

# Menguruskan Lautan Negara: Indeks Kualiti Air Marin Malaysia



Jabatan Alam Sekitar Malaysia  
Bahagian Air dan Marin  
Kementerian Sumber Asli & Alam Sekitar  
Aras 2, Podium 3, Wisma Sumber Asli  
No. 25, Persiaran Perdana, Presint 4  
62574 Putrajaya  
Tel: 03-8871 2000  
Fax: 03-8888 0067

## **MENGURUS LAUTAN NEGARA: INDEKS KUALITI AIR MARIN MALAYSIA**

### **PRAKATA**

*Kekayaan biodiversiti marin dan ekosistem yang berkaitan dengan perairan pantai dan marin di Malaysia merupakan warisan sumber asli negara yang penting. Perikanan dan marikultur serta aktiviti pelancongan adalah merupakan aktiviti-aktiviti ekonomi utama yang berpunca dari sumber asli marin negara kita. Ekosistem pantai seperti hutan paya bakau juga berkesan sebagai perlindungan semulajadi zon pantai.*

*Pengurusan lautan negara yang berkesan adalah sangat penting untuk membolehkan kita memelihara dan melindungi warisan sumber asli ini daripada ancaman yang mengiringi kepesatan pembangunan negara dan bilangan penduduk yang semakin meningkat, serta kesan daripada pemandaran. Pengurusan lautan kita memerlukan pendekatan bersepadu dan holistik serta merangkumi prinsip pengurusan zon pantai bersepadu, pemuliharaan biodiversiti, pencegahan pencemaran dan pengurusan sumber. Salah satu aspek utama dalam menguruskan sekitaran marin adalah aktiviti pemantauan kualiti air. Dalam hal ini, Jabatan Alam Sekitar baru-baru ini telah menubuhkan Kriteria dan Piawaian Kualiti Air Marin (KPKAM). Seterusnya Jabatan telah mengenalpasti keperluan untuk membangunkan Indeks Kualiti Air Marin untuk sekitaran marin negara kita.*

*KPKAM mengenalpasti had-had parameter kualiti air yang berkaitan dengan kelas-kelas kegunaan air marin tertentu, manakala Indeks Kualiti Air Marin merupakan indeks berangka tunggal yang terdiri daripada gabungan beberapa parameter kualiti air utama yang mewakili kualiti air keseluruhan perairan marin.*

*Risalah ini bertujuan untuk memberi maklumat asas mengenai aplikasi Indeks Kualiti Air Marin sebagai kaedah untuk menilai dan melaporkan status kualiti air sekitaran marin negara.*

**HALIMAH BINTI HASSAN**  
**Ketua Pengarah**  
**Jabatan Alam Sekitar Malaysia**

# MENGURUSKAN LAUTAN NEGARA: INDEKS KUALITI AIR MARIN MALAYSIA

## 1.0 PENGENALAN

Malaysia kaya dengan persekitaran marin yang pelbagai dan menarik. Di samping kepelbagaian ekosistem marin yang menjadikan lautan Malaysia antara yang memiliki kepelbagaian biologi yang tertinggi di dunia, sumber marin semulajadinya memberikan sumbangan yang penting kepada kehidupan dan kemandirian rakyat.

Ekosistem marin utama di Malaysia termasuk terumbu karang, rumpai laut, paya bakau, dataran lumpur dan muara. Sumber ekonomi yang paling penting daripada perairan marin negara adalah perikanan dan aktiviti marikultur, disamping aktiviti-aktiviti yang berkaitan dengan perkapalan, industri minyak & gas serta pelancongan.

Ia telah lama diakui bahawa kepesatan pembangunan negara dan peningkatan penduduk dan pambandaran merupakan satu ancaman berterusan kepada lautan negara. Keperluan untuk menguruskan kualiti air marin negara dalam konteks kepesatan pembangunan telah ditekankan secara berterusan dalam Polisi Dasar Pembangunan Nasional termasuk Rancangan Malaysia Kesepuluh, serta Dasar Alam Sekitar Negara.

Perairan marin negara diancam oleh pelbagai sumber pencemaran yang secara umumnya diklasifikasikan sebagai sama ada sumber *titik* atau *tak titik*. Sumber pencemaran *titik* yang tipikal termasuk kumbahan serta air sisa industri. Pencemaran *tak titik* berlaku semasa hujan, dalam bentuk air larian dari kawasan bandar dan pertanian serta air larian yang berpunca daripada aktiviti pembangunan dan pemendapan dari atmosfera. Di samping sumber pencemaran daratan, persekitaran marin juga terdedah kepada pelbagai ancaman dari laut, seperti aktiviti perkapalan serta aktiviti ekplorasi dan eksploitasi minyak dan gas di luar persisiran pantai.

