

MODUL BAHAN AJAR
KESEHATAN LINGKUNGAN



UNIVERSITAS
BAKRIE

DOSEN

DEFFI AYU PUSPITO SARI

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

SEMESTER GANJIL 2016/2017



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201971184, 13 September 2019

Pencipta

Nama : **Deffi Ayu Puspito Sari, Dessy Fadiilah,**
Alamat : Bukit Cimanggu Villa Cluster River Park View Blok CC 8 No.6
Bogor, Bogor, Jawa Barat, 16165
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Deffi Ayu Puspito Sari, Dessy Fadiilah,**
Alamat : Bukit Cimanggu Villa Cluster River Park View Blok CC 8 No.6
Bogor, Bogor, 8, 16165

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Modul**

Judul Ciptaan : **Kesehatan Lingkungan**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 18 Januari 2017, di Jakarta

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000154276

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Deffi Ayu Puspito Sari	Bukit Cimanggu Villa Cluster River Park View Blok CC 8 No.6 Bogor
2	Dessy Fadiilah	Jl H Misan 1 Gang Saimang RT 04/04 No 24 Kukusan Beji Depok

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Deffi Ayu Puspito Sari	Bukit Cimanggu Villa Cluster River Park View Blok CC 8 No.6 Bogor
2	Dessy Fadiilah	Jl H Misan 1 Gang Saimang RT 04/04 No 24 Kukusan Beji Depok



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Modul Bahan Ajar dengan judul “Kesehatan Lingkungan”. Penyusunan modul bahan ajar ini merupakan salah satu upaya dosen untuk memenuhi kebutuhan modul bahan ajar untuk digunakan pada mata kuliah Kesehatan Lingkungan.

Dengan hadirnya modul bahan ajar Perguruan Tinggi ini, diharapkan para dosen dan mahasiswa dapat melaksanakan proses belajar mengajar dan dapat meningkatkan mutu pendidikan. Modul bahan ajar Perguruan Tinggi bertujuan memacu para dosen untuk terus meneliti dan menerbitkan hasil dan temuannya, khususnya menulis buku ajar perguruan tinggi. Kegiatan seperti ini pada akhirnya akan meningkatkan publikasi ilmiah dalam bentuk buku untuk memperkaya wawasan ilmiah dalam kegiatan meneliti dan mengajar seorang dosen, serta dapat menjadi sarana belajar atau pemahaman ilmu bagi para mahasiswa.

Perlunya dukungan dari penyelenggara pendidikan serta semua pihak terkait agar modul ini dapat diterapkan sesuai dengan tujuannya. Penulis menyadari bahwa modul bahan ajar ini tidak luput dari kekurangan, sehingga diperlukannya kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan modul bahan ajar ini.

Terakhir penulis mengucapkan terima kasih kepada Ristekdikti dan Universitas Bakrie yang telah membiayai penelitian penulis. Sehingga dapat dihasilkan salah satu luaran modul ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim peneliti Dessy Fadillah, S.T. telah turut membantu selesainya modul ini.

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	0
DAFTAR ISI	2
DAFTAR GAMBAR	4
BAB I EKOSISTEM DAN ENERGI	5
EKOSISTEM	5
EKOSISTEM DINAMIS	7
ENERGI.....	9
BAB II PERMASALAHAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN MANUSIA	11
BAB III SISTEM DALAM TUBUH MANUSIA	14
FISIOLOGI.....	14
SEL.....	15
DARAH	16
SISTEM LIMFATIK.....	17
MEMBRAN JARINGAN.....	17
SISTEM SARAF.....	18
SISTEM PERNAFASAN	19
SISTEM PENCERNAAN.....	20
SISTEM URINARIA.....	21
BAB IV TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN PENILAIAN RESIKO PAPARAN	22

TOKSIKOKINETIK	22
TOKSIKODINAMIK	24
KARSINOGENESIS	25
MUTAGENESIS	26
TOKSISITAS REPRODUKSI DAN TERATOGENESIS	27
PENGAWASAN MEDIS	28
PENILAIAN RESIKO PAPARAN.....	28
BAB V MIKROORGANISME DAN PENYAKIT	30
PERAN MIKROBA DALAM TRANSFORMASI DAN STABILISASI MATERI	30
PENULARAN PENYAKIT OLEH MIKROORGANISME PATOGEN.....	31
KLASIFIKASI MIKROORGANISME.....	33
BAB VI PRINSIP PENYAKIT MENULAR	37
PENYEBAB PENYAKIT MENULAR.....	37
KASUS-KASUS PENYAKIT MENULAR YANG MUNCUL	38
PENCEMARAN DAN PENYAKIT LINGKUNGAN.....	42
BAB VII PRINSIP EPIDEMIOLOGIS	45
ANALISIS EPIDEMIOLOGIS DAN KESEHATAN LINGKUNGAN	45
STUDI EPIDEMIOLOGI LINGKUNGAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Rantai Makanan [1]	8
Gambar 2 Kurva NOAEL dan LOAEL [5]	24
Gambar 3 Alur Tahapan Penilaian Resiko	29

