

Sumber, Jenis dan Bahan Toksik

putu.delis@fp.unila.ac.id

Apakah yang disebut Racun ?

- Racun dapat didefinisikan sebagai suatu bahan yang mampu menghasilkan suatu respon yang merugikan pada suatu sistem biologis atau sesuatu yang dapat merusak kehidupan serta terjadinya kerusakan yang serius dalam tubuh organisme.
- Ekotoksikologi terdiri dari kata eko (oikos) yang bermakna rumah atau tempat hidup; toksik (toxic) artinya racun; dan logi (logos) berarti ilmu.
- Ekotoksikologi adalah suatu ilmu tentang hubungan antara bahan-bahan racun dan organisme yang hidup dalam suatu lingkungan
- Ekotoksikologi Perairan adalah suatu ilmu tentang hubungan antara bahan-bahan racun dengan organisme yang hidup dalam suatu lingkungan perairan.

Klasifikasi Polutan

- Berdasarkan senyawanya polutan dibedakan menjadi 3, yakni polutan fisik, kimia, dan biologis
- Polutan fisik merupakan polutan yang dalam bentuk fisiknya dapat mencemari lingkungan seperti pecahan kaca, sampah plastik, botol, karet ban, besi tua, dan lainnya.
- Polutan kimiawi merupakan polutan berbentuk senyawa kimia baik senyawa sintetis maupun senyawa alami, yang dalam konsentrasi tertentu menimbulkan pencemaran, seperti gas karbon monoksida, logam timbal, pestisida, logam merkuri, gas karbondioksida, dan lainnya.
- Polutan biologis merupakan polutan berbentuk makhluk hidup yang menimbulkan pencemaran seperti mikroorganisme bakteri, misalnya *E. coli*, *Entamoeba*, dan lainnya (Ramade, 1979).

Tiga Elemen Toksikologi

1. Merupakan suatu bahan kimia atau berupa organ fisik yang mampu menghasilkan suatu respon
2. Merupakan suatu sistem biologi yang mampu melakukan suatu interaksi dan menghasilkan suatu respon terutama bila bergabung dengan suatu bahan
3. Respon yang ditimbulkan harus mampu merusak/meracuni sistem biologis.

Ada interaksi antara agen dan sistem biologi tersebut.

Jalan Masuk Toksikan

1. Melalui mulut/alat pencernaan dengan jalan termakan atau terminum.
2. Melalui kulit dengan jalan kontak/bersentuhan, tertumpah ke kulit, tusukan /gigitan binatang berbisa, melalui suntikan. Bahan kimia yang dapat diabsorpsi oleh kulit selain dapat menimbulkan kerusakan-kerusakan setempat pada kulit dapat menyebabkan keracunan sistemik yaitu kerusakan bagian tubuh dalam.
3. Melalui pernapasan melalui jalan aspirasi (pengisapan). Absorpsi bahan kimia melalui pernapasan sebagian bahan kimia diabsorpsi oleh selaput lendir bagian atas alat pernapasan dan sebagian lagi menembus organ pernapasan utama.

