

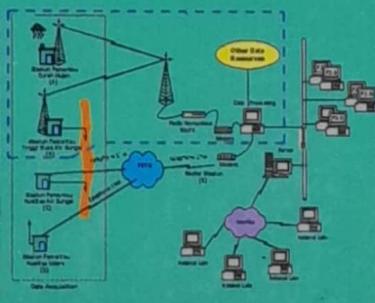


PROSIDING

Seminar Nasional

SISTEM MONITORING PENCEMARAN LINGKUNGAN SUNGAI DAN TEKNOLOGI PENGOLAHANNYA

BANDUNG, 8 - 9 JULI 2003



PENYELENGGARA:

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA

Prosiding Seminar



**Seminar Nasional Sistem Monitoring Pencemaran
Lingkungan Sungai dan Teknologi
Pengolahannya**

Bandung

8 – 9 Juli 2003

**Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
2003**

8. Perencanaan Tingkat Praktis Plot Penelitian dan Kebutuhan Air Tanaman Padi <i>Rustam Effendi</i>	183
9. Serat Eceng Gondok untuk Bahan Baku Tekstil Interior <i>Holia Onggo dan J. Triastuti</i>	199
10. Studi Penyisihan Kandungan Logam Berat Kromium (VI) Melalui Proses Adsorpsi Dengan Media Debu dan Batang Tembakau <i>David, B.Sunjaya, Y. Fransiscus</i>	205
11. Uji Kinerja CBR Anaerob Pada Pengolahan Air Limbah Rumah Pematangan Hewan <i>Sudaryati Cahyaningsih, Mindriany Syafila, Diana Rahayuningrum</i>	213

C. Permasalahan Pencemaran Sungai

1. Upaya Teknis dan non Teknis dalam Penanggulangan Sampah di Jaringan Tata Air Pekotaan <i>T.Firdaus Larosa</i>	221
2. Pengaruh Limbah Anorganik di Daerah Aliran Sungai Terhadap Korosi Beton Bertulang dan Pengendaliannya Dengan Inhibitor. <i>Hartati Soeroso dan Harsisto</i>	229
3. Pengaruh Intrusi Air Laut Terhadap Pengelolaan Sumber Air Baku Kota Pontianak <i>Moelyadi Moelyo dan Firdaus Achmad</i>	235
4. Pengelolaan Limbah Organik Produk Rumah Tangga dan Pasar di Daerah Aliran Sungai Ciliwung dan Cisadane <i>Sabariman dan Harsisto</i>	243
5. Pengaruh Limbah Anorganik di Daerah Aliran Sungai Terhadap Korosi Baja dan Pengendaliannya <i>Harsisto dan Bintoro Siswayanti</i>	249
6. Peningkatan Kualitas Air Baku Air Minum Dengan Proses Biofilter Tercelup Menggunakan Media Plastik Tipe Sarang Tawon <i>Nusa Idaman Said</i>	260
7. Rekayasa Teknologi Tepat Guna Pemantauan (Rek-TEKTEGU_UTAU) Pemenuhan Komposisi Makanan dan Perlakuan Terhadap Tanaman dan Ternak di Kawasan Pemanfaatan Air Sungai Tercemar (Kasus : Pemanfaatan Air Sungai Batang Lampasi Oleh anak Nagari Kenagarian Sungai Beringin, Kecamatan Payakumbuh Sumatera Barat) <i>Zulmadi</i>	279
7. Kondisi Kualitas Air dan Komunitas Makrozoobenthos Pada Kali Cileungsi – Bekasi <i>Moelyadi Moelyo dan Vidhiya Perdani</i>	285
✓ 9. Pencemaran Sungai dan Upaya Pengendaliannya <i>Diana Hendrawan</i>	297
10. Kajian Biologi Monitoring Pencemaran Sungai (Tinjauan Terhadap: Bentos Sebagai Bio-indikator) <i>Melati Feranita Fachrul</i>	309
11. Kondisi Kualitas Air pada Bagian Hilir Beberapa Sungai di Pantai Utara Jawa <i>Lukman</i>	317
12. Rancang Bangun Stasion Bergerak untuk Monitoring Kualitas Air <i>Yuyu Wahyu, Masbah, RT Siregas, Djohar Syamsi</i>	321
13. Perekayasa Sistem Pemantauan Aliran Sungai <i>Multi Point</i> Secara <i>On-Line</i> <i>Momon Sadiyatmo</i>	
14. Pemetaan Titik Pantau Kualitas Air dan Potensi Sebaran Dampak di Daerah Aliran Sungai Solo Hulu Propinsi Jawa Tengah <i>Sudibyacto</i>	
15. Penggunaan Lahan Basah Buatan (<i>Constructed Wetland</i>) Sebagai Pengolah Air Tercemar Alternatif <i>Ami A. Meutia</i>	