BAB I EKOSISTEM DAN ENERGI

Kesehatan lingkungan dan manusia tidak dapat dipisahkan karena saling mempengaruhi dan bergantung satu sama lain. Modifikasi lingkungan oleh manusia untuk meningkatkan kualitas hidupnya seperti penggunaan bahan kimia, pengeboran, pertambangan merupakan salah satu contoh interaksi manusia dengan lingkungan yang saling mempengaruhi satu sama lain. Peningkatan aktivitas manusia, industrialisasi, dan perkembangan IPTEK menjadi salah satu penyebab penurunan kualitas lingkungan. Kualitas lingkungan yang menurun akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Untuk memahami hubungan antara lingkungan dan kesehatan manusia, maka kita harus berpikir mengenai ekosistem, ekosistem dinamis, dan energi.

EKOSISTEM

Ekosistem merupakan hubungan timbal balik yang tidak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungan sekitarnya. Makhluk hidup bertahan hidup dengan beradaptasi terhadap lingkungan disekitarnya,

dan sebaliknya mereka akan mempengaruhi lingkungan sekitarnya untuk hidup.

Ekosistem sendiri tersusun dari lingkungan biotik dan lingkungan abiotik. Untuk lebih rincinya, ekosistem dikelompokkan lagi menjadi 4 kelompok, yaitu :

1. Komponen Abiotik atau komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari benda-benda mati, seperti batuan, suhu, iklim, cahaya matahari, tanah, air, dan udara.
2. Autotroph atau komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari makhluk hidup yang dapat membuat makanannya sendiri dengan bantuan energi, baik berupa energi matahari maupun energi kimia. Yang termasuk ke dalam komponen autotroph adalah tumbuhan yang memiliki klorofil.
3. Heterotroph konsumen merupakan komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri. Mereka mengambil makanan dari makhluk hidup autotroph atau makhluk hidup heterotroph lainnya.

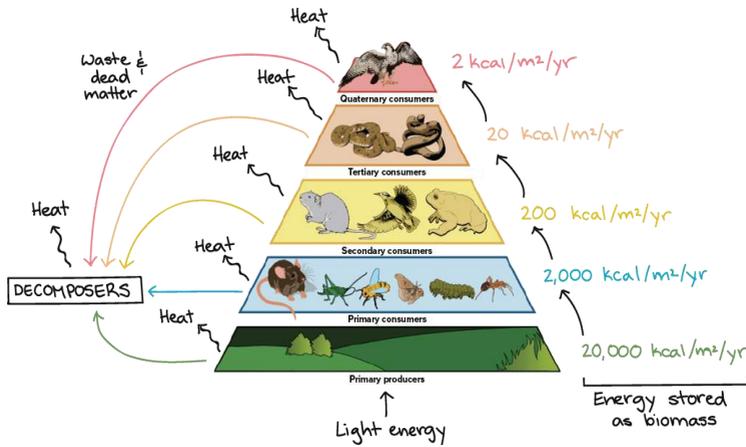
4. Heterotroph pereduksi merupakan komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari makhluk hidup yang tidak dapat membuat makanannya sendiri, tetapi mereka dapat mereduksi atau mengurai sampah dan makhluk hidup yang telah mati.

Ekosistem-ekosistem yang tergabung di lingkungan akan membentuk sebuah sistem kehidupan yang besar yang disebut dengan biosfer. Di dalam biosfer terdapat organisme hidup dan lingkungannya, air, energi dari luar (matahari), seluruh aktivitas metabolisme organisme, dan fotosintesis oleh tumbuhan.

EKOSISTEM DINAMIS

Ekosistem selalu bergerak secara dinamis, dimana perubahan dalam suatu ekosistem dapat mempengaruhi dan mengubah ekosistem yang lainnya. Ekosistem berubah secara cepat melibatkan interaksi timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan sehingga aliran energi menuju kepada suatu struktur biotik tertentu dan terjadi suatu siklus materi antara

organisme dan anorganisme. Seperti pengaruh ekosistem terhadap siklus rantai makanan (Gambar 1).



Gambar 1 Rantai Makanan [1]

Produsen (komponen autotroph) memerlukan energi dari sinar matahari (komponen abiotik) untuk menghasilkan makanan. Kemudian, konsumen primer (komponen heterotroph) akan memakan tumbuhan dan berpindhlan sekitar 10% energi dari produsen ke konsumen primer tersebut. Perpindahan energi tersebut akan berlangsung secara terus menerus hingga ke konsumen kuartiner atau konsumen teratas.

ENERGI

Selain siklus rantai makanan, siklus-siklus lain juga berpengaruh pada perubahan ekosistem seperti siklus hidrologi, siklus karbon, siklus nitrogen, siklus phosphor, dan siklus energi.

