

PERUBAHAN EKOSISTEM DALAM PENCEMARAN PERAIRAN DI SUNGAI CILIWUNG DAN PANTAI ANCOL – TELUK JAKARTA BERDASARKAN INDIKATOR BIOLOGI

Ade Suriadarma¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI
Jl. Sangkuriang, Bandung 40135
Email: adesuriadarma@yahoo.com

Sari

Dalam rangka melihat perubahan ekosistem perairan di Sungai Ciliwung dan pantai Ancol – Teluk Jakarta telah dilakukan pengamatan mengenai parameter hidrologi dan biologi berdasarkan indikator biologi dalam pencemaran perairan. Pencemaran perairan di Sungai Ciliwung dan Ancol diakibatkan oleh macam-macam bahan buangan organik yang terus mengalir hingga melampaui daya dukungnya. Hasil studi menunjukkan bahwa secara keseluruhan kondisi perairan Sungai Ciliwung dan pantai Ancol telah mengalami perubahan ekosistem perairan dari mulai tercemar sedang sampai berat. Status mutu kualitas air berdasarkan nilai STORET air Sungai Ciliwung, mulai dari Stasiun 1 (Cibogo, Bogor) s.d. Stasiun 16 (Pantai Indah Kapuk) dan Stasiun 17 di Ancol berada pada kondisi tercemar berat, yaitu dengan nilai STORET ≥ -31 hampir untuk semua peruntukan yang dianalisis. Parameter kimia fisika yang diperkirakan menjadi penyebab buruknya status mutu air diantaranya: Hg (0,0154-0,0496 mg/L); Pb (0,156-0,480 mg/L); Ba (17,401-105,71 mg/L); Cr valensi 6 (tt-0,1552 mg/L); NO₃-N (12,28-53,00 mg/L); NO₂-N (1,0-8,05 mg/L); NH₃-N (1,1-27,0 mg/L); COD (53,6-65,5 mg/L). Indikator biologi yang digunakan untuk menentukan kualitas air adalah phytoplankton, zooplankton, dan benthos. Indikator biologi perairan dapat ditentukan melalui penggunaan model matematika berupa Indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener, Indeks Saprobik dan koefisien Kesamaan.

Kata kunci: perubahan ekosistem, pencemaran perairan, Sungai Ciliwung, Ancol, indikator biologi

Abstract

Monitoring of hydrology and biology based on biology indicator parameters has been done to measure the ecosystem changes at the Ciliwung river and Ancol beach-Jakarta. Ecosystem changes at the Ciliwung river is caused by water pollution such as organic trashes, which has accumulated until exceed its supporting limit. The study result shows that the water ecosystem of Ciliwung river and Ancol beach has been changed. Its range is from middle until heavy changes. Based on the STORET's value, Ciliwung river is on the heavy condition of pollution. From the 1st station (Cibogo, Bogor) until 16th station (Indah Kapuk Beach) and 17th station at Ancol, the STORET's value is ≥ -31 for almost all analyzed categories. These are the chemical-physical parameters which most contributes to the low water quality: Hg (0,0154-0,0496 mg/L); Pb (0,156-0,480 mg/L); Ba (17,401-105,71 mg/L); Cr valensi 6 (tt-0,1552 mg/L); NO₃-N (12,28-53,00 mg/L); NO₂-N (1,0-8,05 mg/L); NH₃-N (1,1-27,0 mg/L); COD (53,6-65,5 mg/L). Biology indicators has been used to measure the water quality. Its using phytoplankton, zooplankton, and benthos. To measure the water biology indicators, mathematical modellings such as Shannon & Wiener Diversity Index, Saprobic Index and Similarity Coefficient has been used.

Keyword: ecosystem changes, water pollution, Ciliwung river, Ancol, biology indicators

PENDAHULUAN

Pertumbuhan populasi manusia dan aktivitasnya menyebabkan peningkatan pemanfaatan sumber daya perairan baik sungai maupun laut. Dengan demikian, perairan layak konsumsi dan tidak tercemar menjadi faktor pembatas bagi manusia.

Sungai Ciliwung merupakan sungai sepanjang 115 km yang membelah kota Jakarta. Sungai ini bermuara di Ancol, Teluk Jakarta (Gambar 1). Pantai Ancol sendiri merupakan tempat bermuaranya 13 sungai, sehingga pantai ini merupakan perairan yang sangat dinamis dan keadaannya sangat dipengaruhi oleh kegiatan dari darat kota Jakarta. Penduduk sekitar DAS Ciliwung memanfaatkan sungai ini untuk keperluan pertanian, bahan baku air minum, pemukiman, dan industri.

