

INDEKS KUALITAS AIR (IKA)

Metode IKA di Indonesia

- Metode Storet
- PI (Pollution Index)
- Dirujuk oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air.

Penentuan Status Mutu Air

- Pendekatan tradisional : membandingkan data setiap parameter kualitas air konvensional (fisik, kimia, bakteriologi) dengan kondisi normatif kelas air setempat (baku mutu peruntukan air).
- Status mutu air harus bisa dikuantifikasikan dan diekspresikan dengan suatu indeks tunggal (single index) kualitas air (IKA) yang dapat dihubungkan dengan strategi operasional manajemen sungai yang ekologis dan berkelanjutan.

Beberapa Definisi

- **Mutu air** : kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.
- **Status mutu air** : tingkat kondisi mutu air yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang ditetapkan.
- **Sumber air** : wadah air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini akuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara.

Metode Storet

- Penentuan status mutu air dengan metode Storet adalah dengan **membandingkan data kualitas air dengan baku mutu yang disesuaikan dengan peruntukannya.**
- Awalnya Storet dikembangkan untuk menilai mutu air untuk “specific use” misal peruntukan air minum.
- Namun belakangan metode tersebut juga dapat dipakai untuk menilai “overall use” air.
- Penentuan status mutu air menggunakan time series data.

Status Mutu Air (Metode Storet)

Diklasifikasikan dalam 4 kelas :

- kelas A = baik sekali/memenuhi baku mutu, skor 0;
- kelas B = baik/tercemar ringan, skor -1 sampai -10;
- kelas C = sedang/tercemar ringan, skor -11 sampai dengan -30;
- kelas D = buruk/tercemar berat, skor ≥ -31 .

Prosedur Penggunaan

- 1) Lakukan pengumpulan data kualitas air dan debit air secara periodik sehingga membentuk data dari waktu ke waktu (time series data).
- 2) Bandingkan data hasil pengukuran dari masing-masing parameter air dengan nilai baku mutu yang sesuai dengan kelas air.
- 3) Jika hasil pengukuran **memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran < baku mutu) maka diberi skor 0.**
- 4) **Jika hasil pengukuran tidak memenuhi nilai baku mutu air (hasil pengukuran > baku mutu), maka diberi skor sesuai tabel 1**
- 5) Jumlah negatif dari seluruh parameter dihitung dan ditentukan status mutunya dari jumlah skor yang didapat dengan menggunakan sistem nilai.

Tabel 1. Skor masing-masing jenis parameter dalam metode Storet

Jumlah parameter *	Nilai	Parameter		
		Fisika	Kimia	Biologi
< 10	Maks	-1	-2	-3
	Min	-1	-2	-3
	Rerata	-3	-6	-9
≥ 10	Maks	-2	-4	-6
	Min	-2	-4	-6
	Rerata	-6	-12	-18

Sumber : KepMen LH no KEP 115/MENLH/2003

Catatan * : jumlah parameter yang digunakan untuk menghitung IKA

Contoh Perhitungan: Pemberian skor untuk parameter Hg, pada sungai Ciliwung

- Hg merupakan parameter kimia, maka gunakan skor untuk parameter kimia.
- Kadar Hg yang diharapkan untuk air golongan C adalah 0,002 mg/liter
- Kadar Hg maksimum hasil pengukuran adalah 0,029g mg/liter → kadar Hg melebihi baku mutu → skor untuk nilai maksimum adalah **-2**.
- Kadar Hg minimum hasil pengukuran adalah 0,0006 mg/liter → kadar Hg sesuai baku mutu → skornya adalah **0**.

Contoh Perhitungan: Pemberian skor untuk parameter Hg, pada sungai Ciliwung

- Kadar Hg rata-rata hasil pengukuran adalah 0.0082 mg/liter → melebihi baku mutu → skor adalah **-6**.
- Jumlahkan skor untuk nilai maksimum, minimum, dan rata-rata → $-2 + 0 + -6 = -8$.
- Lakukan hal yang sama untuk tiap parameter, **apabila tidak ada baku mutunya untuk parameter tertentu, maka tidak perlu dilakukan perhitungan.**
- **Jumlahkan semua skor, ini menunjukkan status mutu air.**

LATIHAN

- Hitunglah Status Mutu Kualitas Air Menurut Sistem Nilai STORET pada stasiun 1 sungai Ciliwung bagi peruntukan Golongan C.
- Tabel di sajikan pada slide berikutnya:

LATIHAN

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran		
				Maksimum	Minimum	Rata-rata
<u>FISIKA</u>						
1	TDS	mg/l		289	179,4	224,2
2	Suhu air	C	normal \pm 3	24,15	20,5	22,06
3	DHL	□mhos/cm		82,6	72	76,3
4	Kecerahan	M		0,46	0,35	0,41
<u>KIMIA</u>						
a. Anorganik						
1	Hg	mg/l	0,002	0,0296	0,0006	0,0082
2	As	mg/l	0,5	0,0014	Tt	0,0004
3	Ba	mg/l	1,5	17,401	11,239	15,3665
4	F	mg/l	0,01	0,51	0,28	0,4138
5	Cd	mg/l	nihil	Tt	Tt	Tt
6	Cr (VI)	mg/l		0,0036	Tt	0,0009
7	Mn	mg/l		0,033	Tt	0,083
8	Na	mg/l		15,421	5,1672	11,0246
9	NO ₃ -N	mg/l		12,28	0,04	3,4675
10	NO ₂ -N	mg/l	0,06	1	0,0075	0,3996