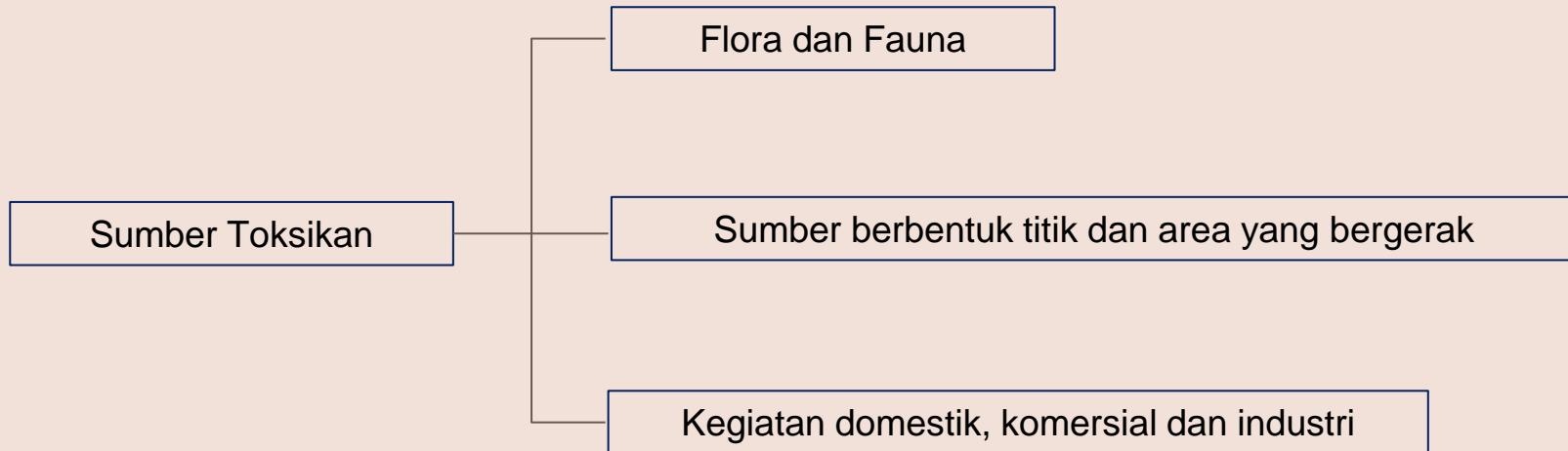
Absorpsi melalui kulit dan pernapasan langsung memasuki sirkulasi darah dan diedarkan ke seluruh jaringan tubuh sebelum tanpa melalui hati, absorpsi melalui mulut akan melalui hati dahulu sebelum diedarkan ke sirkulasi darah. Hati merupakan organ penting untuk menghilangkan (detoksifikasi) berbagai macam racun yang masuk ke dalam tubuh melalui alat pencernaan.

Klasifikasi Racun (Bahan Toksik)

Bahan toksis dapat diklasifikasikan berdasarkan :

- **Sumber**, alam dan buatan/sintesis
- **Sifat fisik**, gas, cair, dan debu
- **Penggunaan**, pestisida, pelarut, food additive
- **Efek yang ditimbulkan**, kematian, penyakit kankker, mutasi

Klasifikasi berdasarkan sumber



Sumber Racun Fauna

- Sumber racun fauna dapat bersumber dari ular, laba-laba, serta hewan laut yang terkenal sebagai sumber racun.
 - Pada ikan ditemukan tetrodotoxin (ditemukan di hati dan gonad ikan), ciguatera toxin (dihasilkan oleh dinoflagellata dan ikan yang terkontaminasi), serta bahan-bahan toksin lainnya.
 - Ada 2 jenis daya toksik dari racun hewan :
1. **Neurotoxic** yaitu bersifat racun terhadap saraf, yaitu racun yang merusak dan melumpuhkan jaringan sel saraf sekitar luka gigitan/tusukan yang menyebabkan jaringan sel saraf mati dengan tanda-tanda kulit sekitar luka tampak kebiruan dan hitam (nekrosis), penyebaran dan peracunan selanjutnya mempengaruhi susunan saraf pusat dengan jalan melumpuhkan susunan saraf pusat seperti saraf pernapasan dan jantung.

Sumber Racun Fauna (lanjutan)

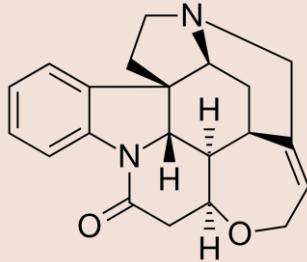
- Ada 2 jenis daya toksik dari racun hewan :

2. Hemotoxic: bersifat racun terhadap darah yaitu racun yang menyerang dan merusak (menghancurkan) sel-sel darah merah dengan jalan menghancurkan stroma lecethine (dinding sel darah merah) sehingga sel darah merah menjadi hancur dan larut (hemolysine) dan keluar menembus pembuluh-pembuluh darah mengakibatkan timbulnya pendarahan pada selaput tipis (lendir) pada mulut, hidung, tenggorokan dll. Daya kerja racun pelarut darah ini hampir sama dengan toksik bahan kimia ASH3 (Arsenicum). Dapat menyerang sistem sirkulasi darah dan sistem otot dan dapat menyebabkan kerusakan jaringan, gangrene, kelumpuhan permanen kemampuan bergerak otot.