Peraturan Perundang-undangan Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan mengharuskan pengelolaan lingkungan berdasar kepada baku mutu lingkungan. Salah satu cara untuk menentukan mutu lingkungan perairan selain dari faktor fisik kimia adalah dengan melihat perubahan ekosistem dengan penentuan indikator biologi (Hellawel, 1989). Di Indonesia, cara ini masih sedikit digunakan, tidak seperti di negara-negara subtropis dimana komunitas hidup di perairan sudah lama digunakan untuk memantau kualitas air suatu perairan. Indikator biologi dalam hal ini adalah biota air yang keberadaannya dalam ekosistem perairan menunjukkan karakteristik khusus dari perairan tersebut.

Penentuan indikator biologi ini mengacu pada kriteria baku mutu lingkungan yang berlaku. Kriteria ini merupakan kompilasi atau hasil dari analisis data ilmiah yang akan digunakan untuk menentukan apakah kondisi kualitas air yang ada dapat digunakan sesuai dengan tujuan atau peruntukkan tertentu.

Gambaran kondisi lingkungan biologi secara alami merupakan hasil dari pengaruh beberapa parameter lingkungan terhadap kelangsungan hidup biota didalamnya. Perubahan ekosistem atau kondisi keanekaragaman hayati plankton dan benthos dapat menjadi tolak ukur dalam menentukan kondisi lingkungan biologi perairan. Komunitas plankton memberikan informasi mengenai keadaan dalam badan air, sedangkan komunitas benthos memberikan gambaran mengenai keadaan dasar perairan. Umumnya keanekaragaman hayati yang tinggi berada pada lingkungan dengan kondisi fisik-kimiawi yang optimal, dimana fluktuasi yang terjadi akibat faktor lingkungan masih berada pada kisaran daya toleransi makhluk hidup dalam ekosistem tersebut.

Kondisi lingkungan biologi secara kualitatif ditentukan dengan nilai indeks keanekaragaman yang didapat dengan menghitung nisbah antara jumlah jenis dengan jumlah individu di suatu lokasi penelitian. Penggunaan indeks keanekaragaman ini berdasarkan suatu konsep bahwa struktur komunitas yang normal diperkirakan akan berubah dengan adanya gangguan (perturbasi) lingkungan. Derajat perubahan ekosistem dari struktur komunitas ini dapat digunakan dalam memprakirakan intensitas “stress” lingkungan yang terjadi.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian dilakukan untuk mengetahui nilai parameter-parameter kimia fisika dari kualitas air sungai Ciliwung dan pantai Ancol. Selain itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas indikator biologis melalui indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener, indeks Saprobik dan koefisien Kesamaan Bray & Curtis.

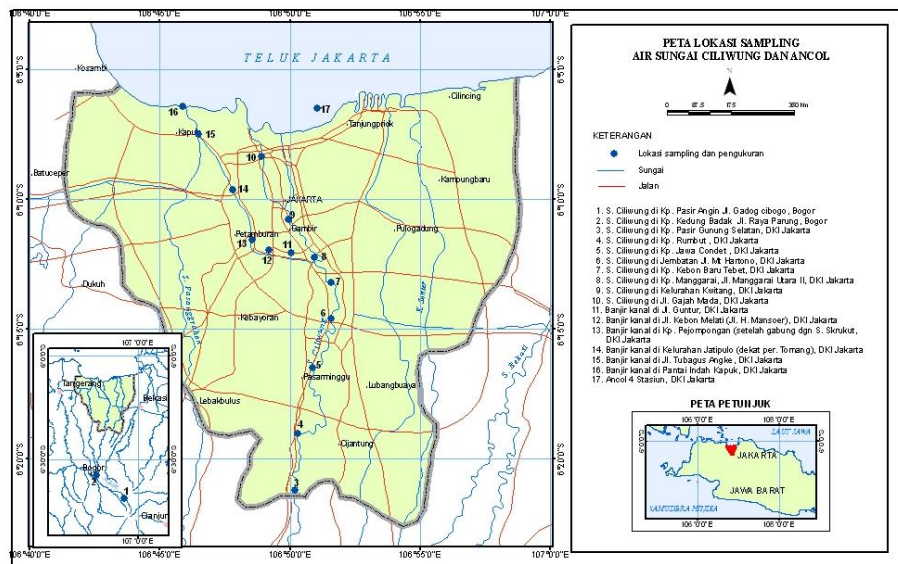
METODOLOGI

1. Pengumpulan Data Sekunder

Data sekunder diperlukan untuk menentukan lokasi dan frekuensi pengambilan sampel air. Lokasi pengambilan contoh air pada suatu daerah pengaliran sungai (DPS) perlu ditentukan sedemikian rupa sehingga dapat diketahui perubahan kualitas air secara alamiah dan perubahan kualitas air yang diakibatkan oleh kegiatan manusia (Departemen Pekerjaan Umum, 1990). Oleh karena itu, ditentukan 16 titik sampling di Sungai Ciliwung dan Banjir Kanal, dan 4 titik di Pantai Muara Ancol. Dua titik sampling yang berada di daerah hulu (Kabupaten Bogor) diprakirakan belum mengalami perubahan akibat aktivitas manusia.

