

Karakteristik Habitat dan Keanekaragaman Ikan Air Tawar Sungai Menduk yang Mendapat Pengaruh Penambangan Timah di Kabupaten Bangka
Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

Khoirul Muslih^{1*}, Enan M Adiwilaga², Soeryo Adiwibowo³

¹Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Kampus Terpadu Balunijuk, Merawang, Bangka.

²Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor (IPB), Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, 16680.

³Fakultas Ekologi Manusia, Institut Pertanian Bogor (IPB), Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, 16680.

*Email: kh_muslih@yahoo.co.id; enanbgr@yahoo.com; sadiwibowo@yahoo.com

Abstract. *Tin mining in Bangka has caused a lot of damage to the environment, including rivers. The damage will affect water quality and aquatic habitat that would threaten the diversity of fish resources. This study aims to determine the effect of tin mining activities on water quality and fish species diversity. The study was conducted in Menduk River during February to May 2013 through fish sampling using gill nets with several mesh sizes. Measurement of water quality parameters was performed and analyzed using Pollution Index (PI) and an index of habitat to investigate the disturbance of habitat due to tin mining. The results showed that the tin mining affects water quality, especially the brightness, turbidity, and TSS. PI based Menduk River was declared contaminated with habitat conditions upstream in heavy interference conditions. Lowest diversity index fish in upstream and overall found 21 species of fish from 10 families in the River Menduk.*

Keywords : *Menduk River, water quality, freshwater fish, tin mining, Bangka*

PENDAHULUAN

Penambangan timah di Kabupaten Bangka telah menimbulkan kerusakan lingkungan perairan terutama sungai yang menjadi habitat sumberdaya ikan. Bahkan hampir sebagian besar sungai di Bangka dalam kondisi rusak dan kritis. Hal ini cukup memprihatinkan karena sungai bagi sebagian besar masyarakat berperan penting dalam kehidupan dan menjadi sumber penghidupan. Kebutuhan air bersih terpenuhi dari aliran sungai, baik untuk air minum sampai aktivitas mandi dan cuci. Sungai juga menyimpan potensi sumberdaya ikan yang besar sehingga menjadi lahan bagi nelayan untuk melakukan aktivitas penangkapan.

Aktivitas penambangan timah di sekitar aliran sungai berdampak pada ekosistem dan mengancam keanekaragaman hayati perairan seperti ikan. Apalagi ikan merupakan organisme yang sensitif dan rentan terhadap perubahan lingkungan (Alonso *et al.*, 2011). Perubahan lingkungan sangat mempengaruhi komposisi dan distribusi ikan (Humpl dan Pivnicka, 2006) seperti faktor fisika (Jackson *et al.*, 2001), kimia, dan biologi (Grossman *et al.*, 1998) perairan. Sungai Menduk di Kabupaten Bangka adalah salah satu sungai yang mendapatkan pengaruh penambangan timah khususnya penambangan timah rakyat atau lebih dikenal dengan istilah tambang inkonvensional (TI). Aktivitas penambangan timah tersebut dilakukan di dekat hulu sungai dan sudah

berlangsung sejak tahun 2010 lalu. Rusaknya lingkungan perairan akibat dampak sedimentasi dari penambangan timah diduga akan berpengaruh terhadap keanekaragaman ikan terlebih di lokasi yang terkena dampak langsung (Vila-Gispert *et al.*, 2002).