KAJIAN BIOLOGI MONITORING PENCEMARAN SUNGAI (Tinjauan terhadap: Bentos sebagai Bio-indikator)

oleh
Melati Feranita Fachrul, Dr. M.Si
Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti

ABSTRACT

Biological monitoring, or biomonitoring, is the use of biological responses to assess changes in the environment, especially in the rivers system due to anthropogenic causes. The approach relies on the great diversity of benthic invertebrate life (benthos) - bottom-dwelling animals without backbones which are visible to the eye such as clams, snails, crayfish, leeches, and especially immature aquatic insects - in rivers and streams to determine how suitable a waterbody is for the support of aquatic life. Different types of invertebrate life demonstrate widely differing tolerances to pollution. The presence or absence of the indicator species or indicator community reflects environmental conditions. Absence of a species is not as meaningful as it might seem as there may be reasons, other than pollution, that result in its absence. Absence of multiple species of different orders with similar tolerance levels that were present previously at the same site is more indicative of pollution than absence of a single species. It is clearly necessary to know which species should be found at the site or in the system.

Pendahuluan

Dewasa ini, sejalan dengan pesatnya perkembangan aktivitas manusia di berbagai sektor, sekaligus juga menimbulkan banyak permasalahan, terutama pencemaran lingkungan. Salah satunya adalah pencemaran sungai yang diakibatkan oleh limbah domestik dari pemukiman, pertanian, peternakan ataupun hasil buangan industri. Pencemaran oleh berbagai aktivitas manusia (anthropogenic). ini akan berakibat penurunan daya guna perairan.

Mengingat pentingnya fungsi sungai bagi kehidupan manusia, maka diperlukan perhatian yang serius untuk menjaga kelestarian sungai dari pencemaran. Analisis yang kerap kali digunakan untuk mendeteksi suatu pencemaran perairan, umumnya adalah menganalisis sifat-sifat fisik-kimia perairan tersebut. Dalam beberapa hal pemantauan kualitas perairan menggunakan analisis fisik-kimia air, kurang memberikan gambaran sesungguhnya tentang keadaan kualitas perairan. Akibatnya hal tersebut dapat menyebabkan penyimpangan-penyimpangan yang kurang menguntungkan, karena kisaran nilai-nilai peubahnya sangat dipengaruhi oleh keadaan sesaat. Dalam lingkungan perairan yang dinamis seperti sungai, analisis biologi, khususnya analisis struktur komunitas, dapat memberikan hasil yang lebih akurat didalam penentuan kualitas perairan.

Bertitik tolak dari permasalahan di atas, maka dalam tulisan ini akan di jelaskan kaidah-kaidah perhitungan yang dapat di gunakan untuk menilai kualitas suatu perairan atau untuk menilai perubahan keseimbangan ekologi pada suatu ekosistem perairan.

Bio-Indikator

Menurut Walker (1981), organisme yang dapat dijadikan sebagai indikator biologi (bio-indikator) pada perairan tercemar adalah organisme yang dapat memberikan respon terhadap sedikit-banyaknya bahan pencemar dan terjadinya perubahan pada populasi organisme tersebut, sehingga dapat menunjukkan bahwa suatu perairan telah mengalami pencemaran. Organisme yang tidak toleran akan mengalami penurunan populasi bahkan akan mengalami kemusnahan ataupun hilang dari lingkungan perairan tersebut. Jenis organisme yang tidak toleran ini dapat dijadikan indikator terhadap kualitas air yang bersih dan normal. Bila ditemukan organisme yang dapat hidup pada lingkungan perairan yang banyak mengandung bahan-bahan organik, maka organisme ini dapat dijadikan sebagai indikator pencemaran bahan-bahan organik.