2. Pengambilan Sampel dari Lapangan

Sampel yang diambil dari lapangan berupa sampel air sungai dan sampel biota air sungai. Pengambilan sampel air ditujukan untuk pengujian kualitas air dengan parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi air. Pengujian ini dilakukan di lapangan dan di laboratorium. Analisis laboratorium untuk parameter kualitas air berdasarkan Standard Methods gambar1 (APHA, 1980), IBP Handbook (Golterman, 1969), dan mengacu pada Standar Nasional Indonesia Bidang Pekerjaan Umum mengenai Kualitas Air (DPU, 1990).



Gambar 1. Peta lokasi Pengambilan sampling air Sungai Ciliwung dan Ancol

Sampel biota air yang diambil adalah sampel plankton dan benthos. Dari setiap titik sampling diambil 2 sampel plankton dan 1 sampel benthos. Plankton diambil menggunakan plankton net No. 20 dengan cara menyaring 30 liter air sungai. Sampel pertama tidak diawetkan, sedangkan sampel kedua diawetkan dengan 5 tetes alkohol 60% untuk pencacahan di laboratorium. Benthos diambil menggunakan Surber Stream ($40 \times 25 \text{ cm}^2$), sedangkan untuk benthos air laut diambil menggunakan Eickman Grab ($30 \times 30 \text{ cm}$). Pada setiap titik sampling untuk masing-masing periode dilakukan dua kali pengambilan sampel. Sampel diambil dari kedua sisi sungai dan tengah sungai bila memungkinkan. Sampel benthos tidak diawetkan.

3. Analisis Data

Hasil pengujian parameter kualitas air dibandingkan dengan baku mutu menurut Keputusan Gubernur Kepala Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor: 582 Tahun 1995 tentang Baku Mutu

Air Sungai di DKI, yaitu: Baku Mutu Golongan A, Golongan B, Golongan C, dan Golongan D; dan menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI, Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum dan Persyaratan Kualitas Air Bersih. Status mutu perairan dapat ditentukan menggunakan sistem nilai dari US-EPA yang disebut sistem STORET (Canter, 1977). Menurut sistem tersebut, mutu kualitas air di suatu titik sampling sesuai dengan hasil perbandingan dengan suatu peruntukannya dapat terbagi atas empat kategori, yaitu:

- 1) Baik Sekali, dengan Skor: 0
- 2) Baik, dengan Skor: -1 s.d. -10
- 3) Sedang, dengan Skor: -11 s.d. -30
- 4) Buruk, dengan Skor: \geq -31

Untuk mengetahui perubahan struktur komunitas biota air dilakukan perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener, Indeks Saprobik (Dresscher & Mark, 1976), dan Koefisien Kesamaan Bray & Curtis.

Indeks keanekaragaman Shannon & Wiener dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \quad (1)$$

dengan

H' = indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener

N = jumlah total individu dari semua jenis

s = jumlah jenis

n_i = jumlah individu dari jenis ke- i

klasifikasi derajat pencemaran berdasarkan indeks keanekaragaman Shannon & Wiener terbagi atas 4 derajat, yaitu: belum tercemar ($H \geq 2,0$), tercemar ringan ($1,6 < H < 2,0$), tercemar sedang ($1,0 < H < 1,5$) dan tercemar berat ($H \leq 1,0$).

Indeks Saprobik dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$X = \frac{C+3D-B-3A}{A+B+C+D} \quad (2)$$

dengan

X = indeks Saprobik

A = jumlah jenis dari kelompok Ciliata

B = jumlah jenis dari kelompok Euglenophyta

C = jumlah jenis dari kelompok Chlorococcales dan Diatomae

D = jumlah jenis dari kelompok Peridineae, Chrysophyceae dan Conjugatae

Tabel 1 Nilai Indeks Saprofik dengan Penaksiran Kualitas Air Secara Biologis

Beban Pencemaran	Derajat Pencemaran	Fase Saprofik	Indeks Saprofik (X)
Banyak senyawa organik	Sangat tinggi	Polisaprofik Polila mesosaprofik	-3 s.d. -2 -2 s.d. 1,5
	Agak tinggi	a meso/polisaprofik a mesosaprofik	-1,5 s.d. -1 -1 s.d. -0,5
Senyawa organik dan anorganik	Sedang	α/β – mesosaprofik β/α – mesosaprofik	-0,5 s.d. 0 0 s.d. +0,5
	Ringan/ rendah	β mesosaprofik β meso/Oligosaprofik	+0,5 s.d. +1 +1 s.d. +1,5
Sedikit senyawa organik dan anorganik	Sangat ringan	Oligo/ β =mesosaprofik Oligosaprofik	+1,5 s.d. +2 +2 s.d. +3