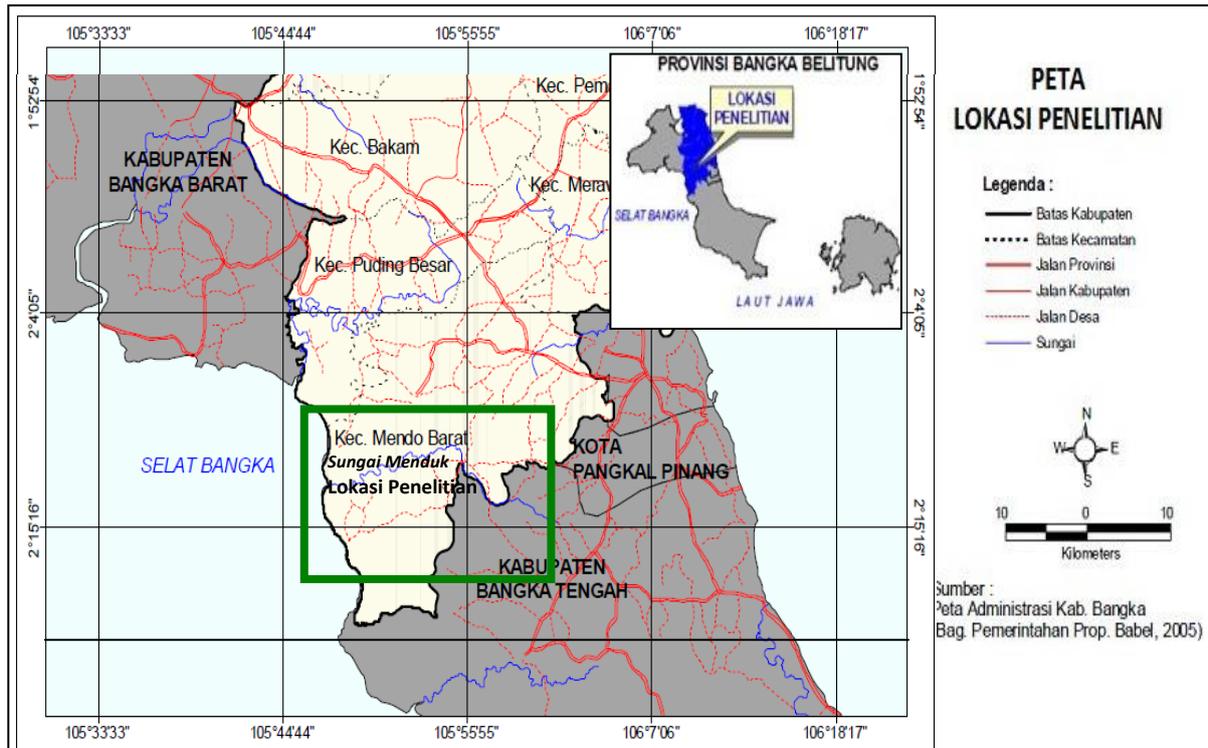
Penambangan timah yang terus berlangsung dikhawatirkan akan mempengaruhi kualitas dan kondisi habitat perairan serta keanekaragaman sumberdaya ikan yang hidup di dalamnya. Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh aktivitas penambangan timah terhadap kualitas air dan keanekaragaman jenis ikan di Sungai Menduk Kabupaten Bangka.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan Mei 2013 di Sungai Menduk yang mendapat pengaruh aktivitas penambangan timah di bagian hulu. Sungai Menduk terletak di Kecamatan Mendobarat, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dan bermuara di Selat Bangka (Gambar 1).

Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka



Gambar 1 Peta lokasi penelitian di Sungai Menduk

Lokasi sampling dipilih di tiga stasiun di Sungai Menduk. Lokasi yang diambil mewakili daerah hulu yang mendapat pengaruh langsung penambangan timah, daerah dekat dengan pemukiman masyarakat (terkena pengaruh antropogenik), dan daerah yang mendapat pengaruh kegiatan perkebunan dan pertanian. Pengambilan sampel ikan dilakukan dengan menggunakan jaring insang (*gill net*) dengan ukuran mata jaring $\frac{3}{4}$ " , 1" dan 1 $\frac{1}{2}$ ". Panjang jaring mencapai 45 m dengan lebar 2 m. Untuk melengkapi data secara kualitatif dilakukan penangkapan spesimen ikan dengan menggunakan serok, tangkul dan bubu. Sampel ikan kemudian diidentifikasi dengan mengacu pada literatur Saanin (1984) dan Kottelat *et al.* (1993).

Pengambilan sampel air dilakukan setiap bulan bersamaan dengan waktu pengambilan sampel ikan. Pengukuran parameter fisika dan kimia dilakukan secara *in situ*, maupun *ex situ* Parameter yang diukur: arus, suhu air, kecerahan, kekeruhan, TDS, TSS, pH, alkalinitas, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*), *Biological Oxygen Demand* (BOD_5), dan logam berat (Pb, Zn, Cu, Sn).

