



BIOLOGI DASAR

Biology

INDEKS PENCEMARAN BIOLOGI



OUTLINE PERKULIAHAN :



Pendahuluan

- a. Definisi indeks pencemaran biologi
- b. Tujuan dan manfaat memahami indeks pencemaran biologi
- c. Pengantar tentang dampak pencemaran terhadap lingkungan dan ekosistem

Konsep Dasar Indeks Pencemaran

- a. Jenis-jenis pencemaran biologi
- b. Parameter biologis yang digunakan dalam perhitungan indeks pencemaran
- c. Hubungan antara parameter biologis dan tingkat pencemaran

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

- a. Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah
- b. Penentuan nilai ambang batas yang digunakan sebagai acuan
- c. Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

Aplikasi Indeks Pencemaran dalam Penelitian dan Pengelolaan Lingkungan

- a. Studi kasus penggunaan indeks pencemaran dalam penelitian lingkungan
- b. Penggunaan indeks pencemaran dalam pengambilan kebijakan lingkungan
- c. Hubungan antara indeks pencemaran dan kualitas lingkungan



01.

PENDAHULUAN

Definisi indeks pencemaran biologi

- Indeks Pencemaran Biologi adalah sebuah metode yang digunakan dalam ilmu biologi dan ilmu lingkungan untuk mengukur tingkat pencemaran lingkungan berdasarkan respons organisme hidup terhadap kondisi lingkungan mereka.
- Indeks ini didasarkan pada pengamatan dan analisis parameter biologis tertentu, seperti kesehatan populasi organisme, keberagaman spesies, kelimpahan individu, atau kualitas lingkungan fisik.
- Indeks pencemaran biologi membantu mengukur dampak pencemaran secara holistik dan ekosistemik, bukan hanya fokus pada parameter fisik atau kimia semata.



01.

PENDAHULUAN

Tujuan dan manfaat memahami indeks pencemaran biologi





Biology

01.

PENDAHULUAN

Pengantar tentang dampak pencemaran terhadap lingkungan dan ekosistem

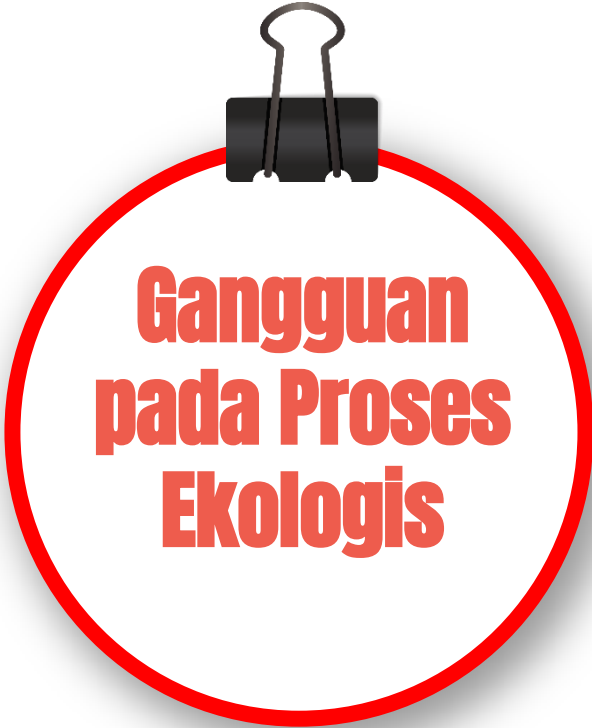
Pencemaran lingkungan adalah pengenalan substansi berbahaya atau perubahan dalam lingkungan alami yang mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengancam kesehatan organisme hidup. Dampak pencemaran terhadap lingkungan dan ekosistem sangat beragam dan dapat mencakup:



**Kerusakan
Kualitas
Air, Udara,
dan Tanah**



**Kerusakan
Keanekaraga
man Hayati**



**Gangguan
pada Proses
Ekologis**



**Dampak pada
Kesehatan
Manusia**

02.



Konsep Dasar Indeks Pencemaran

Jenis-jenis pencemaran biologi

Pencemaran biologi adalah bentuk pencemaran yang mempengaruhi organisme hidup dan ekosistem. Beberapa jenis pencemaran biologi yang umum termasuk:

→ Pencemaran Air: Ini meliputi pencemaran oleh zat-zat seperti limbah industri, limbah pertanian, atau bahan kimia beracun yang masuk ke dalam sungai, danau, atau laut dan dapat merusak organisme air dan ekosistem air.

→ Pencemaran Udara: Polusi udara oleh gas-gas beracun atau partikel-partikel padat dapat merusak organisme darat dan mengganggu kesehatan manusia. Ini termasuk pencemaran udara dalam bentuk asap, debu, dan polutan udara lainnya.

→ Pencemaran Tanah: Ini melibatkan pencemaran tanah oleh bahan kimia beracun, logam berat, atau limbah berbahaya. Tanah yang tercemar dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan menciptakan risiko toksisitas bagi organisme tanah.

→ Pencemaran Suara: Suara yang berlebihan, seperti bising dari industri atau lalu lintas, dapat mempengaruhi komunikasi dan perilaku hewan serta kesehatan manusia.

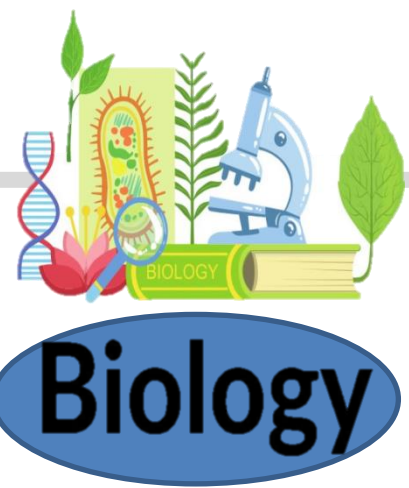
02.

Konsep Dasar Indeks Pencemaran

Parameter biologis yang digunakan dalam perhitungan indeks pencemaran

Indeks pencemaran biologi memanfaatkan parameter-parameter biologis sebagai indikator pencemaran. Contoh parameter biologis yang umum digunakan meliputi:

- **Kelimpahan Organisme:** Jumlah individu suatu spesies dalam suatu area tertentu digunakan untuk mengukur dampak pencemaran pada populasi organisme.
- **Keanekaragaman Spesies:** Keanekaragaman spesies dalam suatu ekosistem mencerminkan kesehatan ekosistem dan dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan.
- **Kondisi Kesehatan Organisme:** Indeks ini meliputi kesehatan fisik dan biokimia organisme hidup, termasuk tingkat stres, tingkat penyakit, atau kelainan fisik.
- **Kelahiran dan Kematian:** Tingkat kelahiran dan kematian dalam populasi dapat memberikan informasi tentang bagaimana pencemaran memengaruhi siklus hidup organisme.