Sumber: Dresscher & Mark (1976)

Koefisien Kesamaan dapat ditentukan melalui persamaan berikut.

$$S = \frac{2W}{a+b} \times 100\% \quad (3)$$

dengan

S = koefisien Kesamaan

a = jumlah nilai penting (NP) di komunitas A

b = jumlah nilai penting (NP) di komunitas B

W = jumlah NP dari jenis yang ada di kedua komunitas (A dan B) yang dibandingkan dengan nilai NP diambil dari nilai terkecil/sama

$$NP = C\sqrt{F} \quad (4)$$

dengan

C = rata-rata individu dari suatu jenis dari seluruh sampel pada satu stasiun

F = frekuensi terdapatnya suatu jenis dari sample yang diambil dari komunitas (Stasiun Penelitian)

Dalam penentuan berbagai indikator biologi digunakan spesies indikator yang memiliki sifat predominan (unggul), karakteristik, dan eksklusif pada suatu komunitas (Kendeigh, 1980). Sifat predominan ditentukan dengan menentukan kepadatan relatif yaitu jenis yang jumlah individunya lebih besar dari 10%. Sifat karakteristik diketahui dengan membandingkan jenis yang sama antar komunitas. Sifat eksklusif diketahui dengan menentukan jenis yang hanya terdapat pada suatu komunitas.

Untuk mengetahui hubungan antara parameter kimia dengan parameter biologi, digunakan model korelasi linier $Y = AX + B$. Parameter biota perairan berupa Indeks Keanekaragaman, Indeks Saprofik, dan Kepadatan dikorelasikan dengan parameter kunci kimia berupa nilai COD, BOD, DO, dan logam-logam berat (Hg, Pb, Cr(VI), dan Co). Koefisien korelasi (r) juga ditentukan untuk mengetahui hubungan antara parameter lingkungan dengan parameter biologi.

HASIL

Pengambilan sampel dilakukan di 16 titik sampling di Sungai Ciliwung dan Banjir Kanal, serta 4 titik di Pantai Muara Ancol. Tabel berikut menunjukkan kualitas air di Sungai Ciliwung menurut sistem STORET.

Tabel 2. Status Mutu Kualitas Air Sungai Ciliwung Menurut Sistem STORET Sesuai dengan Peruntukannya

Baku Mutu		Stasiun									
		1	2	3	5	7	8	10	11	12	16
Keputusan Gubernur DKI-Jakarta No. 82/1995	Golongan A	-78	-74	-82	-82	-94	-84	-102	-92	-94	-92
	Golongan B	-92	-86	-106	-116	-121	-105	-105	-101	-112	-118
	Golongan C	-58	-64	-64	-72	-68	-64	-64	-72	-70	-86
	Golongan D	-34	-38	-38	-32	-54	-46	-40	-44	-46	-49
PMK-RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990	Persyaratan Kualitas Air Minum	-76	-74	-86	-82	-88	-84	-92	-84	-88	-89
	Persyaratan Kualitas Air Bersih	-35	-39	-47	-41	-47	-43	-59	-51	-51	-49

Tabel 3. Konsentrasi Rata-rata Logam Berat (mg/l) di Setiap Stasiun

Logam Berat	Stasiun									
	1	2	3	5	7	8	10	11	12	16
Hg	0.0082	0.0071	0.0062	0.0129	0.0071	0.0061	0.0057	0.0051	0.0061	0.0091
As	0.0004	0.0002	0.0012	0.0010	0.0002	0.0008	0.0002	0.0009	0.0014	0.0091
Cd	tt	tt	0.00008	0.0004	0.00008	tt	tt	tt	0.00008	0.0017
Cr	0.0009	0.0047	0.0326	0.0388	tt	0.0022	0.0034	0.0027	0.0011	0.0009
Se	tt	0.13x10 ⁻⁵	tt	tt	0.000001	tt	0.000001	tt	tt	0.000002
Zn	0.0114	0.0327	0.0049	0.0238	1.7489	0.2421	0.0377	0.0269	0.0224	0.0217
Cu	0.0043	0.0015	0.0588	0.0458	0.0273	tt	0.0002	0.0080	tt	0.0020
Pb	0.1451	0.0742	0.0683	0.1558	0.1399	0.1737	0.2149	0.1192	0.1330	0.1908
Co	0.0653	0.1023	0.0589	0.0671	0.0473	0.1972	0.01095	0.0796	0.0647	0.1186