Menurut Oey, dkk (1978), dengan terjadinya perubahan-perubahan faktor fisika, kimia dan biologi, maka jenis-jenis biota air yang mempunyai daya toleransi tinggi akan mengalami peningkatan dan penyebaran yang luas, dapat tumbuh dan berkembang dalam kisaran kondisi lingkungan yang kualitasnya buruk sekalipun. Sebaliknya jenis biota air yang tidak toleran hanya akan tersebar pada perairan tertentu saja.

Menurut Harman (1974), organisma yang dapat dijadikan sebagai indikator biologi harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut :1. Jenis-jenis organisma tersebut mudah dikenal oleh peneliti yang bukan spesialis, 2. Jenis-jenis organisma tersebut mempunyai sebaran yang luas di dalam lingkungan perairan. 3. Jenis-jenis organisma tersebut memperlihatkan daya toleransi yang hampir sama pada kondisi lingkungan perairan yang sama. 4. Jenis-jenis organisma tersebut jangka waktu hidupnya relatif lama. 5. Jenis-jenis organisma tersebut tidak cepat berpindah tempat bila lingkungannya dimasuki bahan pencemar.

Selain itu menurut Best dan Ross (1977), jenis-jenis organisma yang dijadikan bio-indikator adalah: organisma tersebut harus ada pada setiap contoh dan mewakili daerah penelitian, harus dapat dikenal dengan tepat, karena ada beberapa organisma yang dapat berubah bentuk pada saat terjadi perubahan musim, jenis-jenis organisma yang hilang dapat diasumsikan sebagai tidak toleran terhadap bahan-bahan pencemar yang terdapat di perairan, serta daya toleransinya terhadap pencemaran harus diketahui.

Bentos Sebagai Bio-Indikator Pencemaran Perairan

Bentos, adalah organisma dasar perairan, baik berupa hewan maupun tumbuhan, baik yang hidup di atas permukaan dasar ataupun di dalam dasar perairan. Semula bentos hanya digolongkan sebagai fitobentos dan zoobentos, akan tetapi Hutchinson (1976) menggolongkan bentos berdasarkan ukurannya, yaitu bentos mikroskopik atau dikenal dengan sebutan mikrobentos dan makrobentos. Selanjutnya Lind (1979) memberikan definisi bahwa bentos adalah semua organisma yang hidup pada lumpur, pasir, batu, kerikil, maupun sampah organik baik di dasar perairan laut, danau, kolam, ataupun sungai.

Penggunaan bentos sebagai indikator kualitas lingkungan perairan dapat dilakukan dengan mengetahui keragaman dan keseragaman jenisnya. Keragaman jenis disebut juga keheterogenan jenis, merupakan ciri yang unik untuk menggambarkan struktur komunitas di dalam organisasi kehidupan. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keragaman jenis tinggi, jika kelimpahan masing-masing jenis tinggi, sebaliknya keragaman jenis rendah jika hanya terdapat beberapa jenis saja yang melimpah.

Daya tahan dan adaptasi masing-masing jenis bentos berbeda-beda antara jenis yang satu dengan yang lainnya, yaitu ada yang tahan terhadap keadaan perairan setempat tetapi ada pula yang tidak tahan, sehingga keberadaan bentos tertentu dapat dijadikan petunjuk dalam menilai kualitas perairan tersebut. Selain itu, faktor lain yang mendasari penggunaan bentos sebagai organisma indikator kualitas perairan adalah karena sifat bentos yang relatif diam atau memiliki mobilitas yang rendah sehingga akan banyak mendapat pengaruh dari lingkungan, baik yang tergolong dalam kriteria parameter kualitas perairan maupun bukan parameter kualitas perairan, seperti yang digambarkan pada Gambar 1. Dengan demikian penggunaan bentos sebagai indikator akan mempermudah dalam penafsiran tentang keadaan lingkungan perairan (Hellawell, 1986).

Jenis yang berbeda menunjukkan suatu reaksi yang berbeda terhadap pencemaran, sehingga dengan adanya jenis bentos tertentu dapat dijadikan petunjuk untuk menafsir kualitas suatu badan air tertentu, misalnya keberadaan cacing Polychaeta dari suku Capitellidae, yaitu *Capitella capitella* menunjukkan perairan tercemar, sedangkan *Capitella ambiesta* terdapat pada lingkungan yang tidak tercemar (Vemiati, 1987).