Data hasil pengukuran kualitas air kemudian dianalisis dengan menggunakan Indeks Pencemaran (IP) untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan sesuai peruntukan menurut PP 82 tahun 2001 (Nemerow, 1974 diacu dalam Sholichin *et al.*, 2010). Analisis gangguan yang terjadi pada habitat akibat penambangan timah dilakukan dengan menggunakan *indeks habitat* berupa sistem skoring yang mengadopsi dari US-EPA (1999). Data ikan dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman (H'), indeks keseragaman (E), dan dominansi (C). Untuk melihat pengelompokan stasiun penelitian berdasarkan karakteristik lingkungan perairan digunakan pendekatan analisis statistik multivariabel yang didasarkan pada analisis komponen utama (*Principle Component Analysis/PCA*) dengan bantuan software XL-STAT. Untuk melihat keterkaitan antara ikan dengan parameter kualitas air digunakan analisis korelasi Pearson.

Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

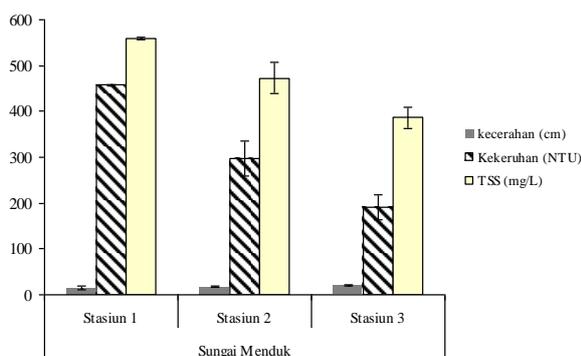
Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran parameter fisika dan kimia air di Sungai Menduk selama penelitian dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rerata parameter fisika kimia

Parameter	Sungai Menduk			Baku Mutu
	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	
Suhu air (°C)	27.90±0.35	27.73±0.17	27.68±0.43	
Arus (m/dtk)	0.19±0.00	0.15±0.01	0.13±0.01	
Kedalaman (cm)	221.25±17.78	394.75±11.77	420.25±6.54	
Kecerahan (%)	5.78±0.10	6.27±0.17	6.97±0.23	
Kekeruhan (NTU)	457±22.03	297.25±15.60	192.00±38.16	
Konduktivitas (µmhos/Cm)	20.44±2.44	17.55±0.87	18.05±1.68	
TDS (mg/l)	13.35±0.47	12.10±0.61	11.53±0.47	1000
TSS (mg/l)	559.25±19.96	473±12.94	386.25±33.04	50
pH	4.83±0.03	5.09±0.05	4.88±0.11	6-9
Alkalinitas (mgCaCO3/l)	9.50±1.11	11.00±2.00	9.50±1.11	
DO	3.66±0.23	3.79±0.18	3.86±0.27	4
BOD ₅	1.38±0.50	1.33±0.38	1.62±0.28	3
Seng (Zn)	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05
Tembaga (Cu)	< 0.02	< 0.02	< 0.02	0.02
Timbal (Pb)	< 0.03	< 0.03	< 0.03	0.03
Timah (Sn)	0.89±0.04	0.76±0.03	0.739±0.02	

Akibat penambangan timah, Sungai Menduk berubah menjadi dangkal karena sedimentasi sehingga berpengaruh pada derajat penyinaran dan suhu perairan menjadi lebih tinggi. Hal ini terlihat dari rerata suhu perairan di stasiun 1 yang relatif lebih tinggi dari stasin 2 dan 3. Selain itu vegetasi di sekitar sungai menjadi berkurang akibat penebangan hutan untuk lahan penambangan. Limbah tailing penambangan juga menyebabkan tingginya nilai TSS dan kekeruhan sehingga berpengaruh pada perbedaan nilai kecerahan (Gambar 2). Kekeruhan menyebabkan rendahnya penetrasi cahaya ke dalam kolom perairan. Sungai Menduk bagian hulu (stasiun 1) yang mendapat pengaruh langsung penambangan timah memiliki kecerahan sangat rendah yaitu 5.78±0.10% dengan tingkat kekeruhan sebesar 457±22.03 NTU. Nilai kecerahan berangsur naik ke arah stasiun 2 dan 3 dengan tingkat kekeruhan yang semakin menurun.