Pengurusan yang berkesan terhadap lautan kita memerlukan pendekatan yang bersepadu dan holistik, merangkumi pelbagai aspek disiplin dan melibatkan pelbagai pihak yang berkepentingan. Inisiatif berterusan meliputi pengurusan zon pantai yang bersepadu, pemuliharaan biodiversiti, pencegahan pencemaran dan pengurusan sumber. Tanpa mengira pendekatan inisiatif-inisiatif ini, salah satu aspek penting dalam menguruskan persekitaran marin ialah aktiviti-aktiviti yang berkaitan dengan pemantauan kualiti air.

Risalah ini bertujuan untuk menyediakan maklumat ringkas mengenai penggunaan Indeks Kualiti Air Marin sebagai satu kaedah untuk menilai dan melaporkan status kualiti air di persekitaran marin negara.

## **2.0 INDEKS KUALITI AIR MARIN MALAYSIA**

Indeks Kualiti Air (IKA) umumnya dianggap sebagai satu cara yang mudah dan ringkas untuk menentukan kualiti air, mengambil kira pelbagai parameter utama kualiti air yang digabungkan untuk mewakili kualiti air secara keseluruhan sesuatu jasad air. Sebagai satu konsep yang membolehkan laporan kualiti air dalam bentuk indeks berangka tunggal, IKA juga boleh dikaitkan dengan tujuan penggunaan air tersebut.

Pendekatan IKA telah diguna pakai oleh beberapa negara untuk melaporkan mengenai status kualiti air daripada pelbagai jenis jasad air termasuk sungai, tasik, air bawah tanah, dan persekitaran marin. Malah, di Malaysia status kualiti air sungai di negara kita telah dilaporkan dalam bentuk IKA selama beberapa dekad.

Di Malaysia, program pemantauan kualiti air laut yang pelbagai merupakan unsur yang penting dalam pengurusan menyeluruh persekitaran marin. Kriteria dan Piawaian Kualiti Air Marin (KPKAM) yang dibangunkan dan dilancarkan baru-baru ini merupakan satu unsur pembangunan pengurusan sumber air marin yang penting. Seterusnya, keperluan untuk membangunkan IKA untuk lautan Malaysia telah dikenal pasti.

## Kriteria dan Piawaian Kualiti Air Marin (KPKAM)

Parameter	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas E
KEGUNAAN	Pemeliharaan, Kawasan Laut dilindungi, Taman Laut	Kehidupan Laut, Perikanan, Terumbu Karang, Rekreasi and Marikultur	Pelabuhan, Lapangan Minyak & Gas	Paya Bakau & Muara Sungai
Suhu (°C)	≤ 2°C peningkatan terhadap ambien maksimum	≤ 2°C peningkatan terhadap ambien maksimum	≤ 2°C peningkatan terhadap ambien maksimum	≤ 2°C peningkatan terhadap ambien maksimum
Oksigen Terlarut (mg/L)	>80% tepu	5	3	4
Jumlah Pepejal Terampai (mg/L)	25 mg/L or ≤ 10% peningkatan dalam purata bermusim, yang mana lebih rendah	50mg/L (25 mg/L) or ≤ 10% peningkatan dalam purata bermusim, yang mana lebih rendah	100 mg/L or ≤ 10% peningkatan dalam purata bermusim, yang mana lebih rendah	100 mg/L or ≤ 30 % peningkatan dalam purata bermusim, yang mana lebih rendah
Minyak dan Gris (mg/L)	0.01	0.14	5	0.14
Merkuri* (µg/L)	0.04	0.16 (0.04)	50	0.5
Kadmium* (µg/L)	0.5	2 (3)	10	2
Kromium (VI) (µg/L)	5	10	48	10
Kuprum (µg/L)	1.3	2.9	10	2.9
Arsenik (III)* (µg/L)	3	20(3)	50	20 (3)
Plumbum (µg/L)	4.4	8.5	50	8.5
Zink (µg/L)	15	50	100	50
Sianida (µg/L)	2	7	20	7
Ammonia (tidak terion) (µg/L)	35	70	320	70
Nitrit (NO <sub>2</sub> ) (µg/L)	10	55	1,000	55
Nitrat (NO <sub>3</sub> ) (µg/L)	10	60	1,000	60
Fosfat (µg/L)	5	75	670	75
Fenol (µg/L)	1	10	100	10
Tributyltin (TBT) (µg/L)	0.001	0.01	0.05	0.01
Faecal coliform*	70 faecal coliform 100mL-1	100 faecal coliform 100mL-1 & (70 faecal coliform 100mL-1 )	200 faecal coliform 100mL-1	100 faecal coliform 100mL-1 & (70 faecal coliform 100mL-1 )
Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) µg/L	100	200	1000	1000