Sumber Racun Flora

- Di antara tanaman tingkat tinggi, terdapat sejumlah spesies yang mengandung bahan racun. Beberapa diantaranya dikenal dan bermanfaat sebagai bahan obat-obatan.
- Hal yang paling terkenal yaitu opium dan morphin, cocaine, atropine, glikosida cardiac, quinine, dan lainnya.
- Banyak diketahui jenis-jenis bahan toksik yang diekstrak dari tanaman-tanaman:

➤ Strychine, *Strychnos mix-romica* : sebuah alkaloid kristaline, pahit, tak berwarna dan beracun yang dipakai sebagai pestisida, terutama untuk membunuh vertebrata-vertebrata kecil seperti burung dan hewan penggerat. Sumber paling umumnya adalah berasal dari biji-bijian pohon *Strychnos nux-vomica*.



Sumber Racun Flora

- Caffeine (*Coffea arabica*) banyak dimanfaatkan sebagai bahan therapeutic dalam industri minuman, tetapi sebagian merupakan bahan racun dan digunakan sebagai bahan pembuat pestisida.
- Contoh lainnya, yaitu tembakau, marijuana (*Cannabis sativa*), mescaline, kaktus peyote, hermine, singkong, dan lainnya. Tanaman tingkat tinggi mengandung sejumlah bahan-bahan yang dimanfaatkan sebagai obat-obatan dalam bidang pertanian maupun peternakan.
- Tanaman tingkat rendah juga merupakan sumber dari bahan-bahan toksik. Toksisitas selektif dari bahan-bahan ini dapat digunakan sebagai agen antibiotik dalam bidang kedokteran. *Penicillin*, beberapa jenis fungi yang mengandung komponen aktif alkaloid.

Klasifikasi Berdasarkan Sifat Fisik

- Klasifikasi atas dasar sifat fisik sangat bermanfaat dalam memahami efek yang mungkin terjadi serta pengendaliannya. Bentuk toksikan dapat bersifat :
- Padat, (debu & kabut) walaupun kecil kemungkinan untuk menyebabkan keracunan. Dapat masuk ke mulut melalui makanan, dapat terhirup maupun terabsorpsi melalui kulit jika berubah bentuk. Beberapa proses industri memungkinkan zat padat berubah menjadi debu, gas maupun uap dan akhirnya menjadi cair. Misalnya: debu kayu, asap dan uap las, pembakaran polyurethane (bahan plastik).
- Liquid (Cair& larutan), banyak ditemukan dalam proses dan produk industri, misal: asam dan solvent. Banyak dari cairan kimia juga mengeluarkan uap yang sangat toksik jika terhirup. Cairan ini juga terabsorpsi ke dalam sistem peredaran darah melalui kulit.

Klasifikasi Berdasarkan Sifat Fisik

- Gas & Uap, Gas dapat berasal dari perubahan bentuk zat padat maupun cair dalam kondisi panas. Gas dapat terdeteksi dari bau dan warna, tetapi ada beberapa gas yang tidak bisa terdeteksi dengan bau dan warna, contoh gas CO. Gas mudah terhirup dan efeknya sering dirasakan ketika kondisi tubuh lemah. Gas juga dapat bersifat flammable atau explosive. Uap,bisa berasal dari bentuk alamiah zat tersebut dalam temperatur normal maupun uap dari zat cair. Selain dapat bersifat iritatif bagi kulit, mata dan saluran pernafasan, uap juga dapat bersifat flammable atau mudah terbakar dan explosive atau mudah meledak.