Gambar 2. Sebaran nilai kecerahan, kekeruhan dan TSS pada tiap stasiun pengamatan

Bagian hulu Sungai Menduk (st. 1) yang berdekatan langsung dengan aktivitas penambangan timah memiliki nilai TSS tertinggi dengan rerata 559.25±19.96 mg/l. Sedangkan stasiun 2 dan 3 memiliki nilai TSS yang relatif lebih rendah yaitu 473±12.94 mg/l dan 386.25±33.04 mg/l. Aktivitas penambangan berakibat pada hilangnya material bagian bawah permukaan (*overburden*) yang menghasilkan tailing sehingga sedimentasi pada aliran sungai menjadi meningkat (Tanpibal dan Sahunalu, 1989). Penurunan kualitas air pun terjadi seiring peningkatan laju sedimentasi. Selain menghambat penetrasi cahaya matahari yang masuk ke perairan sehingga mengganggu fotosintesis (fitoplankton), kekeruhan tinggi juga dapat mengancam kehidupan organisme akuatik seperti mengganggu organ pernafasan (insang) dan penyaring makanan.

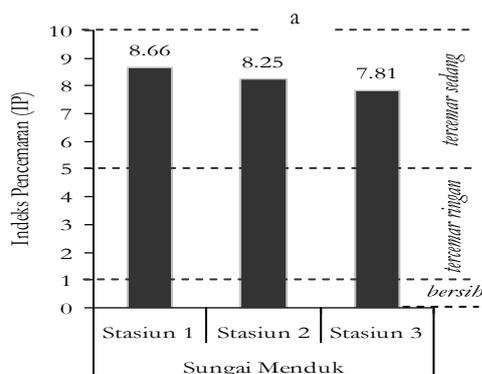
Hasil pengukuran DO menunjukkan Stasiun 1 memiliki DO yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan stasiun 2 dan 3. Nilai BOD₅ tertinggi stasiun 3 (1.62±0.28 mg/l) disebabkan keberadaan vegetasi yang cukup padat yang memberi kontribusi tingginya masukan bahan organik di perairan. Nilai pH di tiap stasiun secara umum rendah atau asam. Kondisi perairan asam memang menjadi ciri perairan di sebagian besar wilayah pulau Bangka. Namun stasiun 1 memiliki pH yang sedikit lebih asam (4.83±0.03) dibandingkan dengan stasiun 2 (5.09±0.05) dan stasiun 3 (4.88±0.11). pH asam ini diduga terjadi akibat dampak dari penambangan timah. Sifat asam terbentuk dari proses oksidasi batuan/mineral sulfida seperti pirit (FeS₂) dari *mine tailing*, batuan buangan tambang atau dinding batuan yang diikuti oleh oksidasi besi ferrous [Fe(II)] melepaskan ion

Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

hidrogen dan sulfat yang bereaksi membentuk asam sulfat (Protano dan Riccobono, 2002; Concas *et al.*, 2006; Luis *et al.*, 2011).

Berdasarkan hasil analisis kualitas air, diketahui bahwa tidak terdapat logam berat di lokasi sungai selama pengamatan. Logam berat yang semula diduga terkandung di perairan sebagai dampak aktivitas penambangan timah ternyata tidak terdeteksi. Kadar Pb di dua lokasi <0.03mg/l (di bawah limit deteksi alat), begitu juga Cu (<0.02mg/l) dan Zn (<0.05mg/l). Padahal berdasarkan penelitian Henny dan Susanti (2009) menyatakan bahwa logam berat yang umum ditemukan pada perairan pasca penambangan timah adalah Pb, Zn dan Cu. Ketiadaan logam berat diduga karena beberapa logam berat sudah mengendap di sedimen. Daya larut logam berat akan menjadi lebih rendah dan mudah mengendap pada daerah DO rendah. Logam berat seperti Zn,Cu, Pb akan sulit terlarut dalam kondisi perairan yang anoksik (Ramlal *et al.*, 1987). Logam berat yang terlarut akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen, dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen (Wilson 1988). Analisis Sn dilakukan untuk mengetahui kandungan timah di air. Hasil pengukuran menunjukkan kadar Sn Sungai Menduk tertinggi di bagian hulu dengan rerata 0.89±0.04 mg/l. Nilai tersebut diduga masih rendah dan belum membahayakan bagi biota air ataupun manusia, karena belum adanya standar baku mutu yang ditetapkan untuk Sn di perairan. Kadar Sn baru ditetapkan untuk makanan (200 mg/kg) dan minuman (150 mg/kg) (SNI 2009).

Tingkat pencemaran Sungai Menduk akibat penambangan timah masuk ke dalam kondisi tercemar sedang. Penilaian ini dilihat berdasarkan perhitungan indeks pencemaran (IP) (Gambar 3a) yang berkisar antara 8.66 sampai 7.81. Sumber pencemar yang berpotensi menurunkan kualitas air Sungai Menduk di antaranya adalah kekeruhan dan TSS yang tinggi.