02.

Konsep Dasar Indeks Pencemaran

Hubungan antara parameter biologis dan tingkat pencemaran



Hubungan antara parameter biologis dan tingkat pencemaran adalah dasar dari indeks pencemaran biologi. Konsep ini didasarkan pada pemahaman bahwa organisme hidup adalah indikator yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Sebagai contoh:

- Jika kelimpahan organisme menurun secara signifikan dalam suatu ekosistem air, itu bisa menjadi tanda adanya pencemaran air yang signifikan.
- Jika variasi spesies menurun dan populasi organisme menjadi kurang beragam, itu bisa mengindikasikan bahwa lingkungan tersebut mungkin mengalami pencemaran yang mengurangi kualitasnya.
- Jika organisme dalam suatu area menunjukkan tanda-tanda stres fisik atau peningkatan penyakit, ini dapat menunjukkan dampak negatif pencemaran.

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran adalah langkah-langkah yang digunakan untuk mengukur dan menghitung indeks pencemaran berdasarkan parameter biologis yang digunakan. Metode ini dapat bervariasi tergantung pada media yang diukur (air, udara, atau tanah).

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



AIR

Dalam mengidentifikasi tingkat pencemaran air diperlukan acuan untuk mengklasifikasikan apakah suatu perairan termasuk dalam kelas **1,2,3**, atau **4**. Dimana kriteria mutu air berdasarkan kelas terdapat dalam **Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001** terdiri dari 5 (lima) parameter.

- 1) Fisika, terdiri dari Temperatur (oC), Residu terlarut (mg/L), dan Residu tersuspensi (mg/L)
- 2) Kimia Anorganik, terdiri dari pH, BOD, COD, DO, P Total Fosfat sebagai P, NO₃ sebagai N, NH₃-N, Arsen, kobalt, Barium, Boron, Selenium, Kadmium, Khrom (VI), Tembaga, Besi, Timbal, Mangan, Air Raksa, Seng, Klorida, Sulfat, Fluorida, Nitrit sebagai N, Belerang sebagai H₂S.
- 3) Mikrobiologi, terdiri dari Fecal Coliform dan Total Coliform
- 4) Radioaktivitas, terdiri dari Gross- A dan Gross- B
- 5) Kimia Organik, terdiri dari minyak dan lemak, detergen sebagai MBAS, Senyawa Fenol, BHC, DDT, Aldrin/Dieldrin, Heptachlor dan Heptachlor epoxide, Lindane, Methoxychlor, Endrin, dan Toxaphene.

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



AIR

INDEKS KUALITAS AIR (IKA)

Salah satu cara untuk memberi gambaran kualitas suatu badan air adalah dengan memberikan indeks, yang dikenal secara umum sebagai Indeks Kualitas Air, IKA, (water quality index, (WQI)). IKA modern yang pertama: Indeks Horton (1965) yang menetapkan beberapa kriteria:

1. Jumlah variabel harus dibatasi agar indeks dapat diaplikasikan
2. Variabel yang dipilih harus bersifat signifikan
3. Variabel yang dimasukkan hanyalah variabel dimana data untuknya tersedia atau dapat diperoleh

Indeks kualitas air (IKA) memberikan nilai tunggal yang mengekspresikan keseluruhan kualitas air pada lokasi dan waktu tertentu berdasarkan beberapa parameter kualitas air. Indeks ini digunakan untuk menyederhanakan data kualitas air yang kompleks dalam satu informasi yang mudah dipahami dan berguna untuk pengambil kebijakan dalam analisis lingkungan. Merupakan sarana mengukur kualitas badan air melalui kuantifikasi data-data lingkungan dalam bentuk angka dengan skala tertentu. IKA merupakan “manajemen tool” tidak dapat dijadikan pengganti status mutu air.

IKA tidak mempunyai unit dan mempunyai kisaran skor dari 0-100 dengan skor yang tinggi menunjukkan kualitas air yang lebih baik. IKA dapat memberikan indikasi kesehatan badan air di berbagai titik dan dapat digunakan untuk melacak perubahan dari waktu ke waktu. IKA juga digunakan sebagai sarana untuk:

- a. mengevaluasi efektifitas program-program pengendalian pencemaran air,
- b. membantu perumusan kebijakan,
- c. membantu dalam mendisain program kualitas air dan
- d. mempermudah komunikasi dengan publik sehubungan dengan kondisi kualitas air.

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



AIR INDEKS KUALITAS AIR (IKA)

Metode yang direkomendasikan oleh Permen LH No 115 Tahun 2003 yang dikembangkan oleh Sumitomo dan Nemerow (1970) yaitu suatu indeks yang berkaitan dengan senyawa pencemar pada suatu peruntukan. Indeks ini dikenal dengan Indeks Pencemaran (Pollution Indeks) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relative terhadap parameter kualitas air yang diizinkan.

Pengelolaan kualitas air atas dasar Indeks Pencemaran dapat memberikan masukan pada pengambil keputusan agar dapat menilai kualitas badan air untuk suatu peruntukan serta melakukan tindakan untuk memperbaiki kualitas jika terjadi penurunan kualitas perairan akibat kehadiran senyawa pencemar. Jika L_{ij} menyatakan konsentrasi dalam baku mutu suatu peruntukan, dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air pada suatu perairan yang diperoleh dari hasil pengukuran suatu lokasi pada alur sungai.

PERHITUNGAN INDEX PENCEMARAN :

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

- ▶ IP_j = Indeks pencemaran bagi peruntukkan j
- ▶ C_i = konsentrasi parameter i (hasil pengukuran)
- ▶ L_{ij} = Baku mutu parameter i bagi peruntukkan j
- ▶ M = maksimum, A = average (rata-rata)

Pada Indeks Pencemaran ini, mengklasifikasi status mutu air berdasarkan nilai Indeks Pencemarannya (IP). Klasifikasi status mutunya sebagai berikut:

1. Memenuhi baku mutu, dengan nilai IP ($0 < IP < 1,0$)
2. Cemar ringan, dengan nilai IP ($1 < IP < 5$)
3. Cemar sedang, dengan nilai IP ($5 < IP < 10$)
4. Cemar berat, dengan nilai IP ($10 < IP$)

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



AIR INDEKS KUALITAS AIR (IKA)

Jika L_{ij} menyatakan konsentrasi parameter kualitas air yang dicantumkan dalam Baku Mutu suatu Peruntukan Air (j), dan C_i menyatakan konsentrasi parameter kualitas air (i) yang diperoleh dari hasil analisis cuplikan air pada suatu lokasi pengambilan cuplikan dari suatu alur sungai, maka P_{ij} adalah Indeks Pencemaran bagi peruntukan (j) yang merupakan fungsi dari C_i/L_{ij} . Harga P_{ij} ini dapat ditentukan dengan cara:

1. Pilih parameter-parameter yang jika harga parameter rendah maka kualitas air akan membaik.
2. Pilih konsentrasi parameter baku mutu yang tidak memiliki rentang.
3. Hitung harga C_i/L_{ij} untuk tiap parameter pada setiap lokasi pengambilan cuplikan.
4. Jika **nilai konsentrasi parameter yang menurun menyatakan tingkat pencemaran meningkat**, misal DO. Tentukan nilai teoritik atau nilai maksimum C_{im} (misal untuk DO, maka C_{im} merupakan nilai DO jenuh). Dalam kasus ini nilai C_i/L_{ij} hasil pengukuran digantikan oleh nilai C_i/L_{ij} hasil perhitungan, yaitu:

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

Jika **nilai baku L_{ij} memiliki rentang**

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

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

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

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

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:

- (1) Penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran kalau nilai ini lebih kecil dari 1,0.
- (2) Penggunaan nilai (C_i/L_{ij}) baru jika nilai (C_i/L_{ij}) hasil pengukuran lebih besar dari 1,0.

$$(C_i/L_{ij})_{\text{baru}} = 1,0 + P \cdot \log(C_i/L_{ij})_{\text{hasil pengukuran}}$$

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



UDARA

Dalam **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara** terdapat baku mutu yang mengatur ukuran batasan suatu zat atau komponen yang seharusnya berada di udara ambien. Hal ini dilakukan guna mengurangi pencemaran lingkungan. Adapun beberapa parameter pencemaran lingkungan yang dapat mengindikasikan bahwa udara telah tercemar atau tidak sesuai peraturan di atas.

- 1) Sulfur Dioksida (SO_2), Batasan dalam kurun waktu 1 jam, 24 jam, dan 1 tahun yaitu 900 ug/Nm^3 , 365 ug/Nm^3 , dan 60 ug/Nm^3
- 2) Karbon Monoksida (CO), Batasan dalam kurun waktu 1 jam dan 24 jam sebesar 30000 ug/Nm^3 dan 10000 ug/Nm^3
- 3) Nitrogen Dioksida (NO_2), Batasan dalam kurun waktu 1 jam, 24 jam, dan 1 tahun yaitu 400 ug/Nm^3 , 150 ug/Nm^3 , dan 100 ug/Nm^3
- 4) Oksidan (O_3), Batasan dalam kurun waktu 1 jam dan 1 tahun sebesar 235 ug/Nm^3 dan 50 ug/Nm^3
- 5) Hidro Karbon, Batasan dalam kurun waktu 3 jam sebesar 160 ug/Nm^3
- 6) PM_{10} (Partikel $< 10 \text{ um}$), Batasan dalam kurun waktu 24 jam sebesar 150 ug/Nm^3
- 7) $\text{PM}_{2,5}$ (Partikel $< 2,5 \text{ um}$), Batasan dalam kurun waktu 24 jam dan 1 tahun sebesar 65 ug/Nm^3 dan 15 ug/Nm^3
- 8) Debu (TSP), Batasan dalam kurun waktu 24 jam dan 1 tahun sebesar 230 ug/Nm^3 dan 90 ug/Nm^3
- 9) Timah Hitam (Pb), Batasan dalam kurun waktu 24 jam dan 1 tahun sebesar 2 ug/Nm^3 dan 1 ug/Nm^3
- 10) *Dustfall* (Debu Jatuh), Batasan dalam kurun waktu 30 hari sebesar $10 \text{ Ton/km}^2/\text{Bulan}$ untuk pemukiman dan $20 \text{ Ton/km}^2/\text{Bulan}$ untuk industri
- 11) Fluor Indeks, Batasan dalam kurun waktu 30 hari sebesar 40 ug/100 cm^2 dari kertas *limed filter*
- 12) Klorin dan Klorin Dioksida, Batasan dalam kurun waktu 24 jam sebesar 150 ug/Nm^3
- 13) Sulphate indeks, Batasan dalam kurun waktu 30 hari sebesar $1 \text{ mg SO}_3/100 \text{ cm}^3$ dari Lead Peroksida

03.

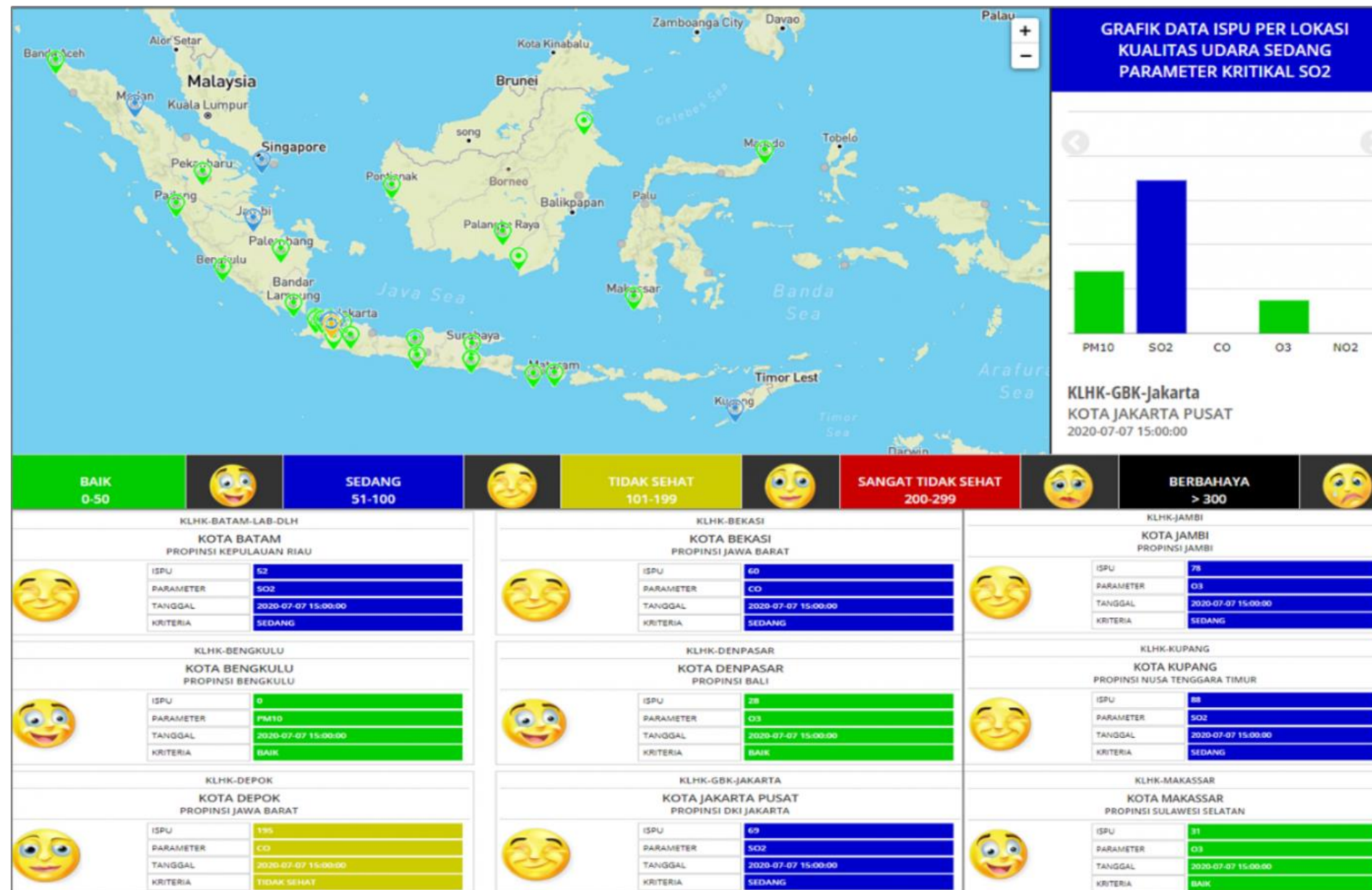
Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