LATIHAN

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran		
				Maksimum	Minimum	Rata-rata
11	NH ₃ -N	mg/l	0,02	1,53	Tt	0,576
12	pH		6-8,5	7,83	6,72	7,41
13	Se	mg/l	0,05	Tt	Tt	Tt
14	Zn	mg/l	0,02	0,0457	Tt	0,0114
15	CN	mg/l	0,01	Tt	Tt	Tt
16	SO ₄	mg/l		40	2,2	14,175
17	H ₂ S	mg/l	0,002	1,27	0,0014	0,3354
18	Cu	mg/l	0,02	0,008	Tt	0,0043
19	Pb	mg/l	0,03	0,2456	Tt	0,1451
20	RSC	mg/l		3,42	2,42	2,985
21	BOD ₅	mg/l		42,51	22,97	32,92
22	COD	mg/l		62,2	34,32	48,08
23	Minyak dan lemak	mg/l	0,5	Tt	Tt	Tt
24	PO ₄	mg/l		2,28	0,02	0,7167
25	Phenol	mg/l	0,001	Tt	Tt	Tt
26	Cl ₂	mg/l	0,003	1,3315	0,0003	0,3383
27	B	mg/l		2,103	0,81	1,4575

LATIHAN

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pengukuran		
				Maksimum	Minimum	Rata-rata
28	COD	mg/l		0,1242	0,0145	0,0653
29	Ni	mg/l		Tt	Tt	Tt
30	HCO ₃	mg/l		-	-	-
31	CO ₂ -bebas	mg/l		11,88	7,92	9,24
32	Salinitas	0/00		0,02	0	0,015
33	DO	mg/l	> 3	9,1	8	8,433
	b. Organik					
1	Aldrin	mg/l		Tt	Tt	Tt
2	Dieldrin	mg/l		Tt	Tt	Tt
3	Chlordane	mg/l		Tt	Tt	Tt
4	DDT	mg/l	0,002	Tt	Tt	Tt
5	Detergent	mg/l	0,2	Tt	Tt	Tt
6	Lindane	mg/l		Tt	Tt	Tt
7	PCB	mg/l		Tt	Tt	Tt
8	Endrine	mg/l	0,004	Tt	Tt	Tt
9	BHC		0,21	Tt	Tt	Tt
	<u>MIKROBIOLOGI</u>					
1	Coliform tinja	Jml/100 ml		15x10 ⁶	2.5x10 ⁶	7.125x10 ⁶
2	Total coliform	Jml/100 ml		15x10 ⁶	2.5x10 ⁶	8.375x10 ⁶

LATIHAN

- Berdasarkan tabel di atas hitunglah semua parameter yang ada dalam tabel.
- Jumlahkan semua skor.
- Tentukan status mutu air.

Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index)

- Metode Indeks Pencemaran (IP) (Nemerow dan Sumitomo, 1970) digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diijinkan.
- IP ditentukan dari resultante nilai maksimum dan nilai rerata rasio konsentrasi per-parameter terhadap nilai baku mutunya.

Metode Indeks Pencemaran (Pollution Index)

- IP_j = indeks pencemaran bagi peruntukan j,
- C_i = konsentrasi parameter kualitas air i,
- L_{ij} = konsentrasi parameter kualitas air i yang tercantum dalam baku peruntukan air j,
- M = maksimum, R = rerata.

$$IP_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Kategori Kelas indeks Pollution

- 1) $0 \leq IP \leq 1,0$ = memenuhi baku mutu (good)
- 2) $1,0 < IP \leq 5,0$ = tercemar ringan (slightly polluted);
- 3) $5,0 < IP \leq 10$ = tercemar sedang (fairly polluted),
- 4) $IP > 10,0$ = tercemar berat (heavily polluted).

Prosedur Penggunaan

- 1) L_{ij} = konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam **Baku Mutu** suatu Peruntukan Air (j),
- 2) C_i = konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, **Hasil Pengukuran**
- 3) P_{ij} = Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan **fungsi dari C_i/L_{ij}** .

Harga P_{ij} ini dapat ditentukan dengan cara :

4a) Jika nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat, misal DO.