Keterangan : - Parameter logam berat yang telah melampaui baku mutu Golongan C (Perikanan dan Peternakan) menurut Surat Keputusan Gubernur DKI-Jakarta No. 582/1995

- tt = tidak terdeteksi

Tabel 4. Hasil Perhitungan Indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener dari Fitoplankton

Stasiun	Indeks Keanekaragaman Fitoplankton				
	I	II	III	IV	Rata-rata
1	1.173	1.003	2.410	2.416	1.751
2	1.875	1.792	1.549	1.680	1.724
3	1.424	1.556	2.023	1.828	1.708
4	0.276	0.816	2.307	1.970	1.342
5	0.596	0.947	1.498	2.424	1.366
6	1.583	1.037	1.504	2.372	1.624
7	1.083	1.027	1.474	1.935	1.380
8	1.831	0.356	1.610	2.271	1.517
9	1.673	0.639	2.155	2.325	1.698
10	1.894	0.639	2.231	2.012	1.694
11	1.164	0.750	2.166	1.560	1.410
12	1.836	1.127	1.781	2.000	1.686
13	1.673	1.541	1.498	2.405	1.779
14	1.003	1.638	2.320	2.366	1.832
15	1.055	1.242	1.992	2.111	1.600
16	1.872	0	1.809	1.799	1.370

Tabel 5. Hasil Perhitungan Indeks Keaneekaragaman Shannon & Wiener dari Zooplankton

Stasiun	Indeks Keaneekaragaman Zooplankton				
	I	II	III	IV	Rata-rata
1	1.424	1.332	1.945	1.809	1.628
2	1.263	1.003	1.873	1.419	1.390
3	1.468	0.693	1.676	0.963	1.200
4	1.386	1.677	1.307	1.409	1.445
5	1.330	1.040	1.968	1.242	1.395
6	0.790	1.055	0.214	0.983	0.761
7	1.038	0.410	0.498	0.710	0.664
8	1.820	1.609	1.102	1.215	1.437
9	0.831	0.419	0.727	0.363	0.585
10	0.481	1.846	0.110	0.405	0.711
11	1.846	0	0.460	1.560	0.967
12	1.447	0.794	0.568	0.428	0.809
13	1.541	0.150	1.226	0.502	0.855
14	0	1.386	0.360	0.231	0.494
15	0.776	0.248	0.594	0.572	0.548
16	0.132	1.609	0.424	0	0.541

Tabel 6. Hasil Perhitungan Indeks Saprobiik Plankton

Stasiun	Nilai Indeks Saprobiik (X)				
	I	II	III	IV	Rata-rata
1	-1.2	-0.7	-1.0	-0.5	-0.850
2	-0.3	0.4	-1.3	-0.8	-0.500
3	-2.0	0.3	-0.8	-0.4	-0.725
4	-1.0	-0.3	-0.4	-1.0	-0.663
5	-1.7	0.3	-1.0	0.3	-0.525
6	-1.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.750
7	-2.2	0.2	-0.8	-0.2	-0.750
8	-0.4	-1.0	-0.5	0	-0.475
9	-1.3	-1.0	-0.7	-0.1	-0.775
10	-0.3	-2.0	-0.7	-0.4	-0.850
11	-2.0	0	-0.25	-2.1	-1.088
12	-0.1	-2.0	-0.4	-0.3	-0.700
13	-1.3	-1.3	-0.3	-0.3	-0.800
14	0	-0.7	0.2	-0.4	-0.225
15	-2.0	-0.2	-0.1	-0.8	-0.775
16	0	-2.3	-1.0	0	-0.825

Tabel 7. Hasil Perhitungan Indeks Keaneekaragaman Shannon & Wiener dari Benthos

Stasiun	18-20/11-'2008		1-3/12-'2008		16-18/12-'2008		1-3/1-2009		Rata-rata
	I		II		III		IV		
1	2.098	1.450	1.182	0.920	0.988	1.372	1.375	1.386	1.346
2	0.212	0.153	1.785	0.957	1.016	0.333	0.860	1.154	0.809
3	0.611	0	1.010	1.010	1.198	1.040	0.120	0.654	0.705
4	0.651	0.653	1.057	1.096	1.233	0.536	0.901	0.961	0.886
5	0	0.362	1.521	0.704	0.639	0.563	0.143	0.113	0.506
6	0.042	0.052	0.822	0.421	0.423	0.843	0	0.023	0.328
7	0.589	0.790	0.080	0.041	1.019	1.276	0.159	0	0.494
8	0.240	0.097	0.853	0	0.045	0.157	0	0.653	0.256
9	0	0.228	0	0.333	0.333	0	0.693	0.551	0.267
10	0	0.373	0.133	0.483	0	0.201	0.024	0	0.152
11	0	0	0	-	0.091	0.799	0.044	0	0.133
12	0	0.307	0	0.088	0.368	0	0.293	0.132	0.149
13	0	0	0.090	0	0	0	0.078	-	0.024
14	0.100	0	0	0.049	1.304	0.195	0.387	0	0.254
15	0	0.500	0	0.673	0.999	0	-	0	0.310
16	0	0.693	1.256	0	0.921	0.693	0.840	0.452	0.607