UDARA

INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)



<https://www.iqair.com/>

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



UDARA

INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berkomitmen untuk memberikan informasi mutu udara yang tepat dan akurat kepada masyarakat dalam rangka upaya pengendalian pencemaran udara. Hal ini dibuktikan dengan terus meningkatnya jumlah stasiun pemantauan otomatis kontinu yang dimiliki KLHK yaitu ditargetkan mencapai 38 stasiun pada tahun 2020. Agar informasi tentang mutu udara mudah dipahami oleh masyarakat, hasil pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis kontinu disampaikan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).

ISPU merupakan angka tanpa satuan, digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia, nilai estetika dan makhluk hidup lainnya. Khusus untuk daerah rawan terdampak kebakaran hutan dan lahan, informasi ini dapat digunakan sebagai early warning system atau sistem peringatan dini bagi masyarakat sekitar. Tujuan disusunnya ISPU agar memberikan kemudahan dari keseragaman informasi mutu udara ambien kepada masyarakat di lokasi dan waktu tertentu serta sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan upaya-upaya pengendalian pencemaran udara baik bagi pemerintah pusat maupun pemerintah daerah.

Pada tahun 2020, KLHK telah mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara yang merupakan pengganti dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara. Pada peraturan pengganti ini, tercantum bahwa perhitungan ISPU dilakukan pada 7 (tujuh) parameter yakni PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂, CO, O₃, dan HC. Terdapat penambahan 2 (dua) parameter yakni HC dan PM_{2.5} dari peraturan sebelumnya. Penambahan parameter tersebut didasari pada besarnya resiko HC dan PM_{2.5} terhadap kesehatan manusia.

Selain penambahan parameter, terdapat peningkatan frekuensi penyampaian informasi ISPU kepada publik. Hasil perhitungan ISPU parameter PM_{2.5} disampaikan kepada publik tiap jam selama 24 jam. Sedangkan hasil perhitungan ISPU parameter PM₁₀, NO₂, SO₂, CO, O₃, dan HC disampaikan kepada publik paling sedikit 2 (dua) kali dalam 1 (satu) hari pada pukul 09.00 dan 15.00. Tabel konversi nilai konsentrasi parameter ISPU dan cara perhitungan sebagai berikut:

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



UDARA

INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)

Tabel 1. Konversi Nilai Konsentrasi

ISPU	24 Jam PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24 Jam HC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0 - 50	50	15,5	52	4000	120	80	45
51 - 100	150	55,4	180	8000	235	200	100
101 - 200	350	150,4	400	15000	400	1130	215
201 - 300	420	250,4	800	30000	800	2260	432
>300	500	500	1200	45000	1000	3000	648

Keterangan:

- Data pengukuran selama 24 jam secara terus-menerus.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM2.5) disampaikan tiap jam selama 24 jam.
- Hasil perhitungan ISPU parameter partikulat (PM10), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), ozon (O₃), nitrogen dioksida (NO₂) dan hidrokarbon (HC), diambil nilai ISPU parameter tertinggi dan paling sedikit disampaikan setiap jam 09.00 dan jam 15.00.

Perhitungan ISPU dilakukan berdasarkan nilai ISPU batas atas, ISPU batas bawah, ambien batas atas, ambien batas bawah, dan konsentrasi ambien hasil pengukuran. Persamaan matematika perhitungan ISPU sebagai berikut:

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b$$

Dimana,

I = ISPU terhitung

I_a = ISPU batas atas

I_b = ISPU batas bawah

X_a = Konsentrasi ambien batas atas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_b = Konsentrasi ambien batas bawah ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

X_x = Konsentrasi ambien nyata hasil pengukuran ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



UDARA

INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU)

Tabel 2. Kategori Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Rentang	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.
101-200	Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.

Sebagai informasi terkait parameter PM_{2,5} yang merupakan parameter pencemar udara paling berpengaruh terhadap kesehatan manusia, baku mutu tahunan Indonesia dan beberapa negara lain dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 4. Perbandingan baku mutu PM_{2,5} di beberapa negara

No	Negara	Baku Mutu ³ µg/m
-	WHO Guideline	10
1	Australia	8
2	Singapura, Amerika Serikat (primary)	12
3	Indonesia, Korea Selatan, Bangladesh, China Grade I, Jepang, Pakistan, Amerika Serikat (secondary)	15
4	Mongolia, Filipina, Sri Lanka, Thailand, Vietnam	25
5	China Grad II, Malaysia	35
6	India	40

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

Berdasarkan Petunjuk Teknis Edisi 2 yang diterbitkan oleh Balai Penelitian Tanah Tahun 2009 untuk parameter kimia tanah terdiri dari kadar air kering mutlak, pH tanah, Kemasaman dapat ditukar, tekstur 3 fraksi, Kandungan P dan K, karbon organik, nitrogen, susunan kation, dan kapasitas tukar kation.

Sedangkan untuk parameter biologi berdasarkan Buku Metode Analisis Biologi Tanah Tahun 2007 yang diterbitkan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian yaitu kandungan mikroba tanah dan parameter fisik berdasarkan buku yang berjudul Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya Tahun 2006 yang diterbitkan oleh Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian terdiri dari berat volume tanah, berat jenis partikel tanah, tekstur tanah, potensi air tanah, kadar air tanah, kadar air optimum untuk pengolahan tanah, retensi air tanah, konduktivitas hidrolis dalam keadaan jenuh, konduktivitas hidrolis tanah tidak jenuh, dan suhu.

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

Untuk mengetahui tanah maka harus diketahui sifat-sifat dari tanah, sifat tanah dapat dibagi menjadi tiga bagian besar yaitu **sifat fisik tanah**, **sifat kimia tanah** dan **sifat biologi tanah**.