Secara umum berdasarkan derajat toleransinya terhadap pencemaran, bentos di kelompokkan menjadi tiga, yaitu seperti pada Tabel 1.

Tabel 1: Kelompok bentos berdasarkan derajat toleransinya terhadap pencemaran (Vemiati, 1987)

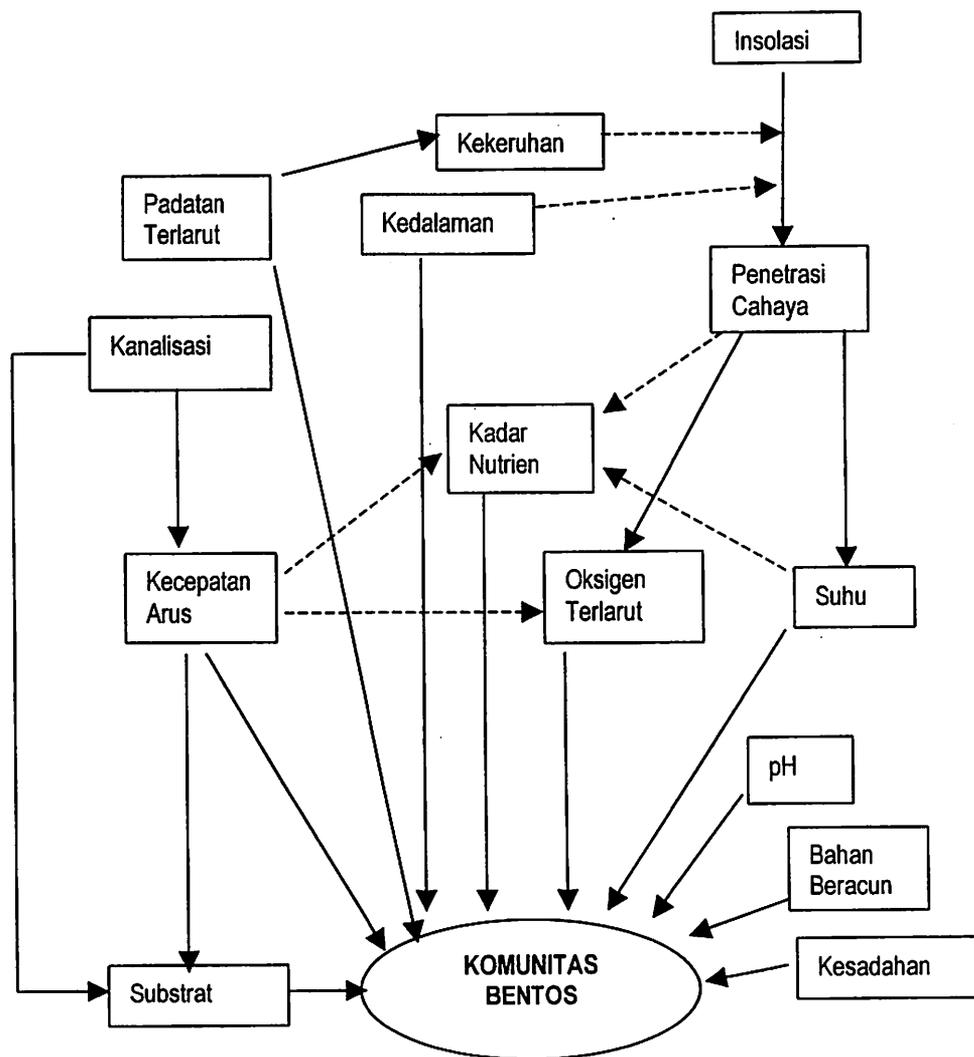
No.	Kelompok	Contoh Organisma
1.	Jenis yang tahan terhadap bahan pencemar	Cacing-cacing Tubificid, larva nyamuk, siput yang terutama <i>Masculium sp.</i> dan <i>Psidium sp.</i>
2.	Jenis yang lebih jernih (bersih)	Siput-siput yang senang arus, Bryozoa, serangga air dan Crustacea
3.	Jenis yang hanya senang bersih	Siput dari suku Vivinatidae dan Amnicolidae, serangga (larva/nimfa) dari bangsa Ephemeridae, Odonata, Hemiptera dan Coleoptera