Klasifikasi Penggunaan : Pestisida

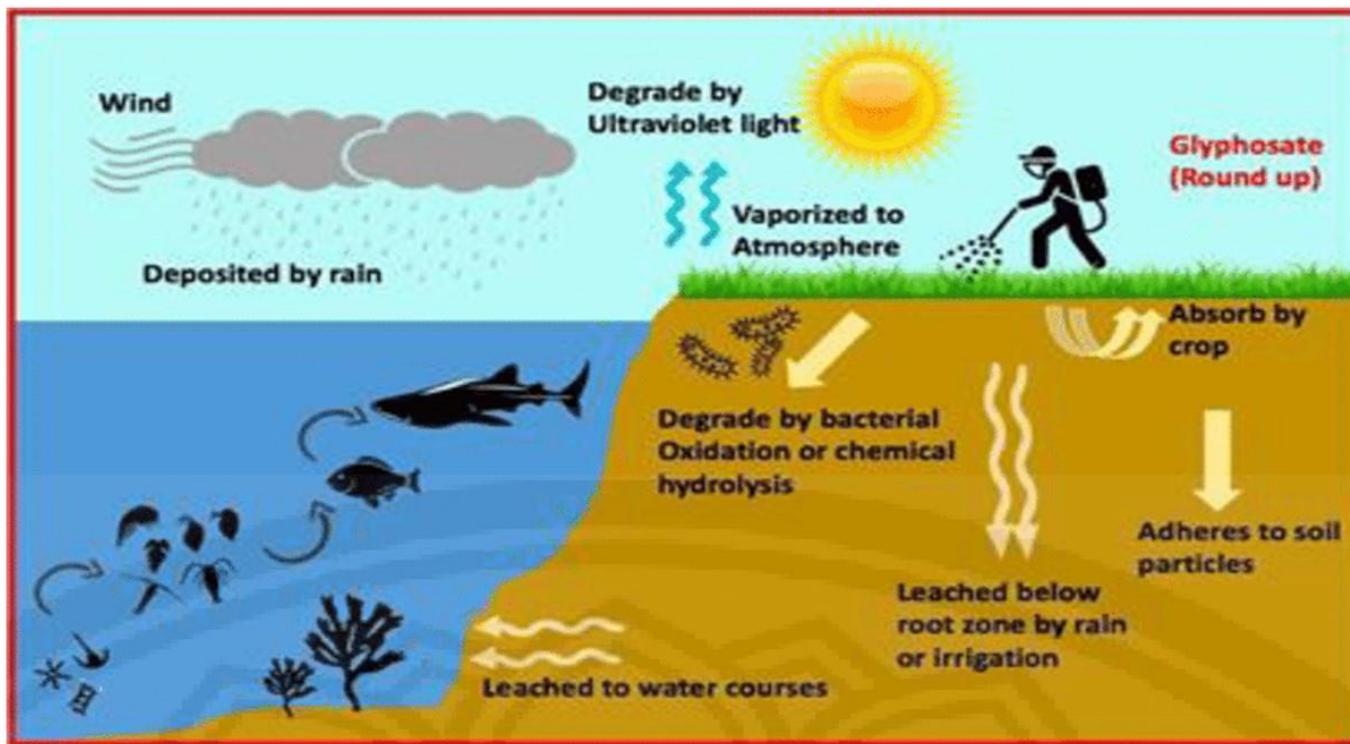
- Tidak semua pestisida mengenai sasaran. Kurang lebih hanya 20 persen pestisida mengenai sasaran sedangkan 80 persen lainnya jatuh ke tanah/perairan.
- Akumulasi residu pestisida tersebut mengakibatkan pencemaran lahan pertanian/perairan. Apabila masuk ke dalam rantai makanan, sifat beracun bahan pestisida dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker, mutasi, bayi lahir cacat.
- Setiap hari ribuan petani dan para pekerja dipertanian diracuni oleh pestisida dan setiap tahun diperkirakan jutaan orang yang terlibat dipertanian menderita keracunan akibat penggunaan pestisida.

Klasifikasi Penggunaan : Pestisida

- Petani dan pekerja di pertanian lainnya terkontaminasi (terpapar) pestisida pada proses mencampur dan menyemprotkan pestisida. Di samping itu masyarakat sekitar lokasi pertanian sangat beresiko terkontaminasi pestisida melalui udara, tanah dan air yang ikut tercemar, bahkan konsumen melalui produk pertanian yang menggunakan pestisida juga beresiko terkontaminasi pestisida.
- Pestisida yang paling banyak menyebabkan kerusakan lingkungan dan mengancam kesehatan manusia adalah pestisida sintetik, yaitu golongan organoklorin, peka terhadap sinar matahari dan tidak mudah terurai.

Kelompok	Pengertian	Contoh /senyawa
Insektisida	Pembunuh serangga	Paration, diklorfos, diazinon, malation,..
Herbisida	Pembunuh gulma (tanaman pengganggu)	Klorofenoksi, klorakne, parakuat,...
Fungisida	Pembunuh jamur	Dimetiltiokarbamat, ftamilida, pentaklorofenol,..
Rodentisida	Pembunuh hewan penggerat	Warfarin, tiourea, striknin,..
Fumigan	Bentuk gas, cairan mudah menguap,	Akrinonitril, kloropikrin, etilendibromida, ..