FISIK

Kualitas tanah dapat dilihat secara sifat fisik dari tanah. Sifat fisik tanah merupakan sifat tanah yang dilihat dari tekstur, struktur, konsistensi tanah, warna tanah, temperatur tanah. Untuk menetapkan tekstur tanah dapat dilakukan secara kualitatif dengan melihat langsung 3 lapangan dan secara kuantitatif dengan melakukan pemeriksaan di laboratorium. Sifat fisik tanah dapat dilihat dari

- Tekstur Tanah
- Struktur Tanah
- Konsistensi Tanah
- Warna Tanah
- Suhu Suhu

KIMIA

Sifat Kimia tanah menggambarkan karakteristik bahan kimia tanah dalam lingkungannya yang sangat penting untuk memprediksi fungsi tanah dari sudut pandang kelarutan dan ketersediaan unsur dalam tanah. Sifat kimia tanah dapat dilihat dari:

- Derajat Keasaman (pH)
- C-Organik
- Fosfor (P)
- Kalium (K)
- Natrium (Na)
- N-Total
- Kalsium (Ca)
- Magnesium (Mg)
- Kapasitas Tukar Kation (KTK)
- Kejenuhan Basa

BIOLOGI

Tanah yang sehat akan banyak mikroorganisme yang beraktifitas dan hidup didalam tanah, namun bila tanah tidak sehat maka banyak mikroorganisme yang mati. Biologi tanah merupakan studi tentang biota (organisme) yang hidup dan beraktivitas di dalam tanah, yang melalui aktivitas metabolisme, peranannya dalam aliran energi dan siklus hara berkaitan erat dengan produksi bahan organik primer (tanaman). Sifat biologi tanah dapat dilihat dari :

- Total Mikroorganisme Tanah
- Jumlah Fungi Tanah
- Jumlah Bakteri Pelarut Fosfat
- Cacing Tanah

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

INDEKS STANDAR PENGUKURAN TANAH

Kadar Lengas Tanah	Kadar Berat Jenis Tanah	Pengukuran N-Total Tanah	Pengukuran C-Organik
Rumus: $\text{Kadar Lengas (\%)} = \frac{(b - c)}{(c - a)} \times 100\%$	$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat total}}{\text{Volume tanah}} \times 100$ $= \frac{c - a}{d} \times 100$	$\% \text{ Kadar N} = \frac{(ts - tb) \times \text{Normalitas H}_2\text{SO}_4 \times \text{Ar N}}{\text{massa sampel}} \times 100\%$	Rumus C-Organik : $\text{Kadar Bahan Organik} = (C) \frac{100}{58} \%$ Dengan : $(C) = \frac{(B - A) \times \text{NFeSO}_4 \times 3}{A \times \frac{100}{100 + \text{KL}}} \times 10 \times \frac{100}{77} \times 100\%$
Keterangan: <i>a</i> = Berat botol kosong konstan <i>b</i> = Berat botol + sampel <i>c</i> = Berat botol + sampel setelah dioven (berat konstan)	Keterangan: Mencari nilai <i>d</i> : $d = \pi r^2 t$	Keterangan: <i>ts</i> : volume titrasi sampel <i>tb</i> : volume titrasi blangko <i>fk</i> : faktor koreksi kadar air	Keterangan: <i>B</i> : Volume titran blanko <i>A</i> : Volume titran sampel <i>KL</i> : Kadar lengas tanah diameter 0,5 mm <i>3</i> : Berasal dari 1 ml $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \sim 3 \text{ mg C}$

03.

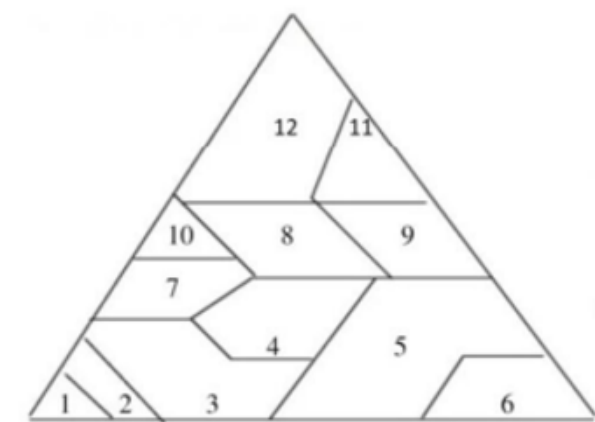
Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

INDEKS STANDAR PENGUKURAN TANAH

Pengukuran pH Tanah	Tekstur Tanah												
Keterangan: Merah – Berubah biru : Asam Berubah biru – Merah : Basa Biru – Merah : Netral	Mengitung persentase pasir, debu dan liat dengan persamaan: $\% \text{ Pasir} : \frac{c}{a+b} \times 100\%$ $\% \text{ Debu} : \frac{(a-b)}{a+b} \times 100\%$ $\% \text{ Liat} : \frac{b}{a+b} \times 100\%$												
	Memasukkan nilai yang didapat dalam segitiga tekstur  Keterangan : <table> <tbody> <tr> <td>1 = pasir</td><td>7 = lempung liat berpasir</td></tr> <tr> <td>2 = pasir berlempung</td><td>8 = lempung berliat</td></tr> <tr> <td>3 = lempung berpasir</td><td>9 = lempung liat berdebu</td></tr> <tr> <td>4 = lempung</td><td>10 = liat berpasir</td></tr> <tr> <td>5 = lempung berdebu</td><td>11 = liat berdebu</td></tr> <tr> <td>6 = debu</td><td>12 = liat</td></tr> </tbody> </table>	1 = pasir	7 = lempung liat berpasir	2 = pasir berlempung	8 = lempung berliat	3 = lempung berpasir	9 = lempung liat berdebu	4 = lempung	10 = liat berpasir	5 = lempung berdebu	11 = liat berdebu	6 = debu	12 = liat
1 = pasir	7 = lempung liat berpasir												
2 = pasir berlempung	8 = lempung berliat												
3 = lempung berpasir	9 = lempung liat berdebu												
4 = lempung	10 = liat berpasir												
5 = lempung berdebu	11 = liat berdebu												
6 = debu	12 = liat												
	Menghitung berat debu dan liat dengan menggunakan rumus: Berat debu dan liat : $(\frac{H_1 + 0,3 (t_1 - 19,8)}{2}) - 0,5 \dots\dots\dots (a)$ Berat liat : $(\frac{H_2 + 0,3 (t_2 - 19,8)}{2}) - 0,5 \dots\dots\dots (b)$ Berat debu : berat (debu + liat) - berat liat....(a-b)												

03.