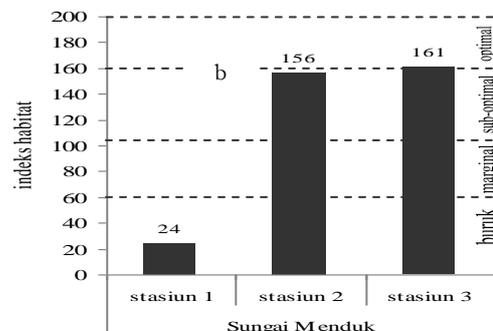


Gambar 3. Grafik (a) Indeks Pencemaran, (b) Indeks Habitat pada Stasiun Pengamatan

Tingkat gangguan habitat yang diukur menggunakan indeks habitat (Gambar 3b) menunjukkan bahwa bagian hulu Sungai Menduk (st. 1) akibat penambangan sudah masuk dalam kondisi gangguan berat dengan indeks habitat <60. Kondisi habitat di stasiun 2 dengan indeks habitat 156 dikategorikan masih dalam kondisi sub-optimal sedangkan stasiun 3 sudah berada dalam kondisi yang optimal (161). Menurunnya nilai indeks habitat di hulu dikarenakan berkurangnya tutupan vegetasi dan erosi akibat aktivitas penambangan timah. Penebangan hutan (deforestasi) untuk membuka lahan penambangan akan menyebabkan erosi dan sedimentasi (Hilmes dan Wohl, 1995) yang mengubah morfologi aliran sungai (Griffith *et al.*, 2012). Penurunan kualitas air terjadi seiring peningkatan laju sedimentasi sehingga menurunkan kualitas habitat biota akuatik (Wohl, 2006). Hal ini dapat mengakibatkan rusaknya habitat *spawning ground* ikan sehingga mengganggu pemijahan dan akhirnya berdampak pada kepunahan jenis ikan di sungai tersebut. Selain itu pendangkalan menyebabkan kedalaman perairan yang menciptakan relung besar bagi spesies ikan menjadi berkurang terutama dalam mendukung siklus hidup seperti reproduksi dan mencari makan (Medeiros dan Arthington, 2008).

Keanekaragaman jenis ikan

Secara keseluruhan komposisi jenis ikan yang ditemukan di Sungai Menduk selama penelitian sebanyak 21 jenis ikan dari 10 famili. Jenis yang terbanyak dari famili Cyprinidae (7 jenis), Belontiidae (2 jenis), Channidae (3 jenis), Siluridae (2 jenis), Bagridae (2 jenis), dan Anabantidae, Luciocephalidae, Clariidae, Nandidae, Pristolepididae (masing-masing 1 jenis). Ikan perairan tawar di Asia tropika memang umumnya lebih didominasi oleh famili Cyprinidae (Lowe-McConnell, 1987).



Gambar 4. Grafik (a) Indeks Pencemaran, (b) Indeks Habitat pada Stasiun Pengamatan

Stasiun 1 memiliki jumlah jenis ikan paling sedikit dengan hanya ditemukan 13 jenis. Stasiun 2

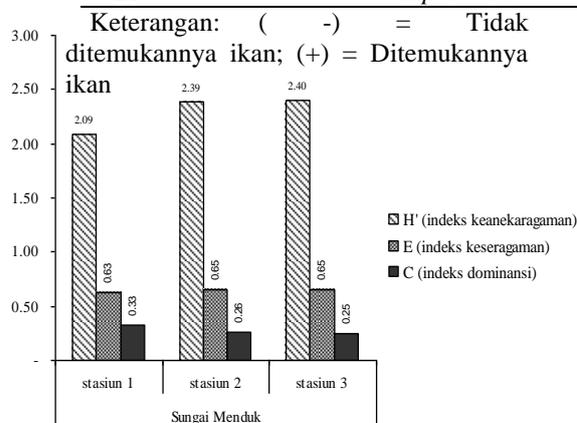
Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

memiliki jumlah jenis ikan yang lebih tinggi (17 jenis) dibandingkan dengan stasiun 3 (16 jenis). Hal ini diduga karena bagian hulu Sungai Menduk (st. 1) telah mengalami deforestasi akibat penebangan hutan untuk penambangan timah. Jumlah jenis ikan yang lebih beragam di stasiun 2 dan 3 diduga karena daerah tersebut masih alami dengan vegetasi hutan lebat sehingga memiliki kompleksitas struktur habitat yang lebih tinggi. Kompleksitas

struktur habitat dapat mempertahankan kekayaan jenis yang tinggi, karena memiliki heterogenitas habitat yang lebih besar (Hoeinghaus *et al.*, 2003). Selain itu perairan yang tidak tercemar atau bersih juga memperlihatkan keseimbangan suatu komunitas (Wilhm, 1975).