Pergerakan Pestisida



Klasifikasi Penggunaan : Pelarut

- Pelarut organik adalah bahan kimia yang berbentuk cair pada suhu kamar, berfungsi sebagai pelarut bahan kimia lainnya. Pelarut organik sangat beragam dengan struktur kimia yang bermacam-macam: golongan hidrokarbon aromatik (benzena, toluena, xylena, dll), hidrokarbon alifatik, aldehida, alkohol, eter, keton, glikol, hidrokarbon terhalogenisasi, dan lain-lain. Kesamaannya adalah kemampuannya melarutkan dan mendispersikan lemak, minyak, cat.
- Penggunaan Pelarut organik di bidang industri bermacam-macam, contohnya benzena, toluena, xylena di gunakan sebagai lem, pelarut, cat, dan lain-lain. Penggunaan toluena sebagai sebagai pelarut cat, thinner, tinta, lem, bahan tambahan produk kosmetik, industri pestisida, crude petroleum, disinfektan, industri plastik, dan serat sintetik.

Klasifikasi Penggunaan : Pelarut

- Jalan masuk ke dalam tubuh dapat melalui tiga mekanisme, yaitu inhalasi (terhirup), ingesti (tertelan), dan kontak langsung melalui kulit.
- Pelarut organik seperti benzena, toluena, xylena mudah menguap. Pelarut organik ini berbahaya bagi kesehatan karena dapat menyebabkan : Iritasi hidung, tenggorokan, dan saluran napas, Iritasi dan inflamasi pada paru, gangguan susunan saraf pusat, gangguan susunan saraf tepi, gangguan neurologis: gangguan pendengaran contohnya toluena, gangguan sistem reproduksi,
- Beberapa bersifat karsinogenik contohnya benzena, gangguan organ seperti ginjal, hati, iritasi mata, iritasi kulit. Studi epidemiologi terhadap para pekerja yang terpajan benzena dalam periode waktu yang lama menunjukkan bertambahnya pekerja yang menderita kanker, seperti kanker darah (leukemia)

Klasifikasi Penggunaan : Logam Berat

Sumber Pencemaran Logam Berat : Kegiatan manusia yg merupakan sumber utama pemasukkan logam ke dalam lingkungan perairan meliputi :

1. Kegiatan Pertambangan
2. Cairan Limbah Rumah Tangga
3. Limbah buangan Industri (penyamakan kulit, kertas, bahan kimia, dll.)

Logam berat juga dapat bersumber dari aktifitas vulkanik dan pelapukan batuan.

Beberapa dampak Keracunan logam berat :

- 1) Bereaksinya kation logam berat dengan fraksi tertentu pada mukosa insang sehingga insang terselaputi oleh gumpalan lendir-logam berat dan hal tersebut dapat mengakibatkan organisme air mati lemas;
- 2) Keracunan fisiologik karena logam berat berikatan dengan enzim yang berperanan penting dalam metabolisme;

Klasifikasi Penggunaan : Logam Berat

- 3) Merkuri (Hg) dan timbal (Pb) dapat berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH) dalam protein sehingga akan mengubah bagian-bagian katalitik suatu enzim;
- 4) Merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) dapat menghambat pembentukan ATP dalam mitokondria serta dapat berikatan dengan membransel sehingga mengganggu proses transpor ion antar sel
- 5) Seng (Zn) dapat menghambat kerja sistem sitokrom dalam mitokondria karena terganggunya transpor elektron antar sitokrom-b dan sitokrom-c;
- 6) Timbal (Pb) dan kadmium (Cd) dapat menggantikan kedudukan Ca dalam tulang sehingga menyebabkan terjadinya kerapuhan tulang:
- 7) Timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan krom (Cr) dapat terakumulasi dalam hati (hepar) dan ginjal (ren) sehingga dapat menyebabkan kerusakan dan gangguan fungsi kedua organ tersebut,
- 8) Merkuri (Hg), timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dapat mengakibatkan kerusakanotak dan sistem saraf tepi.