Kenk (1974) menjelaskan bahwa bentos dari filum Plathelmyntes, suku Tricladida, jenis-jenis *Planaria spp* dan *Crenobia alpina* adalah jenis yang dianggap sebagai indikator pada air bersih. Jenis-jenis *Polycelia felina*, *Dugessia gonocephala* dan *Dugessia tigrina*

dijumpai pada perairan yang sedikit tercemar oleh bahan organik dan dapat berpindah ke perairan yang bebas dari pencemaran tersebut, sedangkan jenis-jenis *Polycelis felina*, *Phagocata subterranea* dan *Aselus* spp adalah jenis yang toleran pada perairan tercemar oleh bahan organik. Vemiati (1987) mengklasifikasikan jenis bentos berdasarkan kepekaan terhadap bahan pencemar organik ke dalam tiga kelompok (Tabel 2).

Tabel 2: Klasifikasi jenis bentos berdasarkan kepekaan terhadap bahan pencemar organik

No.	Status terhadap bahan pencemar	Contoh organisma
1.	Tidak tahan	<i>Ephemere simulan</i> , <i>Acroneura evulata</i> , <i>Cnimara oscura</i> , <i>Villa sp</i> , <i>Helcus lithophilus</i>
2.	Agak tahan	<i>Stenonema heterotarsale</i> , <i>Taeniopterix maura</i> , <i>Hydropsyche bronta</i> , <i>Agrion maculatum</i> , <i>Corydalis cornatus</i> , <i>Agabus stagninus</i>
3.	Tahan	<i>Chironomus riporius</i> , <i>Tubifex sp</i> , <i>Lianodrilus sp</i>



Keterangan:
 —> : pengaruh langsung
 - - -> : interaksi

Gambar 1: Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi komunitas bentos di perairan sungai (Hawkes, 1979)

Pencemaran logam berat, pestisida dan herbisida ke dalam perairan sungai umumnya mengakibatkan kematian bentos suku Tricladida, terutama jika konsentrasinya tinggi. Sebagai contoh, jenis *Polycelis nigra* akan mati pada kadar Hg sebesar 0,2 mg/l, Zn 3,0 mg/l, Ag 0,15 mg/l dan Cd 2, 7 mg/l, setelah empat hari. Jenis *Phagocata vitta* akan mati pada konsentrasi Pb 3 mg/l setelah 40 hari. Selanjutnya Hynes (1972) menyatakan bahwa konsentrasi 1 mg/l DDT tidak mempengaruhi kehidupan jenis *Dugessia* sp. Jenis-jenis *Ectoprocta* umumnya dapat di temukan pada perairan sungai yang bebas dari semua pencemaran.

Di muara sungai, jenis *Crassostrea virginia*, *Myarenaria*, *Mercenaria mercenaria*, *Perna viridis*, *Choromytilus meridionalis*, *Pecten maximus* merupakan indikator biologi pada pencemaran logam berat dan pestisida Organochlorin, jenis-jenis ini dapat mengakumulasi bahan pencemar tersebut (Phillips, 1978). Di perairan yang tercemar berat oleh campuran limbah minyak, logam berat Ni, Cu, Cr dan Zn, hampir tidak di temukan larva Chironomid yang hidup. Dengan demikian, pendugaan pencemaran melalui respon pada tingkat organisma mempunyai keuntungan, sebab respon organisma (individual) terjadi sebelum respon pada tingkat komunitas, sehingga hasil dugaannya tepat bila digunakan sebagai petunjuk awal terjadinya pencemaran pada lingkungan dan juga sangat baik untuk memantau pencemaran air.

Indeks Biologi

Sejak pertengahan abad ke 19 telah di ketahui bahwa terdapat kelompok organisma yang hidup di perairan tercemar. Jenis-jenis organisma ini berbeda dengan jenis-jenis yang hidup di perairan yang tidak tercemar. Para ahli Biologi Perairan kemudian mengembangkan pengetahuan ini, sehingga perubahan struktur dan biota terjadi karena perubahan kondisi habitat dapat di jadikan sebagai indikatornya. Hal ini dikenal dengan istilah indeks biologi (Koesoebiono, 1987).