Tabel 1. Jenis ikan yang ditemukan di Sungai Menduk selama penelitian

No	Famili	Spesies	Nama Lokal	Sungai Menduk		
				St. 1	St. 2	St. 3
1	Anabantidae	<i>Anabas testudineus</i>	Betok	-	+	+
	Bagridae		Baung			
2		<i>Leiocassis stenomus</i>	Lalan	+	+	+
		<i>Hemibagrus nemurus</i>	Baung	+	+	+
3						
4	Belontiidae	<i>Belontia hasselti</i>	Kepuyu	+	-	-
		<i>Trichogaster trichopterus</i>	Sepat	-	+	+
5						
6	Channidae	<i>Channa lucius</i>	Kiong	-	+	+
7		<i>Channa micropeltes</i>	Toman	-	+	+
8		<i>Channa striata</i>	Gabus	-	+	+
9	Clariidae	<i>Clarias nieuhofii</i>	Kelik	+	+	-
	Cyprinidae	<i>Anematichthys apogon</i>	Kepras	+	+	+
10		<i>Osteochilus spilurus</i>	Kepaet	+	+	+
11		<i>Puntius binotatus</i>	Tanah	+	-	-
12		<i>Puntius lineatus</i>	Kemuring	+	+	+
13		<i>Rasbora caudimaculata</i>	Seluang	-	-	+
14		<i>Rasbora cephalotaenia</i>	Seluang jalir	+	+	+
15		<i>Rasbora dorsiocellata</i>	Kramuntes	+	+	+
16	Luciocephalidae	<i>Luciocephalus pulcher</i>	Templusok	+	+	+
17		<i>Nandus nebulosus</i>	Mencudik	-	+	+
18	Nandidae					
19	Pristolepididae	<i>Pristolepis grootii</i>	Kepatung	+	+	+
20	Siluridae	<i>Kryptopterus lais</i>	Lais	+	+	+
21		<i>Ompok bimaculatus</i>	Tepurong	-	+	-



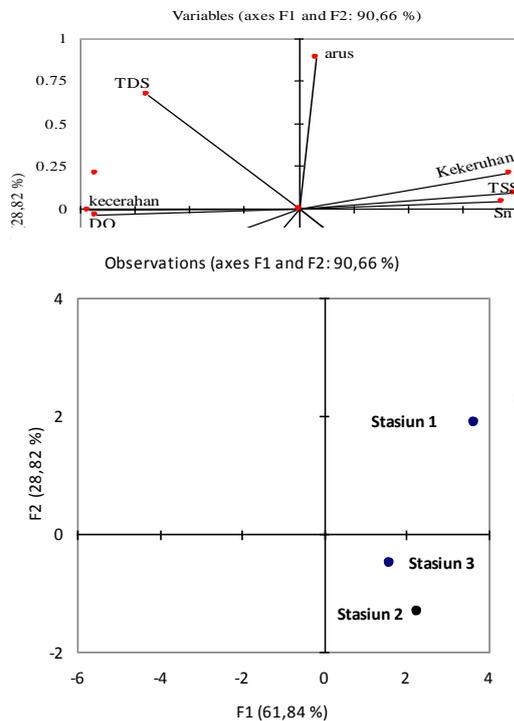
Gambar 5. Nilai indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E) dan dominansi (C) pada setiap stasiun pengamatan.