\*KPKAM di dalam kurungan adalah bagi kawasan marin dan pantai yang mempunyai aktiviti sumber makanan laut bagi kegunaan manusia

Indeks Kualiti Air Marin Malaysia (IKAM) adalah berdasarkan pendekatan tinjauan pendapat pakar menggunakan teknik Delphi. Satu panel pakar telah ditubuhkan mewakili pelbagai pihak yang berkepentingan dan merangkumi pelbagai kumpulan profesional, pengamal dan

kumpulan berkepentingan yang berkaitan dengan pengurusan kualiti air marin. Oleh itu, di samping ahli akademik, ahli-ahli panel adalah pakar-pakar dalam pengurusan sumber marin, ekosistem marin, undang-undang dan peraturan serta perunding, ahli biologi marin dan ahli hidrologi.

Di samping pendapat panel pakar, jawatankuasa teknikal dan pemandu IKAM yang keduanya terdiri daripada pakar-pakar dan pihak yang berkepentingan yang relevan daripada organisasi kerajaan dan bukan kerajaan juga memberikan nasihat yang berharga dan input teknikal ke dalam formulasi IKAM.

IKAM adalah indeks kualiti air yang umum dan dirumuskan berdasarkan parameter kualiti air yang tertentu seperti berikut:

Oksigen Terlarut (0.2), Amonia (0.16), *Faecal Coliform* (0.14), Jumlah Pepejal Terampai (0.14), Minyak & Gris (0.13), Nitrat (0.12), Fosfat (0.11)

Angka dalam kurungan menunjukkan sumbangan parameter berkenaan yang sekali gus mencerminkan kepentingan yang berbeza parameter-parameter tersebut terhadap kualiti air keseluruhan.

Oksigen terlarut (DO) adalah satu keperluan yang penting untuk segala kehidupan marin. DO yang rendah sering terhasil daripada pencemaran organik yang tinggi. Nitrat dan fosfat kedua-duanya pula dikaitkan dengan pencemaran kumbahan serta penggunaan baja. *Faecal Coliform* dan amonia juga dikaitkan dengan pencemaran kumbahan manakala minyak & gris berpunca terutamanya daripada aktiviti perkapalan dan industri minyak & gas serta sumber daripada daratan. Jumlah pepejal terampai secara umumnya dikaitkan dengan aktiviti-aktiviti di daratan, terutamanya aktiviti pembangunan dalam bentuk air larian semasa hujan.

IKAM di kira menggunakan formula di bawah:

$$MWQI = \frac{SI(DO)^{0.2} \times SI(NH_3)^{0.16} \times SI(FC)^{0.14} \times SI(TSS)^{0.14} \times SI(O\&G)^{0.13}}{SI(NO_3)^{0.12} \times SI(PO_4)^{0.11}}$$

## Persamaan Bagi Anggaran Nilai-Nilai Sub Indeks

### **Oksigen Terlarut (DO) dalam mg/L**

Untuk DO antara 3 dan 10

$$SI(DO) = -85.816 + 55.476(DO) - 4.142(DO)^2$$

Jika DO kurang daripada 3, atau lebih daripada 10,  $SI = 10\%$

### **Amonia (Tidak terion) (NH<sub>3</sub>) dalam mg-N/L\***

$$SI(NH_3) = 100\exp^{-4.6(NH_3)}$$

\*Jika Amoniacal Nitrogen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) diukur, tukarkan nilai kepada amonia tak terion.