Dalam kasus ini nilai **C_i/L_{ij} hasil pengukuran** digantikan oleh nilai **C_i/L_{ij} hasil perhitungan**, yaitu :

$$(C/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{C_{im} - C_i \text{ (hasil pengukuran)}}{C_{im} - L_{ij}}$$

Harga Pij ini dapat ditentukan dengan cara :

4b) Jika nilai baku mutu (L_{ij}) memiliki rentang

- untuk $C_i \leq L_{ij}$ rata-rata

$$(C/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{minimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

- untuk $C_i > L_{ij}$ rata-rata

$$(C/L_{ij})_{\text{baru}} = \frac{[C_i - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}]}{\{(L_{ij})_{\text{maksimum}} - (L_{ij})_{\text{rata-rata}}\}}$$

Harga Pij ini dapat ditentukan dengan cara :

4c) Keraguan timbul jika dua nilai (C_i/L_{ij}) berdekatan dengan nilai acuan 1,0, misal $C_1/L_{1j} = 0,9$ dan $C_2/L_{2j} = 1,1$ atau perbedaan yang sangat besar, misal $C_3/L_{3j} = 5,0$ dan $C_4/L_{4j} = 10,0$.

Dalam contoh ini tingkat kerusakan badan air sulit ditentukan. Cara untuk mengatasi kesulitan ini adalah :



Harga Pij ini dapat ditentukan dengan cara :

- Gunakan nilai $(C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}}$ → kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.
- Gunakan nilai $(C_i/L_{ij})_{\text{baru}}$ → jika nilai $(C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}}$ lebih besar dari 1,0.
 $(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \cdot \log (C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}}$
- P : konstanta dan nilainya ditentukan dengan bebas dan disesuaikan dengan hasil pengamatan lingkungan dan atau persyaratan yang dikehendaki untuk suatu peruntukan (biasanya digunakan nilai 5).

Harga Pij ini dapat ditentukan dengan cara :

- 5) Tentukan nilai rata-rata dan nilai maksimum dari keseluruhan C_i/L_{ij} .
- 6) Tentukan harga P_{ij}

$$P_{ij} = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}}$$

Contoh

- Berikut adalah data untuk suatu sampel sungai yang akan ditentukan indeks pencemarannya (IP).
- Hasil pengukuran sampel diberikan pada kolom 2 (C_i) dan baku mutu perairan tersebut diberikan pada kolom 3 (L_{ix}).

Contoh penentuan IP untuk baku mutu x

Parameter	C_i	L_{ix}
TSS	100	50
DO	2	6
pH	8	6-9
Fecal coliform	2000	1000
BOD	8	2
Se	0,07	0,01

Jawaban

- Contoh perhitungan TSS :

$$C_i/L_{1X} = 100 / 50 = 2$$

$$C_i/L_{1X} > 1$$

Maka gunakan persamaan $(C_i/L_{ij})_{baru}$

$$(C_i/L_{1X})_{baru} = 1,0 + 5 \log 2 = 2,5$$

Catatan : C/L_{ij} baru dihitung karena nilai C/L_{ij} yang berjauhan

untuk $C/L_{ij} \leq 1$ digunakan C/L_{ij} hasil pengukuran, tetapi bila $C/L_{ij} > 1$ perlu dicari C/L_{ij} baru.

Contoh Perhitungan DO

- DO merupakan parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas akan menurun, maka sebelum menghitung C_2/L_2x , harus dihitung dulu harga C_2 baru.
 - DO mak = 7, pada suhu 25 °C
 - C_2 baru = $\frac{(C_{mak} - C \text{ hasil pengukuran})}{(C_{mak} - L \text{ baku mutu})}$
- $$C_2 \text{ baru} = (7 - 2) / (7 - 6) = 5 / 1 = 5$$
- $C_2 / L_2 = 5 / 6 = 0,83$

Menghitung pH

- Karena harga baku mutu pH memiliki rentang, maka penentuan C3/L3X dilakukan dengan cara:
- L_{3X} rata-rata = $(6 + 9) / 2 = 7,5$
- $C_3 > L_{3X}$ rata-rata
- $C_3 / L_{3X} = (8 - 7,5) / (9 - 8) = 0,5$

Metode CCME

- Metode yang dikembangkan **CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment)**
- Menggabungkan **3 elemen** :
 1. Scope atau jumlah parameter kualitas air yang tidak mencapai tujuan kualitas air (F1)
 2. Frequency yaitu jumlah kejadian target tidak tercapai (F2)
 3. Amplitude yaitu sejauh mana target tidak tercapai (F3)

jumlah parameter kualitas air yang tidak mencapai tujuan kualitas air (F1)

$$F_1 = \left(\frac{\text{number of failed variables}}{\text{Total number of variables}} \right) \times 100$$

Frequency yaitu jumlah kejadian target tidak tercapai (F2)

$$F_2 = \left(\frac{\text{number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \right) \times 100$$

Amplitude yaitu sejauh mana target tidak tercapai (F3)

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01nse + 0.01} \right)$$

nse = normalised sum of the excursions

nse = normalised sum of the excursions =

$$\text{excursions}_i = \left(\frac{\text{Failed Test Value}_i}{\text{Objective}_j} \right) - 1$$

atau

$$\text{excursions}_i = \left(\frac{\text{Objectives}_j}{\text{Failed Test Value}_i} \right) - 1$$



$$CWQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$$

CWQI = indeks kualitas air

STATUS MUTU AIR

Indeks CWQI menghasilkan angka antara 0 (terjelek) hingga 100 (terbaik), terbagi dalam 5 kelas :

(1) excellent (95-100), (2) good (80-94), (3) fair (65-79), (4) marginal (45-64), (5) poor (0-44)