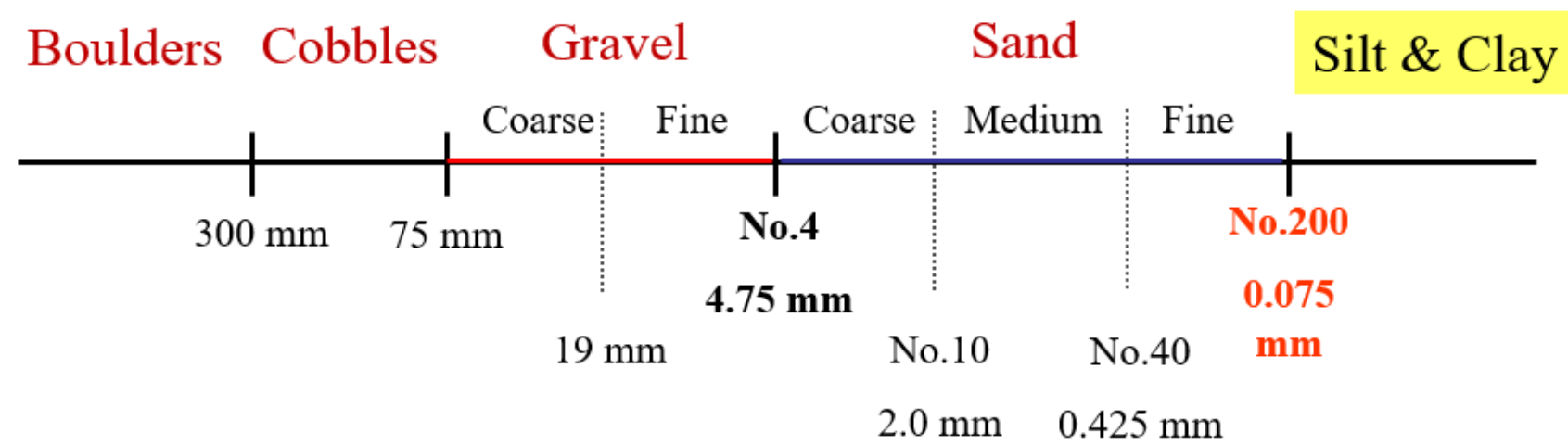
Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

INDEKS STANDAR PENGUKURAN TANAH



Gambar. Distribusi ukuran butir tanah

Ukuran efektif (*effective size*) tanah adalah 10% dari berat butiran total tanah berdiameter lebih kecil dari ukuran butiran tertentu. Ukuran efektif (*effective size*) ini disebut sebagai D_{10} . Ukuran- ukuran lainnya ditentukan dengan cara yang sama, seperti D_{30} dan D_{60} . Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*, C_u) dan koefisien gradasi (*coefficient of gradation*, C_c) didefinisikan oleh persamaan sebagai berikut:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$$

- Suatu tanah disebut tanah bergradasi baik jika distribusi ukuran butirnya memiliki jangkauan yang luas. Dalam hal ini, nilai Koefisien Keseragaman (*uniformity coefficient*, C_u) adalah besar. Secara umum, suatu tanah disebut bergradasi baik jika $C_u > 4$ untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir, sedangkan koefisien gradasi (*coefficient of gradation*, C_c) antara 1 dan 3.
- Tanah bergradasi buruk jika sebagian besar butiran tanah berukuran sama, C_u mendekati 1. Kombinasi dari dua atau lebih fraksi tanah yang bergradasi baik, dan tanah bergradasi buruk disebut sebagai tanah gap-graded (ada gap di tengah).

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Metode perhitungan untuk air, udara, dan tanah



TANAH

Jenis tanah yang cocok untuk pertanian dan perkebunan adalah tanah yang memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Mengandung banyak unsur organik
- 2) $pH < 7$
- 3) Tidak mengeras setelah ditanami
- 4) Punya kelembaban tinggi, bahkan di musim kemarau
- 5) Tidak ada lapisan padas

Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah

Sifat Tanah	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C-organik (%)	< 1,0	2,0	3,3	0,5	> 5,0
N Total (%)	< 0,1	0,2	0,5	0,75	> 0,75

Kriteria Kesuburan Tanah

Tanah Yang Subur	Tanah yang Tidak Subur
1. Memiliki Lapisan Humus Tebal 2. Memiliki PH Yang Netral 3. Memiliki Tekstur Lempung 4. Kaya Dengan Biota Tanah 5. Dapat Ditumbuhi Berbagai Macam Tanaman	1. Sedikit Vegetasi Yang Dapat Tumbuh 2. Memiliki PH Yang Tidak Netral 3. Memiliki Biota Yang Sedikit 4. Memiliki Lapisan Humus Tipis 5. Memiliki Tekstur Keras

03.

Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Penentuan nilai ambang batas yang digunakan sebagai acuan



Penentuan nilai ambang batas yang digunakan sebagai acuan adalah langkah penting dalam metode perhitungan indeks pencemaran. Nilai ambang batas ini mencerminkan tingkat pencemaran yang dapat diterima atau batas aman yang telah ditetapkan berdasarkan regulasi atau penelitian ilmiah. Nilai-nilai ini sering diatur oleh badan pengatur lingkungan, seperti lembaga pemerintah. Misalnya, untuk pencemaran air, nilai ambang batas mungkin berhubungan dengan kadar bahan kimia tertentu yang diizinkan dalam air minum.



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

Tabel 4.2 Baku Mutu Air Kelas II

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II
Suhu	°C	Deviasi 3
pH	-	6-9
COD	mg/L	25
BOD	mg/L	3
TSS	mg/L	50
DO	mg/L	4
Fosfat	mg/L	0.2
Nitrat	mg/L	10

Sumber: PP No.82 Tahun 2001

1. Suhu

- Baku Mutu Suhu (Li) = deviasi 3
- Suhu (Ci) = 27 °C

Karena suhu merupakan parameter yang memiliki rentang maka digunakan persamaan 2.8.

$$Li \text{ (rata-rata)} = \frac{(26+32)}{2} = 29$$

$$(Ci/Li)_{baru} = \frac{C_j - L_{ij}(\text{rata-rata})}{L_{ij}(\text{minimum}) - L_{ij}(\text{rata-rata})}$$

$$= \frac{29-27}{26-29} = 0,67$$

2. TSS

- Baku Mutu TSS (Li) = 50 mg/L
 - Konsentrasi TSS (Ci) = 676 mg/L
 - $Ci/Li = 676/50 = 13,52$
- Karena nilai $Ci/Li > 1$ maka digunakan persamaan 2.10.
- $Ci/Li_{baru} = 1 + P.Log (Ci/Li)$
 $= 1 + 5.Log (13,52)$
 $= 6,65$

4. BOD₅

- Baku Mutu BOD₅ (Li) = 3 mg/L
 - Konsentrasi BOD₅ (Ci) = 14,94 mg/L
 - $Ci/Li = 14,94/3 = 4,98$
- Karena nilai $Ci/Li > 1$ maka digunakan persamaan 2.10.
- $Ci/Li = 1 + P.Log (Ci/Li)$
 $= 1 + 5.Log (4,98)$
 $= 4,49$