### **Faecal Coliform (FC) dalam MPN/100ml**

$$SI(FC) = 100\exp^{-0.005(FC)}$$

Jika  $FC \geq 500$  MPN,  $SI = 8\%$

### **Jumlah Pepejal Terampai (TSS) dalam mg/L**

$$SI(TSS) = 95.8\exp^{-0.0043(TSS)}$$

Jika  $TSS > 100$  mg/L,  $SI = 20\%$

### **Minyak & Gris (OG) dalam mg/L**

$$SI(OG) = 98\exp^{-0.21(OG)}$$

### **Nitrat (NO<sub>3</sub>) dalam mg-N/L**

$$SI(NO_3) = 94.83\exp^{-0.35(NO_3)}$$

### **Fosfat (PO<sub>4</sub>) dalam mg-P/L**

$$SI(PO_4) = 95.2\exp^{-0.002(PO_4*1000)}$$

## **Pengiraan Unionized Ammonia**

Bagi menukarkan nilai bacaan Ammoniacal Nitrogen kepada Unionized Ammonia, jumlah hasil pengiraan formula (a), (b), (c) dan (d) perlu dimasukkan ke dalam Persamaan 1.

### **a. Pengiraan Kekuatan Ionik (IS)**

$$IS = \frac{19.9273 * Salinity}{(1000 - 1.005109 * Salinity)}$$

Salinity dalam unit part per thousand (ppt)

### **b. Pengiraan PKa**

$$PKa = (0.0901821 + \frac{2729.92}{(Temp + 273.15)}) + IS(0.1552 - 0.000314 * Temp)$$

Temperature dalam unit °C

### **c. Pengiraan working pH**

$$pH_{sw} = pH - (0.0007 * IS) - 0.131$$

### **d. Pengiraan pecahan mol bagi unionized ammonia**

$$Pecahan Mol = \frac{1}{1 + 10^{(PKa - pH_{sw})}}$$

**Persamaan 1:**

$$\text{Unionized ammonia} = \text{Total ammoniacal nitrogen} \times \text{Pecahan Mol}$$

*Total ammoniacal nitrogen mesti diukur dalam unit mg/l*



Kategori dan deskripsi IKAM yang berskala 0-100 terdiri daripada "Terbaik" hingga "Tercemar" seperti dalam jadual di bawah:

<b>Kategori</b>	<b>Deskripsi</b>
Terbaik	90 – 100
Baik	80 – <90
Sederhana	50 – <80
Tercemar	0 – <50

Kelas 1 dan Kelas 2 umumnya memerlukan IKAM sama atau lebih daripada 80, dengan kualiti air minima yang "baik". Kelas 3 umumnya adalah dalam lingkungan "sederhana". Penggunaan IKAM untuk Kelas E memerlukan sampel air yang kemasinannya tidak kurang daripada 25 ppt.

Ciri kesan sifar juga digabungkan di dalam IKAM dimana kehadiran bahan kimia toksik dalam air yang melebihi piawaian yang berkaitan akan menyebabkan IKAM secara automatik menjadi sifar (0). Senarai bahan kimia toksik dan piawaian masing-masing diberikan di bawah:

#### **Logam Berat**

<b>Bahan Kimia Toksik</b>	<b>Piawaian (<math>\mu\text{g/L}</math>)</b>
Arsenik	3
Benzena	500
Kadmium	0.5
Kromium (III)	7.7
Kromium (VI)	5
Kuprum	1.3
Sianida	2
Plumbum	4.4
Merkuri	0.04
Fenol	1

<b>Bahan Kimia Toksik</b>	<b>Piawaian (µg/L)</b>
Sulfida	2
Tributyltin	0.001
Zink	15

#### **Jumlah PCB**

<b>Bahan Kimia Toksik</b>	<b>Piawaian (µg/L)</b>
MonochloroPCB	0.3
DichloroPCB	0.3
TrichloroPCB	0.3
TetrachloroPCB	0.3
PentachloroPCB	0.3
HexachloroPCB	0.3
HeptachloroPCB	0.3
OctochloroPCB	0.3
NonachloroPCB	0.3
DecachloroPCB	0.3

#### **Pestisid Organoklorin dan Organofosforus**

<b>Bahan Kimia Toksik</b>	<b>Piawaian (µg/L)</b>
Heptachlor	0.053
Aldrin	1.3
Heptachlor epoxide	0.053
Chlordane- Trans	0.09
Endosulfan I	0.034
Chlordane -Cis	0.09
Dieldrin	0.71
Endrin	0.037
Endosulfan sulfate	0.034
4,4'-DDT	0.13
Methoxychlor	0.03
Diazinon	0.82
Chlorpyrifos methyl	0.011
Malathion	0.1
Chlorpyrifos	0.011