Tabel 8. Koefisien Kesamaan Antar Komunitas Fitoplankton

Stasiun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	55.2															
3	62.7	57.2														
4	32.4		45.3													
5	36.7			66.2												
6	47.4				48.8											
7	37.3					47.2										
8	47.4						57.0									
9	41.4							64.9								
10	40.1								67.1							
11	31.8							30.7								
12	47.7										40.7					
13	40.5											64.5				
14	48.4												52.8			
15	36.5													48.8		
16	46.8															59.4

Koefisien Kesamaan (%)

Tabel 9. Koefisien Kesamaan Antar Komunitas Zooplankton

Stasiun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	57.5															
3	51.2	48.3														
4	51.2		48.3													
5	53.4			54.4												
6	24.1				20.2											
7	24.5					13.4										
8	58.9						16.1									
9	15.3							10.3								
10	14.3								92.0							
11	28.0							16.8								
12	16.7										64.5					
13	18.1											74.9				
14	15.7												96.7			
15	27.2													74.1		
16	9.9															62.9

Koefisien Kesamaan (%)

Tabel 10. Koefisien Kesamaan Antar Komunitas Benthos

Stasiun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1																
2	35.8															
3	42.4	35.2														
4	48.6		48.9													
5	39.4			23.0												
6	16.2				50.8											
7	16.9					89.6										
8	13.8						83.0									
9	36.6							15.2								
10	27.3								41.2							
11	9.3							74.5								
12	29.4										28.6					
13	20.8											65.9				
14	6.2												34.1			
15	8.9													1.7		
16	23.8															34.4

Koefisien Kesamaan (%)

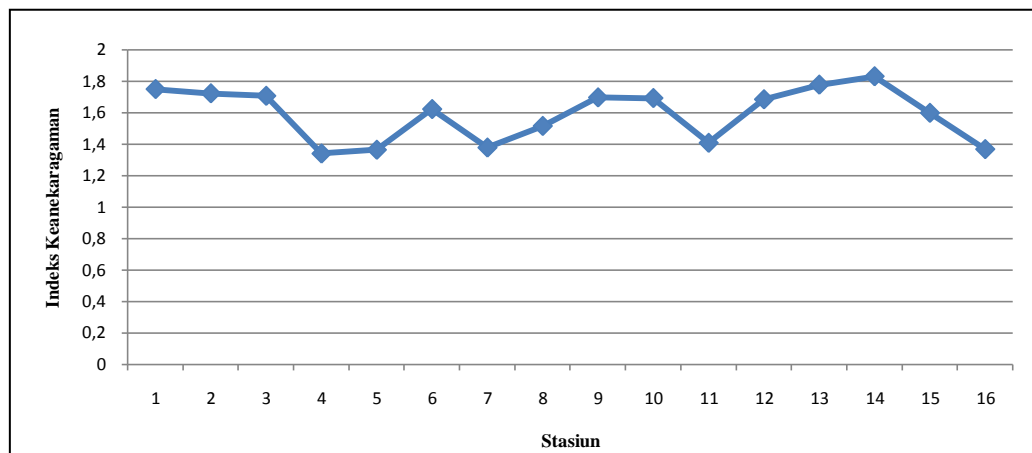
ANALISIS/DISKUSI

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa status mutu kualitas air Sungai Ciliwung berada pada kondisi tercemar berat dengan nilai STORET ≥ -31 hampir untuk semua peruntukkan yang dianalisis. Parameter yang diperkirakan menjadi penyebab buruknya status mutu kualitas air diantaranya: Hg (0,0154 - 0,0496 mg/l), Pb (0,156 - 0,480 mg/l), Ba (17,401 - 105,71 mg/l), Cr valensi 6(tt - 0,1552 mg/l), NO₃-N (12,28 - 53,0 mg/l), NO₂-N (1,0 - 8,05 mg/l), NH₃-N (1,1-27,0 mg/l) dan COD (53,6 - 65,5 mg/l).