Karakteristik dari Pemaparan

- Pengukuran toksitas terdiri dari beberapa cara dan lima hal penting yang perlu diketahui, yaitu :
 1. Karakteristik serta kondisi dari suatu pemaparan
 2. Waktu serta frekuensi dari pemaparan
 3. Rute yang ditempuh bila terjadi suatu pemaparan
 4. Dosis yang ditetapkan
 5. Bentuk fisik dari bahan-bahan kimia yang digunakan

Target Organ dari Bahan Kimia

- Neurotoksik (meracuni syaraf) : Asetaldehid, Styrene, Benzene, Kloroform, Karbon disulfida, Etil alkohol, Toluken, Tetrakloretan, Trikloretan, Timah hitam, Aseton, Akrilamid, Karbon tetraklorida, Arsen, Etilen oksida, Merkuri, Xylene.
- Hepatotoksik (meracuni liver/hati): Karbon tetraklorida, Aflatoksin, Dimetil nitrosamin, Vinilklorida, Etil alkohol, Arsen, Trinitro toluen, Toluken diamin, Antimon, Fosfor (kuning), Nitrobenzen, Trikloretilen, Tetrakloretilen, Trikloretan, Selenium.
- Nefrotoksik (meracuni ginjal): Arsen, Karbon tetra klorida, Anilin, Etilen glikol, Organo klorin, Fosfor (kuning), Kadmium, Toluken, Merkuri, Metanol, Paraquat, Timah Hitam, Kloroform, Fenol.
- Hematotoksik (meracuni darah): Anilin, Nitrogen trifluorida, Toluidin, Para nitro anilin, Dihidro toluen, Nitro klorobenzen, Nitrobenzen, Propilnitrat, Timah hitam, Trinitro toluene.
- Pneumotoksik (tosik terhadap paru-paru). Contohnya amonia, H₂S, CO.

Klasifikasi efek yang ditimbulkan

- Klasifikasi efek yang ditimbulkan toksikan berupa dampak bahan toksik bagi kesehatan manusia, yaitu:
 1. Fibrosis yaitu pertumbuhan jaringan ikat dlm jumlah yg berlebihan
 2. Granuloma yaitu benjolan akibat proses peradangan menahun
 3. Demam yaitu meningkatnya temperatur tubuh
 4. Asphyxia yaitu keadaan dimana darah & jaringan kekurangan oksigen
 5. Alergi yaitu reaksi berlebih terhadap materi tertentu Kanker yaitu pertumbuhan sel yg tdk terkendali
 6. Mutasi yaitu perubahan susunan & jumlah gen
 7. Teratogen yaitu cacat
 8. Sistemik yaitu racun yg menyerang hampir ke seluruh organ tubuh.

Pencemaran Air

- Kualitas air yang terganggu ditandai dengan perubahan bau, rasa, dan warna. Pencemaran air dapat menimbulkan masalah pada lingkungan dan sangat berhubungan dengan pencemaran udara serta penggunaan lahan tanah atau daratan.
- Walaupun air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, tetapi air dapat dengan mudah terkontaminasi oleh aktivitas manusia
- Kegiatan manusia yang menyebabkan pencemaran air : pembuangan detergen, pupuk buatan dan pestisida, limbah pabrik, larutan pembersih, larutan penyamak kulit, pewarna, dll
- Pencemaran pada air juga dapat disebabkan oleh limbah padat sisa hasil proses IPAL dai industri berupa padatan, lumpur, bubur, atau endapan (*sludge*). Slude dapat dikategorikan tidak berbahaya dan dapat juga dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3).

Indikasi Pencemaran Air

- Pengamatan fisik (tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa)
- pH, Limbah buangan industri dan rumah tangga dapat mempengaruhi nilai pH perairan. Nilai pH dapat mempengaruhi spesiasi senyawa kimia dan toksisitas dari unsur-unsur renik yang terdapat di perairan, sebagai contoh H₂S yang bersifat toksik banyak ditemui di perairan tercemar dan perairan dengan nilai pH rendah
- Oksigen terlarut,
- Kebutuhan oksigen Biokimia (BOD) dan Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)
- Fosfat, Fosfat berasal dari pupuk, deterjen dalam limbah cair ataupun pestisida dan insektisida dari lahan pertanian.
- Parameter Biologi, (bakteri)



TERIMA KASIH