirip ikan tawes di luar gua semuanya D.I. $8\frac{1}{2}$, C.22, P.13 $\frac{1}{2}$, V.8 $\frac{1}{2}$, A.6 $\frac{1}{2}$, namun pada ikan dari gua rumus sirip ventralnya adalah V.7 $\frac{1}{2}$. Jadi, pada sirip ventral berbeda 1 jari-jari. Menurut Vandell (1965), perbedaan itu karena pada ikan gua umumnya sirip ventral tereduksi.

Morfometri

Dari 19 data morfometri tubuh ikan yang diukur menunjukkan ikan gua memiliki proporsi tubuh yang berbeda dibandingkan dengan ikan dari sungai dan telaga. Secara umum bentuk tubuh ikan gua lebih langsing daripada ikan dari luar gua. Hal ini dapat dilihat dari indeks tinggi kepala dan tinggi badannya. Beberapa sirip, yaitu sirip dorsal, ventral dan anal letak dasarnya agak bergeser ke arah kaudal. Posisi ini berkaitan dengan kemudahan bergerak ikan karena dapat memperkecil gesekan dengan air. Hasil pengukuran morfometri tercantum dalam Tabel 2.

Pada dasarnya, perbedaan-perbedaan tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi perairan danau yang berbeda dari sungai dan telaga. Kondisi yang gelap total dan terbatasnya bahan pakan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap perubahan morfologi tubuh ikan (Alle & Schmidt, 1963;

Banister, 1984; Culver, 1982; Hard *et al*, 2000; McDowall, 1998).

Dari berbagai aspek morfologi yang meliputi warna sisik, jumlah vertebrae, jumlah sisik pada linea lateralis, rumus sirip dan morfometri, menunjukkan bahwa ikan dari sungai dan ikan dari telaga merupakan satu populasi besar, sedangkan ikan dari gua merupakan satu populasi tersendiri yang berbeda dari populasi ikan diluar gua.

Perubahan dan perbedaan ciri ikan tawes di Danau Gua Serpeng memerlukan proses yang kompleks dan waktu yang panjang. Salah satu kuncinya adalah adanya variasi individu. Kondisi danau yang terisolir dengan lingkungan yang berbeda serta populasi ikan yang kecil, dapat menyebabkan terjadinya mutasi, terputusnya aliran gen, proses *genetic drift* dan seleksi alam. Dalam waktu yang lama, berbagai faktor tersebut dapat menyebabkan suatu proses evolusioner yang efeknya dapat terlihat pada perubahan dan perbedaan ciri taksonomi yang ada.

Analisis Cluster

Dengan menggunakan rumus dari Sneath & Sokal (1963) dilakukan analisis terhadap data morfologi untuk dicari koefisien korelasinya. Selanjutnya dilakukan *clustering* dengan metode *weighted variable-group method* dan hasilnya berupa dendrogram pada Gambar 2.

Dari dendrogram di atas terlihat bahwa sampel ikan dari gua jelas terpisah dari ikan yang lain, sedangkan antara ikan telaga dan sungai tidak jelas pemisahannya karena bercampur dan sulit dibedakan. Hasil *clustering* tersebut memperkuat pemisahan populasi ikan gua dari populasi ikan di luar gua dan dari skala terlihat bahwa pemisahan tersebut jaraknya cukup jauh.

Dengan mengacu pada Kottelat *et al* (1993) dan Saanin (1995), ikan dari gua masih dapat diidentifikasi sebagai ikan tawes atau *Barbodes gonionotus*. Namun, karena isolasi geografis dan memiliki perbedaan yang cukup besar dengan ikan tawes dari sungai dan telaga, dengan mengacu pada pendapat Simpson (1961) populasi ikan dalam danau tersebut merupakan suatu subspecies tersendiri dari ikan tawes. Akan tetapi mengingat adanya beberapa perbedaan karakter morfologi yang diamati, ada kecenderungan bahwa kedua populasi tersebut spesiesnya sudah berbeda. Meskipun demikian, apabila mengacu pada konsep spesies biologi yang menyangkut isolasi reproduksi secara alamiah, pendapat ini belum dapat dibuktikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data yang diperoleh dalam penelitian ini disimpulkan bahwa populasi ikan tawes yang hidup di Danau Serpeng merupakan suatu populasi lokal yang terpisah dari ikan tawes di luar gua. Dari pengamatan berbagai karakter morfologi pada ikan tersebut, diindikasikan telah terjadi proses spesiasi awal berupa terbentuknya subspecies ikan tawes.

Untuk lebih memantapkan status taksonomi dan proses spesiasi ikan tawes yang hidup di danau tersebut, disarankan perlunya penelitian lanjutan yang lebih detail, misalnya uji molekuler yang meliputi susunan DNA.

DAFTAR PUSTAKA

- Alle, W.C. and Schmidt, K.P. 1963. *Ecological Animal Geography*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Banister, K.E. 1984. A Subterranean Population of *Gora bareimiae* (Teleostei: Cyprinidae) from Oman with Comment of the Concept of Regressive Evolution. *Journal of Natural History* 18: 927-938.
- Culver, D.C. 1982. *Cave Life. Evolution and Ecology*. London: Harvard University Press.
- Ferguson, A. 1980. *Biochemical Systematic and Evolution*. Glasgow: Blackie and Sons Limited. Bishopbriggs.
- Fryer, G. 1996. Endemism, Speciation, and Adaptive Radiation in Great Lakes. *Environmental Biology of Fishes* 45: 109-131.
- Hard, J.J., Berejikian, B.A., Tezak, E.P., Schoder, S.L., Knudsen, C.M., and Parker, L.T. 2000. Evidence for Morphometric Differentiation of Wild and Captively Reared Adult Coho Salmon: A Geometric Analysis. *Environmental Biology of Fishes* 58: 61-73. 2000.
- Kottelat, M., Whitten, A.J., Kartikasari, S.N., and Wirjoatmodjo, S. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Periplus Edition (HK) Ltd. in Collaborated with EMDI Project.
- MacDonald, M. 1984. *Greater Yogyakarta Ground Water Resources Study*. Vol. 3C. Cave Survey. Overseas Development Administration, Land and Ground Water Project (P2AT). Jakarta: Directorate General of Water Resources Development. Ministry of Work.
- McDowall, R.M. 1998. Phylogenetic Relationships and Ecomorphological Divergence in Sympatric and Allopatric Species of *Paragalaxias* (Teleostei: Galaxiidae) in High Elevation Tasmanian Lakes. *Environmental Biology of Fishes* 53: 235-257.
- Mettler, L.E. and Gregg, T.G. 1969. *Population Genetic and Evolution*. Prentice Hall. Inc. New Jersey.
- Moore, G.W. and Sullivan, N.G. 1985. *Speleology*. Teaneck: Zephyrous Press.
- Moyle, P.B. and Cech Jr., J.J. 1982. *Fishes: An Introduction to Ichthyology*. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Poulson, T.L. and White, W.B. 1969. The Cave Environment. *Science* 165: 971-981.
- Saanin, H. 1995. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan I*. Cetakan ketiga. Bandung: Binacipta.
- Schluter, D. and McPhaill, J.D. 1992. Ecological Character Displacement and Speciation in Sticklebacks. *Am. Nat.* 140: 85-108.
- Simpson, G.G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. New York: Columbia University Press.
- Sokal, R.R. and Sneath, P.H.A., 1963. *Principles of Numerical Taxonomy*. San Fransisco: W.H. Freeman Company.
- Vandel, A. 1965. *Biospeleology: The Biology of Cavernicolous Animal*. London: Pergamon Press.