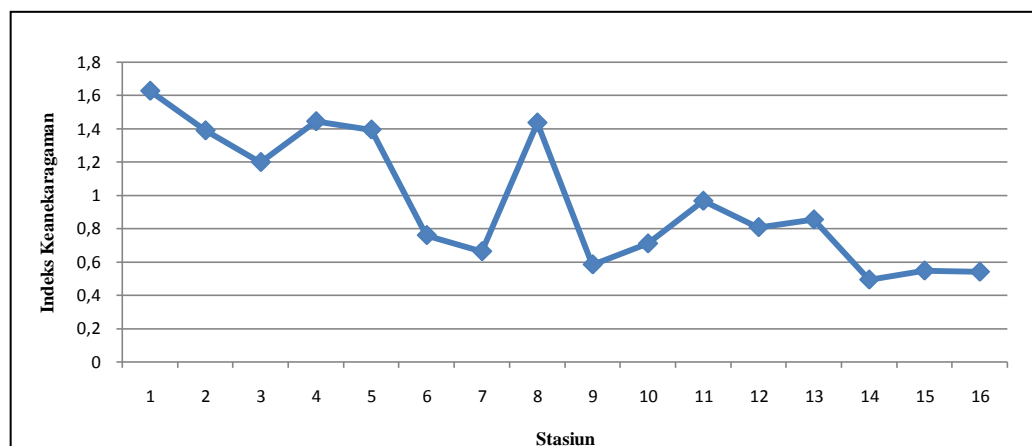
Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian parameter logam berat. Dapat dilihat bahwa terdapat 5 jenis logam berat yang melebihi nilai ambang batas (NAB) Golongan C. Logam berat tersebut adalah air raksa (Hg), Kromium (Cr), seng (Zn), tembaga (Cu), dan timbal (Pb). Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa pencemaran logam berat di Sungai Ciliwung sudah mencapai 40% tidak sesuai bagi kriteria Golongan C, sedangkan 60% masih sesuai. Tingginya kandungan logam berat tersebut berasal dari kegiatan manusia (antropogenik) baik dari limbah domestik maupun industri yang terdiri atas senyawa organik dan anorganik. Nilai ambang batas Golongan C telah ditetapkan berdasarkan Surat Keputusan Gubernur DKI Jakarta No. 582/1995.

Tabel 4 dan 5 menyajikan hasil perhitungan indeks keanekaragaman Shannon & Wiener fitoplankton dan zooplankton. Pada kedua hasil ini tampak adanya kecenderungan penurunan rata-rata indeks keanekaragaman dari daerah hulu (Stasiun 1) ke daerah hilir sungai (Stasiun 16). Hal ini disebabkan karena kemungkinan adanya zat pencemar yang masuk sepanjang pengaliran air sungai yang mengakibatkan kematian atau kepunahan jenis tertentu dari fitoplankton dan zooplankton. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 2 dan Gambar 3.

Tabel 6 menunjukkan hasil perhitungan indeks saprobik plankton Sungai Ciliwung. Indeks ini digunakan untuk penaksiran kualitas air secara biologis, dengan asumsi bahwa perubahan yang terjadi terutama disebabkan oleh zat pencemar organik (Dresscher & Mark, 1976). Dari hasil perhitungan diketahui bahwa derajat pencemaran oleh zat organik di 16 stasiun sepanjang Sungai Ciliwung berkisar antara (-0,225) – (-1,088) yang berarti level pencemaran bahan organik sedang sampai agak tinggi. Menurut analisis hubungan antara indeks saprobik dengan parameter COD dan atau BOD sebagai indikator kimiawi pencemar oleh bahan organik diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,07$ untuk COD, dan $r = 0,356$ untuk BOD. Nilai ini mempunyai arti hanya sekitar 0,5% ($r^2 = 0,005$) perubahan yang terjadi disebabkan oleh zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses kimiawi (COD), dan atau oleh sekitar 12,7% ($r^2 = 0,127$) bahan organik yang dapat diuraikan oleh bakteri (BOD). Sedangkan penyebab lainnya yang besarnya sekitar 99,5% (COD) dan 87,3% (BOD) belum dapat diidentifikasi.



Gambar 2. Rata-rata Indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener dari Fitoplankton di Setiap Stasiun



Gambar 3. Rata-rata Indeks Keanekaragaman Shannon & Wiener dari Zooplankton di Setiap Stasiun