3. pH

- Baku Mutu pH (Li) = 6 - 9
 - pH (Ci) = 7,34
- Karena pH merupakan parameter yang memiliki rentang maka digunakan persamaan 2.8.

$$Li \text{ (rata-rata)} = \frac{(6+9)}{2} = 7,5$$

$$(Ci/Li)_{baru} = \frac{C_j - L_{ij}(\text{rata-rata})}{L_{ij}(\text{minimum}) - L_{ij}(\text{rata-rata})}$$

$$= \frac{7,34-7,5}{9-7,5} = 0,11$$

5. COD

- Baku Mutu COD(Li) = 25 mg/L
 - Konsentrasi COD (Ci) = 37,74 mg/L
 - $Ci/Li = 37,74 / 25 = 1,51$
- Karena nilai $Ci/Li > 1$ maka digunakan persamaan 2.10.
- $Ci/Li = 1 + P.Log (Ci/Li)$
 $= 1 + 5.Log (1,51)$
 $= 1,89$



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

Tabel 4.2 Baku Mutu Air Kelas II

Parameter	Satuan	Baku Mutu Kelas II
Suhu	°C	Deviasi 3
pH	-	6-9
COD	mg/L	25
BOD	mg/L	3
TSS	mg/L	50
DO	mg/L	4
Fosfat	mg/L	0.2
Nitrat	mg/L	10

Sumber: PP No.82 Tahun 2001

6. DO

- Baku Mutu DO (Li) = 4 mg/L
- Konsentrasi DO (Ci) = 5,50 mg/L
- DO Saturasi (27 °C) = 7,97 mg/L

Karena DO merupakan parameter yang jika nilai parameter turun menunjukkan tingkat pencemaran meningkat, maka digunakan persamaan 2.7.

$$C_2 \text{ baru} = \frac{C_{im} - C_i(\text{hasil pengukuran})}{C_{im} - L_{ij}} = \frac{7,97 - 5,50}{7,97 - 4} = 0,62$$

$$(C_i / L_{ij})_{\text{baru}} = 0,62 / 4 = 0,16$$

7. PO_4^{3-}

- Baku Mutu PO_4^{3-} (Li) = 0,2 mg/L
- Konsentrasi PO_4^{3-} (Ci) = 0,07 mg/L
- Ci/Li = 0,07/0,2 = 0,34

8. NO_3^-

- Baku Mutu NO_3^- (Li) = 10 mg/L
- Konsentrasi NO_3^- (Ci) = 0,12 mg/L
- Ci/Li = 0,12/10 = 0,012

Setelah seluruh nilai Ci/Li diketahui selanjutnya dihitung nilai Indeks Pencemar (IP) menggunakan persamaan 2.6.

$$C_i/L_i \text{ rata-rata} = 1,79$$

$$C_i/L_i \text{ maksimum} = 6,65$$

$$PI_j$$

$$= \sqrt{\frac{(6,65)^2 + (1,79)^2}{2}} = 4,87 \text{ (Tercemar Ringan)}$$



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

Perhitungan ISPU parameter

Misalnya kita ingin menghitung Indeks Standar Pencemar Udara hanya PM₁₀ saja. Andaikan saja nilai PM₁₀ dalam 24 jam terakhir pada pukul 09.00 adalah sebesar **180 ug/m³**.

Maka **X_x** = 180 ug/m³

Adapun **I_a**, **I_b**, **X_a**, **X_b** dapat dilihat pada Tabel 2 di atas pada kolom **ISPU** dan **PM₁₀**, sebagaimana tersaji berikut.

ISPU	24 Jam partikulat (PM ₁₀) ug/m ³
0 - 50	50
51 - 100 → I_b	150 → X_b
101 - 200 → I_a	350 → X_a
201 - 300	420
>300	500

X_x = 180 ug/m³

Nilai **X_x** = 180 ug/m³ berada di antara **150** dan **350**.

Maka **X_b** = 150 dan **X_a** = 350.

Selanjutnya **I_b** = 100 karena merupakan ISPU batas bawahnya dan **I_a** = 200 sebagai ISPU batas atas. Maka perhitungan menjadi:

$$I = \frac{200-100}{350-150} (180-150) + 100$$

$$I = \frac{100}{200} (130)$$

$$I = 65$$

Nilai **I** = 65 berada dalam rentang 50-100, artinya PM₁₀ dengan nilai **180 ug/m³** merupakan ISPU dalam **skala sedang**.



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

Berikut ini adalah hasil uji saringan pada sampel tanah dengan berat total (W) adalah 87,3 gram.

- Tentukan prosentase butiran yang lolos untuk masing-masing nomor saringan!
- Tentukan D10, D30 dan D60 dari kurva distribusi ukuran butiran!
- Hitung koefisien keseragaman (*uniformity coefficient* C_u)
- Hitung koefisien gradasi (*coefficient of gradation*, C_g)

a. Hitungan persen butiran lolos untuk penggambaran kurva distribusi dapat dibuat seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

Sieve No.	Opening (mm)	Mass retained (gr)
3/8	9,520	$d_1 = 0,00$
4	4,750	$d_2 = 2,33$
10	2,000	$d_3 = 2,59$
20	0,850	$d_4 = 2,92$
40	0,425	$d_5 = 23,24$
60	0,250	$d_6 = 33,10$
140	0,106	$d_7 = 14,36$
200	0,074	$d_8 = 0,85$
		$\cdot d = 79,39$
		$=$

Sieve No.	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passing (gr)	% finer by mass $e/W \times 100\%$
3/8	9,520	$d_1 = 0,00$	$e_1 = 87,30$	100,00
4	4,750	$d_2 = 2,33$	$e_2 = 84,97$	97,33
10	2,000	$d_3 = 2,59$	$e_3 = 82,38$	94,36
20	0,850	$d_4 = 2,92$	$e_4 = 79,46$	91,02
40	0,425	$d_5 = 23,24$	$e_5 = 56,22$	64,40
60	0,250	$d_6 = 33,10$	$e_6 = 23,12$	26,48
140	0,106	$d_7 = 14,36$	$e_7 = 8,76$	10,03
200	0,074	$d_8 = 0,85$	$e_8 = 7,91$	9,06
		$\cdot d = 79,39$		