I. Indeks Keseragaman, Indeks Keragaman dan Indeks Dominansi

Metode ini dikembangkan berdasarkan terjadinya perubahan struktur habitat sebagai akibat perubahan yang terjadi dalam kualitas lingkungan karena pencemaran. Metode-metode tersebut adalah :

A. Indeks Keseragaman (E) :

dimana:

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

S = jumlah jenis
H_{max} = Log₂ S

H_{max} akan terjadi apabila ditemukan dalam suasana di mana semua spesies adalah melimpah. Sedangkan, nilai E kisaran antara adalah 0 dan 1,0. Nilai 1,0 menggambarkan suatu keadaan di mana semua spesies cukup melimpah.

B. Indeks Keragaman Shannon Wiener (H)

Indeks ini umumnya digunakan untuk menentukan kualitas air yang telah tercemar, dimana jumlah jenis yang menghuni perairan tidak banyak. Keragaman suatu biota air dapat di tentukan dengan menggunakan teori informasi Shannon-Wiener (H). Tujuan utama teori ini adalah untuk mengukur tingkat keteraturan dan ketidak-aturan dalam suatu sistem. Adapun Indeks tersebut adalah sebagai berikut (Koesoebiono, 1987):

atau

dimana: pi = proporsi spesies ke i (i = 1, 2, 3, ...) terhadap jumlah total

$$H = - \sum_{i=1}^s pi \ln pi$$

$$H = \sum_{i=1}^s pi \log_2 pi$$

s = Jumlah jenis

H = Indeks Keragaman

Komponen lingkungan, baik yang hidup (biotik) maupun yang mati (a biotik) akan mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman biota air yang ada pada suatu perairan, sehingga tingginya kelimpahan individu tiap jenis dapat di pakai untuk menilai kualitas suatu perairan. Perairan yang berkualitas baik biasanya memiliki keragaman jenis yang tinggi dan sebaliknya pada perairan yang buruk atau tercemar. Beberapa kriteria kualitas air berdasarkan Indeks Keragaman jenis Shannon-Wiener dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3: Beberapa kriteria kualitas air berdasarkan Indeks Keragaman Shannon-Wiener

No.	Indeks Keragaman	Kualitas	Pustaka
I	> 3 1 - 3 < 1	Air bersih/tidak tercemar Setengah tercemar Tercemar berat	Wilha (1975)
II	3,0 - 4,0 2,0 - 3,0 1,0 - 2,0	Tercemar sangat ringan Tercemar ringan Setengah tercemar	Wilha (1975)
III	2,0 2,0 - 1,0 1,5 - 1,0 < 1,0	Tidak tercemar Tercemar ringan Tercemar sedang Tercemar berat	Lee, dkk (1975)

C. Indeks Dominansi (D), menggunakan Simpson's Index:
dengan:

$$D = \sum \frac{(n_i (n_i - 1))}{(N (N - 1))}$$

n_i = jumlah individu dari spesies ke i
 N = jumlah keseluruhan dari individu

II. Model Distribusi Kelimpahan Spesies

Kualitas lingkungan perairan dapat digambarkan dengan struktur komuniti bentos yang dianalisis dengan model-model distribusi kelimpahan spesies (Magurran, 1988). Model tersebut dapat menggambarkan suatu proses yang terjadi dalam komunitas yang melibatkan pemanfaatan sumberdaya alam dan stabilitas lingkungan perairan. Tiga model utama yang digunakan untuk melihat satu atau lebih penyebaran dari suatu famili suatu komunitas adalah sebagai berikut:

A. The Geometric series (model Motomura)

Model ini menggambarkan keadaan ekosistem di mana terjadi persaingan yang kuat, terjadi dominansi oleh salah satu spesies tertentu, pemanfaatan sumber daya alam tidak merata dan lingkungan sangat terganggu atau mungkin berada dalam tingkat suksesi permulaan. Di dalam model Motomora ini, kelimpahan dari spesies dibuatkan peringkatnya mulai dari yang besar hingga yang paling kecil, di mana kaedah yang digunakan adalah seperti berikut:

$$n_i = NC_k k (1 - k)^{i-1}$$

dimana:

n_i = jumlah dari individu dalam spesies ke i spesies
 N = jumlah keseluruhan dari individu

$$C_k = [1 - (1 - k^s)]^{-1} = \text{konstanta yang ditentukan oleh } \sum n_i = N$$