Sungai Menduk bagian hulu (st. 1) yang mendapat pengaruh langsung penambangan timah tercatat memiliki besaran nilai indeks keanekaragaman yang lebih kecil bila dibandingkan stasiun lainnya (Gambar 4). Indeks keanekaragaman (H') ikan di stasiun 1 sebesar 2.09, sedangkan di stasiun 2 dan 3 masing-masing sebesar 2.39 dan 2.40. Secara keseluruhan keanekaragaman ikan di Sungai Menduk dikategorikan sedang. Nilai indeks keseragaman (E) pada tiap stasiun tidak jauh berbeda dengan besaran stasiun 1 (0.63), stasiun 2 (0.65) dan stasiun 3 (0.65). Adanya nilai dominansi (C) ikan di stasiun 1 yang lebih besar (0.33) dibandingkan stasiun 2 dan 3 (0.26 dan 0.25) mengindikasikan gangguan telah terjadi pada kondisi hulu Sungai Menduk.

Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

Pengelompokan Habitat

Hasil analisis PCA terhadap karakteristik fisika kimia air (Gambar 5) dapat disimpulkan bahwa tiap stasiun memiliki kecenderungan karakter yang berbeda, terlihat dari pengelompokan habitat berdasarkan kesamaan ciri fisik kimia air. Bagian hulu Sungai Menduk memiliki karakteristik yang berbeda dengan bagian tengah maupun hilir (st. 2 dan 3). Beberapa parameter kualitas air mengelompok pada stasiun tertentu sehingga membentuk kelompok parameter kualitas air yang mencirikan masing-masing stasiun. Sungai Menduk bagian hulu (st. 1) dicirikan oleh kekeruhan, TSS, kadar Sn dan arus, sedangkan stasiun 2 dan 3 Sungai Menduk lebih dicirikan oleh alkalinitas dan suhu. Secara umum kualitas lingkungan sangat berpengaruh terhadap komunitas ikan. Parameter lingkungan yang bervariasi secara temporal seperti arus, suhu dan DO mengambil peran utama menunjang keragaman kelompok ikan (Li dan Gelwick, 2005).



Gambar 6. Ordinasi Parameter Lingkungan Menggunakan PCA

Hasil analisis korelasi antara ikan dengan parameter kualitas air menunjukkan bahwa keanekaragaman jenis ikan di perairan sangat bergantung erat dengan DO, kecerahan, kekeruhan dan TSS. Hal ini ditunjukkan dengan nilai r yang tinggi yaitu DO ($r=0.94$), kecerahan ($r=0.93$), kekeruhan ($r=-0.94$) dan TSS ($r=-0.95$). Nilai DO dan kecerahan sangat mempengaruhi indeks keanekaragaman, semakin tinggi DO dan kecerahan maka akan semakin tinggi pula indeks

keanekaragaman. Sedangkan kekeruhan memiliki hubungan yang terbalik, dimana semakin tinggi kekeruhan perairan, maka akan semakin rendah keanekaragaman. Hal yang sama juga berlaku pada TSS.

Kesimpulan

Aktivitas penambangan timah berpengaruh terhadap kualitas air Sungai Menduk bagian hulu terutama kecerahan, kekeruhan dan TSS. Berdasarkan IP Sungai Menduk secara keseluruhan dinyatakan tercemar sedang. Kondisi habitat berdasarkan indeks habitat, bagian hulu Sungai Menduk masuk dalam kondisi gangguan berat, sedangkan di bagian lainnya dikategorikan sub-optimal dan optimal/minim gangguan. Rendahnya kualitas air akibat penambangan timah mengakibatkan rendahnya komposisi jenis ikan di Sungai Menduk dengan hanya ditemukan 21 jenis dari 10 famili, dengan jumlah jenis terkecil pada bagian hulu (st. 1) sebanyak 13 jenis. Keanekaragaman ikan di bagian hulu Sungai Menduk (stasiun 1) paling rendah dibandingkan dengan stasiun 2 dan 3.

Daftar Pustaka

Alonso, C., D.G. de Jalón, M. Marchamalo. 2011. Fish communities as indicators of biological conditions of rivers: methods for reference conditions. *Ambientalia SPI*.

Concas, A.C. Arda, A. Cristini, P. Zuddas, G. Cao. 2006. Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere*. 63:244-253

Griffith, M.B., S.B. Norton, L.C. Alexander, A.I. Pollard, S.D. LeDuc. 2012. The effects of mountaintop mines and valley fills on the physicochemical quality of stream ecosystems in the central Appalachians: A review. *Science of the Total Environment*. 1-12:417-418.

Grossman, G.D., R.E. Ratajczak, M. Crawford, M.C. Freeman. 1998. Assemblage organisation in stream fishes: effects of environmental variation and interspecific interactions. *Ecol Monogr*. 68:395-420.