Metode Perhitungan Indeks Pencemaran

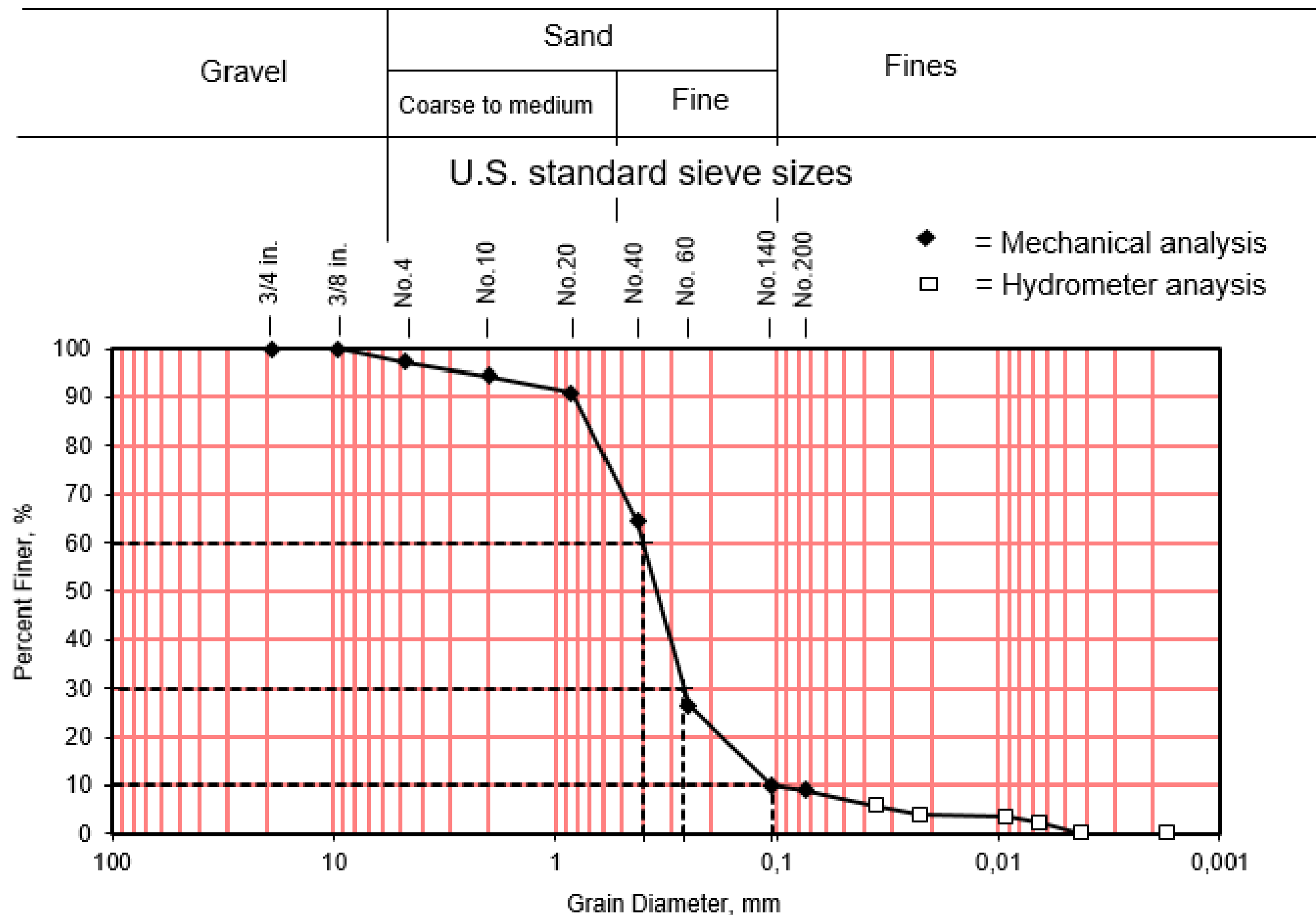
Contoh perhitungan indeks pencemaran dengan kasus-kasus nyata

b. Kurva distribusi ukuran butir ditunjukkan pada gambar berikut:

Berdasarkan kurva di samping dapat diketahui nilai $D_{10} = 0,11$; $D_{30} = 0,26$ dan $D_{60} = 0,4$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0,40}{0,11} = 3,64$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{0,26^2}{0,4 \cdot 0,11} = 1,54$$



Aplikasi Indeks Pencemaran dalam Penelitian dan Pengelolaan Lingkungan

04.



Studi kasus penggunaan indeks pencemaran dalam penelitian lingkungan

Contoh Studi Kasus: Sebuah penelitian lingkungan yang menggunakan indeks pencemaran mungkin berfokus pada pemantauan kualitas air sungai di daerah yang terkena dampak dari kegiatan pertambangan. Dalam studi ini, parameter-parameter biologis, seperti komposisi spesies ikan, kelimpahan makroinvertebrata air, atau kualitas air secara fisik dan kimia, dapat diukur sebelum dan setelah paparan limbah tambang.

Penerapan: Dalam penelitian ini, indeks pencemaran biologi digunakan untuk menilai dampak pencemaran limbah tambang terhadap ekosistem sungai. Dengan membandingkan nilai indeks sebelum dan sesudah paparan, peneliti dapat mengidentifikasi perubahan yang terjadi dan mengukur tingkat pencemaran. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menginformasikan pengambilan kebijakan lingkungan.



Aplikasi Indeks Pencemaran dalam Penelitian dan Pengelolaan Lingkungan

Penggunaan indeks pencemaran dalam pengambilan kebijakan lingkungan

04.



Contoh Kebijakan: Sebuah pemerintah daerah ingin mengembangkan kebijakan untuk melindungi kualitas air dan lingkungan sungai-sungai di wilayahnya. Mereka dapat menggunakan indeks pencemaran air untuk mengidentifikasi lokasi yang tercemar dan mengukur tingkat pencemaran di berbagai sungai.

Penerapan: Dengan bantuan indeks pencemaran, pemerintah dapat mengidentifikasi sungai-sungai yang mengalami pencemaran berat. Mereka kemudian dapat mengarahkan upaya perlindungan dan pemulihan kualitas air ke area-area ini. Selain itu, mereka dapat menggunakan hasil pengukuran untuk memperketat regulasi terkait dengan pembuangan limbah industri ke sungai-sungai tersebut.



Aplikasi Indeks Pencemaran dalam Penelitian dan Pengelolaan Lingkungan

Hubungan antara indeks pencemaran dan kualitas lingkungan

Hubungan: Indeks pencemaran biologi memberikan informasi tentang tingkat pencemaran lingkungan dengan mengukur dampak pada organisme hidup dan ekosistem. Semakin tinggi nilai indeks pencemaran, semakin buruk kualitas lingkungan dan semakin besar dampak pencemaran.

Penerapan: Hubungan ini membantu pemangku kepentingan, seperti pemerintah, ilmuwan lingkungan, dan masyarakat, untuk memahami sejauh mana lingkungan telah terkena dampak pencemaran. Ini juga memberikan dasar untuk mengambil tindakan yang sesuai untuk mengurangi pencemaran dan memulihkan kualitas lingkungan.

04.





TERIMA KASIH