B. Log normal distribution (model Preston)

Model ini menggambarkan organisasi komunitas yang layak dan pembagian relung yang mantap atau merata. Lingkungan perairan yang stabil sehingga mencirikan suatu komunitas yang seimbang. Dalam model ini kaedah yang digunakan adalah:

dimana:

$S(R)$ = jumlah spesies dalam R (octave) kelas pada kanan dan

$$S(R) = S_0 \exp(-a^2 R^2)$$

S_0 kiri dari kurva simetrikal
= jumlah dari spesies dalam kelas octave

$a = (2\sigma^2)^{1/2}$ = invers keluasan dari penyebarannya

C. The broken stick model (model MacArthur)

Model ini menggambarkan organisasi komunitas yang merata dan stabil, tidak ada persaingan, tidak ada niche yang kosong dan jumlah spesies tetap.

$$N_i = \frac{N}{S \sum_{n=1}^S 1/n}$$

dengan:

N = jumlah keseluruhan dari individu
 S = jumlah keseluruhan dari spesies

Apabila semua data telah dianalisis dengan ketiga model tersebut, kemudian dilakukan uji kesesuaian model, dengan menggunakan Model Uji Jarak Matsusita (D_M), dengan persamaan seperti berikut:
dengan :

$$p_i = q_{oi} / \sum q_{oi}; q_{oi} = \sum (p_i \cdot a_i) \text{ kelimpahan spesies teori}$$

$$a_i = q_{oi} / \sum q_{oi}; q_{oi} = \text{kelimpahan spesies yang diperoleh}$$

III. Sistem Saprobitas

A. Indeks Saprobik menurut Pantle dan Buck (S) (Ravera, 1979)

$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}$$

dimana: S = Indeks Saprobitas

s = Tingkat saprobik berdasarkan Liebmann (1962)

Tabel 4: Hubungan tingkat saprobitas dengan kelompok organisma (Liebmann, 1962, dalam Ravera, 1979)

Tingkat Saprobitas (s)	Kelompok organisma
1	Polisaprobik
2	α - mesosaprobik
3	β - mesosaprobik
4	Oligosaprobik

Berdasarkan Indeks saprobik Pantle dan Buck, tingkat pencemaran perairan diklasifikasikan dalam tingkat seperti di sajikan pada Tabel 5.

Tabel 5: Hubungan antara indeks saprobik (S) dengan tingkatan pencemaran perairan (Liebmann, 1962 dalam Ravera 1979)

Kisaran Indeks Saprobik (S)	Tingkat Pencemaran Perairan
1,0 - 1,5	Sedikit/tidak tercemar
1,5 - 2,5	Pencemaran bahan organik sedang
2,5 - 3,5	Pencemaran bahan organik berat
3,5 - 4,0	Pencemaran bahan organik sangat berat

B. Koefisien Saprobik menurut Dresscher dan van der Mark (X)

$$X = \frac{C + 3D - B - 3A}{A + B + C + D}$$

Dimana:

- X = Koefisien saprobik (-3 sampai dengan 3)
- A = kelompok organisma Ciliata
- B = kelompok organisma Euglena
- C = kelompok Organisma Chloroccales dan Diatomae
- D = kelompok organisme Peridinae, Chrysophyceae dan Conjugaceae
- A, B, C, dan D = Jumlah organisma yang berbeda di dalam masing-masing kelompok

Berdasarkan nilai koefisien saprobik, pencemaran perairan diklasifikasikan dalam lima tingkatan, seperti di sajikan pada Tabel 6.

Tabel 6: Hubungan antara Koefisien Saprobik (X) dengan tingkatan pencemaran perairan (Kosoebiono, 1987)

Bahan Pencemar	Tingkat Pencemar	Fase Saprobik	Koefisien Saprobik
Bahan organik	Sangat berat	Polisaprobik Poli / α -mesosaprobik	(-3) - (-2) (-2) - (-1,5)
	Cukup berat	α -meso / polisaprobik α - mesosaprobik	(-1,5) - (-1) (-1,0) - (0,5)
Bahan organik dan anorganik	Sedang	α/β -mesosaprobik β/α -mesosaprobik	(-0,5) - (0) (0) - (0,5)
	Ringan	β - mesosaprobik β -meso/oligosaprobik	(0,5 - (1,0) (1,0) - (1,5)
Bahan organik dan anorganik	Sangat ringan	Oligo/ β - mesosaprobik Oligosaprobik	(1,5) - (2) (2,0) - (3,0)