Henny, C., E. Susanti. 2009. Karakteristik limnologis kolong bekas tambang timah di Pulau Bangka. *LIMNOTEK*. 16(2):119-131.

Hilmes, M.M., E.E. Wohl. 1995. Changes in channel morphology associated with placer mining. *Physical Geography*. 16:223-242.

Hoeinghaus, D.J., C.A. Layman, D.A. Arrington, K.O. Winemiller. 2003. Spatiotemporal variation in fish assemblage structure in tropical floodplain creeks. *Environmental Biology of Fishes* 67: 379-387.

Humpl, M., K. Pivnicka. 2006. Fish assemblages as influenced by environmental factors in

Habitat Characteristics and Biodiversity of Freshwater Fish in Menduk River that Got Influence Tin Mining in Bangka

- streams in protected areas of the Czech Republic. *Ecology of Freshwater Fish*. 15:96–103. doi: 10.1111/j.1600-0633.2006.00126.x.
- Jackson, D.A., P.R. Peres-Neto, J.D. Olden. 2001. What controls who is where in freshwater fish communities—the role of biotic, abiotic, and spatial factors. *Can J Fish Aquat Sci*. 58:157-170. DOI: 10.1139-cjfas-58-1-157.
- Kottelat, M., S.N. Kartikasari, A.J. Whitten, S. Wirjoatmodjo. 1993. *Freshwater Fishes of Western Indonesia and Sulawesi*. Ed. Dua bahasa. Jakarta (ID): Periplus Editions Limited. 221 h.
- Li, R.Y., F.P. Gelwick. 2005. The relationship of environmental factors to spatial and temporal variation of fish assemblages in a floodplain river in Texas, USA. *Ecology of Freshwater Fish* 14: 319–330.
- Lowe-Mc Connell, R.H. 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. London (UK): Cambridge University Press.
- Luis, A.T., P. Teixeira, S.F.P. Almeida, J.X. Matos, E.F. da Silva. 2011. Environmental impact of mining activities in the Lousal area (Portugal): Chemical and diatom characterization of metal-contaminated stream sediments and surface water of Corona stream. *Science of the Total Environment*. 409:4312–4325. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.052
- Medeiros, E.S.F., A.H. Arthington. 2008. The importance of zooplankton in the diets of three native fish species in floodplain waterholes of a dryland river, the Macintyre River, Australia. *Hydrobiologia*. 614:19–31. DOI 10.1007/s10750-008-9533-7
- Protano, G., F. Riccobono. 2002. High contents of rare earth elements (REEs) in stream waters of a Cu–Pb–Zn mining area. *Environmental Pollution*. 117:499–514.
- Ramlal, P.S., C. Anema, A. Furutani, R.E. Hecky, J.W.M. Rudd. 1987. Mercury methylation and demethylation studies at Southern Indian Lake, Manitoba: 1981-1983. *Can J Fish Aquat Sci*. 1490: v + 35 p.
- anin, H. 1984. *Taksonomi dan kunci identifikasi Ikan I*. Bogor (ID): Binacipta.
- Sholichin, M., F. Othman, L.M. Limantara. 2010. Use of pi and storet methods to evaluate water quality status of brantas river. *Journal of Mathematics and Technology*. 3:116-124.
- Tanpibal, V., R. Sahunalu. 1989. Characteristics and management of tin mine tailings in thailand. *Soil Technology*. 2:17-26.
- US-EPA. 1999. *Rapid Bioassessment Protocol for Use in Wadeable Streams and Rivers*. EPA 841-B-99-002. U.S. EPA. Washington DC.
- Vila-Gispert, A., E. Garcia-Berthou, R. Moreno-Amich. 2002. Fish zonation in a Mediterranean stream: Effects of human disturbances. *Aquat Sci*. 64:163–170.
- Wilhm, J.L. 1975. Biological indicators of pollution. Di dalam: Whitton BA, editor. *River Ecology*. Oxford (UK): Blackwell Scientific Publication. hlm. 375-402.
- Wilson, D.N. 1988. Cadmium-Market Trends And Influences In Cadmium 87. Proceedings Of The International Cadmium Conference London: Cadmium Association.
- Wohl, E. 2006. Human impacts to mountain streams. *Geomorphology* 79: 217–248. doi:10.1016/j.geomorph.2006.06.020