Selain plankton, biota air lain yang dianalisis adalah benthos. Perhitungan indeks keanekaragaman Shannon & Wiener terhadap benthos disajikan pada Tabel 7. Nilai rata-rata indeks keanekaragaman cenderung mengalami penurunan semakin ke arah hilir sungai. Hal ini sesuai dengan makin banyaknya bahan pencemar yang masuk ke sungai. Berdasarkan pengklasifikasian Lee *et al.* dalam Odum (1978), maka stasiun 1 tergolong tingkat tercemar sedang (indeks 1,0 – 1,5), sedangkan stasiun lainnya tergolong tingkat tercemar berat (indeks < 1,0). Menurut hasil analisis perhitungan koefisien korelasi antara indeks komunitas benthos dengan Hg adalah [$r = 0,322$]; dengan Pb [$r = 0,437$]; dengan Cr (VI) [$r = 0,112$], dan dengan Cobalt [$r = 0,332$]. Dengan mengetahui nilai r (koefisien korelasi) ini maka akan dapat diperkirakan hubungan dengan cara menghitung koefisien determinasinya (r^2). Secara statistik dapat diperkirakan bahwa perubahan indeks komunitas benthos yang terjadi 11% disebabkan oleh peningkatan Hg, 19,1% oleh peningkatan Pb, 1,3% oleh peningkatan Cr (VI), dan juga 11% oleh peningkatan Co. Sedangkan faktor penyebab lainnya belum dapat kita ketahui.

Menurut data hasil perhitungan koefisien kesamaan baik komunitas fitoplankton mulai dari hulu dibandingkan dengan yang lebih hilir, dan antar masing-masing stasiun terdekat, nampak secara kualitatif tidak menunjukkan perubahan yang mencolok. Ini kemungkinan disebabkan karena selain biota air ini berada pada komunitas air mengalir (lotik) yang dinamis dan karena kurang/lambatnya respon terhadap perubahan lingkungan yang terjadi sebelum sampai ke laut.

Lain halnya dengan fitoplankton, zooplankton walaupun habitat yang ditempati merupakan ekosistem air mengalir akan tetapi sifatnya lebih responsif. Tabel 9 menyajikan data hasil perhitungan koefisien kesamaan antar komunitas zooplankton di sepanjang daerah pengaliran Sungai Ciliwung. Dari data pada tabel tersebut dapat diketahui, bahwa secara kualitatif terjadi perubahan penurunan kesamaan jenis dan komunitas di stasiun pertama ke komunitas di stasiun berikutnya, sampai pada Stasiun 16, hanya tinggal 9,9% saja yang sama. Hal ini memberikan gambaran terjadinya perubahan struktur komunitas dibandingkan dengan komunitas yang berada di bagian hulu yang diperkirakan kondisi kualitas airnya lebih baik. Dari data ini maka dapat diketahui hanya sekitar $\pm 10\%$ saja yang toleran terhadap perubahan lingkungan yang terjadi.

Tabel 9, menyajikan nilai koefisien kesamaan antar komunitas benthos; yang merupakan hasil dari 4 kali pengambilan sampel lumpur dengan masing-masing periode pengambilan sebanyak 2 (dua) sampel. Dari Tabel 10 tersebut diperoleh gambaran terjadinya kecenderungan penurunan nilai kesamaan walaupun sedikit berfluktuasi. Hal ini juga menggambarkan terjadinya perubahan susunan/komposisi jenis mulai dari hulu ke arah bagian hilir sungai. Karena sifat benthos yang sesil, atau dengan mobilitas yang rendah maka kesamaan jenis antar komunitas (stasiun) hanya dapat terjadi bilamana kondisi lingkungan sesuai atau paling tidak berada pada batas toleransi perubahan lingkungan.

KESIMPULAN

Pencemaran air berdasarkan parameter kimia fisik di Sungai Ciliwung sudah mencapai 40% tidak sesuai bagi kriteria Golongan C, sedangkan 60% masih sesuai.

Penggunaan model matematis berupa indeks keanekaragaman Shannon & Wiener, indeks saprobik, dan koefisien kesamaan dapat membantu didalam penentuan penetapan jenis indikator biologi dari perairan.

Penggunaan plankton sebagai indikator biologi dalam menetapkan kondisi kualitas air dari komunitas air mengalir nampaknya tidak begitu relevan karena terbatas untuk kelompok Ciliata.

Penggunaan indikator biologi untuk komunitas air mengalir umumnya, khususnya di Sungai Ciliwung dengan fauna dasar perairan (benthos) adalah tepat. Karena benthos selain memenuhi persyaratan kriteria juga responnya terhadap *stress* lingkungan sangat cepat.

DAFTAR PUSTAKA

- , 1990. *Pedoman Teknis Pengambilan Sampel Air*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Adam S., J.D., 1991. *Water & Waste Water Examination Manual*. Lewis Publishers, Michigan, USA.
- APHA, 1985. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. Fourth Edition. APHA. AWWA Washington DC
- Canter, 1977. *Environmental Impact Assessment*. Mc. Graw Hill. New York.
- Dresscher, T.G.M. dan van der Mark, H., 1986. *A Simplified Method for the Biological Assessment of the Quality of Fresh and Slightly Brackish Water*. *Hydrobiologia* 48 (3):199-201.