Penutup

Hasil dari penelusuran pustaka mengenai peranan biota air yang dapat dijadikan indikator kualitas perairan dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan indikator biologi sebagai penentuan kualitas perairan sangat membantu dalam melihat tingkat (intensitas), lama dan luasnya dampak dari bahan pencemar yang masuk ke dalam perairan.
2. Penggunaan indeks biologi merupakan salah satu cara dalam membantu penilaian kualitas perairan dan juga membantu dalam penentuan kelompok organisma indikator.
3. Salah satu organisma perairan yang baik digunakan sebagai indikator biologi adalah hewan avertebrata, yaitu bentos.

1. Kelebihan Penggunaan Indikator Biologi

- a. Analisis biologi dapat memberikan informasi yang relevan mengenai kondisi air secara cepat.
- b. Kehidupan di perairan masih dapat bertahan dalam bentuk struktur komunitas yang ada dalam lingkungan yang kurang menguntungkan atau terlihat akibat adanya kondisi perairan yang kurang baik.
- c. Indeks biologi dapat memberikan informasi yang tidak dapat diberikan oleh metoda lainnya, misalnya mengenai pengaruh bahan toksin terhadap status biologi organisma atau tentang kemampuan badan air tersebut melakukan proses penjernihan kembali secara biologi.

2. Kekurangan Penggunaan Indikator Biologi

- a. Tidak semua jenis pada tingkatan organisma atau komunitas dapat dipakai sebagai petunjuk pencemaran air.

- b. Tidak semua ciri atau bentuk dari komunitas yang ada di perairan dapat menyatakan tingkat kualitas perairan.

Daftar Pustaka

- Best G.A. and S.L. Ross. 1977. *Water Pollution Studies*. Liverpool University Press, London.
- Harman, W.N. 1974. Snails (Mollusca: Gastropoda) dalam *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*. Hart, C.W and S.L.H. Fuller (Eds.). Academic Press, New York, p. 275.
- Hawkes, H.A. 1979. Invertebrates as Indicators of River Water Quality. Dalam: *Biological Indicator of Water Quality*. James, A and L. Evison (Eds.). John Wiley and Sons, New York.
- Hellawell, J.M. 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Pollution Monitoring Series. Elsevier Applied Science Publ. London and New York. P.45
- Hutchinson, G. E. 1976. *A Treatise on Limnology (I)*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hynes, H.B.N. 1972. *The Ecology of Running Water*. Univ. Toronto Press, Canada, p.555.
- Kenk, R. 1974. Flatworms (Platyhelminthes:Tricladida). Dalam: *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*. Hart, C.W and S.L. H. Fuller (Eds.). Academic Press, London.
- Koesoebiono. 1987. *metoda dan Teknik Pengukuran Biologi Perairan*. Kursus Amdal Angkatan V. Bogor.
- Lee, C.D., S.B. Wang and C.L. Kuo. 1978. *Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicator of Water Quality with Reference to Community Diversity Development Countries*, Bangkok. p. 233.
- Lind, O.T. 1979. *Hand Book of Common Methods in Limnology*. Sec Ed. Mosby Company, St. Louis, Toronto, London.
- Magurran, A. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- Odum, P.E. 1971. *Fundamental of Ecology*, W.B. Sanders and Co. Philadelphia.
- Oey, B. L., R.E. Suriaatmadja dan W. Parjatno. 1978. *Faktor Lingkungan Penentu dalam Ekosistem Sungai*. ITB Bandung.
- Phillips, D.J.H. 1978. Use of Biological Indicator Organisms to Quantitative Organochlorine Pollutants. *Environ. Pollution*. 3: 167
- Ravera, O. 1979. *Biological Aspect of Freshwater Pollution*. Pergamon Press, Oxford.
- Vemiati, S. 1987. *pencemaran Ditinjau dari segi Indikator Biologis di Sungai Sunter-Cipinang DKI Jaya*. Tesis Fak. Biologi Unsoed, Purwokerto.
- Walker, K.F. 1981. *ecology of Freshwater Mussels in the River Murray*. Series Australia. Water Resources Council Technical Paper No. 63.