Dalam siklus energi, solar energi atau energi matahari akan diserap oleh bumi dan diradiasikan kembali ke lingkungan dalam bentuk panas (heat). Distribusi panas tersebut akan membentuk sirkulasi yang disebabkan oleh penyebaran panas di atmosfer dan laut.

Dari total solar energi yang ada,

- Sekitar 30% solar energi yang masuk ke atmosfer dibelokkan atau tersebar kembali.
- Sekitar 50% radiasi yang datang menyentuh permukaan tanah dan laut akan diserap sebagai panas.
- Sekitar 20% radiasi solar yang datang akan terserap ke atmosfer yang dilaluinya.[2]

Energi yang terserap dan masuk ke lingkungan mempertahankan semua sistem kehidupan secara tetap melalui fotosintesis. Beberapa energi menetap pada

tumbuhan dan hewan sebagai sumber energi yang tersimpan seperti batubara, minyak bumi, dan gas alam.

Akibat perubahan yang terjadi secara cepat, permasalahan pada ekosistem banyak terjadi pada saat ini. Kemajuan teknologi dan industri dalam mengolah sumber daya alam menghasilkan limbah kimia beracun, limbah biologis, dan limbah radiologis yang dibuang ke lingkungan. Kondisi tersebut pada akhirnya merugikan semua bentuk kehidupan yang ada di lingkungan.

Pertumbuhan manusia dan kemajuan teknologi berdampak pada ekologi diantaranya :

1. Melepaskan limbah kimia beracun ke udara, air, dan tanah,
2. Hilangnya genetik dan ekologi biodiversitas,
3. Polusi air dan udara,
4. Hilangnya hutan tropis,
5. Wetland,
6. Serta terjadinya *desertifikasi* (penggurunan).

BAB II PERMASALAHAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN MANUSIA

Penurunan kualitas lingkungan sejalan dengan menurunnya kesehatan manusia. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penurunan kualitas lingkungan adalah pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan terjadi akibat limbah yang di buang ke lingkungan melebihi baku mutu hingga melampaui daya dukung lingkungan.

Pencemaran dan penurunan kualitas lingkungan berdampak pada kesehatan manusia. Hal tersebut terlihat dari banyaknya penyakit yang timbul seperti iritasi mata dan sistem pernafasan akibat polusi udara, sistem pendengaran yang terganggu akibat bising dari kendaraan, industri, pesawat udara, dan konstruksi, kerusakan sistem saraf akibat keracunan logam berat dan paparan pestisida, serta diare dan penyakit kulit yang timbul akibat pencemaran air.

Dengan menggunakan parameter konsentrasi zat pencemar dan waktu lamanya kontak bahan pencemar

atau polutan dan lingkungan, WHO menetapkan empat tingkatan pencemaran sebagai berikut :

1. Pencemaran tingkat pertama : yaitu pencemaran yang tidak menimbulkan kerugian bagi manusia
2. Pencemaran tingkat kedua ; yaitu pencemaran yang mulai menimbulkan kerugian bagi manusia seperti terjadinya iritasi pada indra kita
3. Pencemaran tingkat ketiga : yaitu pencemaran yang sudah dapat bereaksi pada tubuh dan menyebabkan terjadinya penyakit yang kronis
4. Pencemaran tingkat keempat : yaitu pencemaran yang telah menimbulkan sakit akut dan kematian bagi manusia maupun hewan dan tumbuhan [3].

Berdasarkan efeknya terhadap manusia, bahan pencemar dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Respiratory Pollutant*

Bahan pencemar ini dapat menimbulkan dampak terhadap jaringan pada sistem saluran pernafasan. Terbagi menjadi *Pulmonary Irritants*, debu, agen penyebab granuloma, agen penyebab demam, dan *asphyxiants*.

2. *Sistemic Pollutant*

Bahan pencemar ini dapat menimbulkan efek pada lebih dari satu organ tubuh, karena masuk ke dalam alat pencernaan, sistem peredaran darah, lambung, sistem susunan saraf pusat dan saluran air seni. Contoh bahan pencema ini adalah timbal, merkuri, cadmium, fluoride, organofosfat, dan hidrokarbon terklorinasi

3. *Host Specific Pollutant*

Bahan pencemar ini dapat menimbulkan reaksi seperti alergi, kanker, dan mutan. Contoh bahan pencemar ini yaitu *formaldehyde*, *thiocyanate*, *strontium*, nikel, asbestos, selenium, arsenic, metil merkuri, timah, dan hidrokarbon terklorinasi.

BAB III SISTEM DALAM TUBUH MANUSIA

Sistem dalam tubuh manusia menjalankan fungsinya masing-masing, serta masing-masing sistem saling terkait dan saling menunjang. Sistem dalam tubuh manusia yang optimal mempunyai regulasi tubuh yang dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan internalnya. Ketika sistem tubuh tidak dapat bekerja optimal, maka tubuh akan merasa sakit dan yang paling parah dapat berakibat kematian.

FISIOLOGI

Fisiologi merupakan ilmu dasar biomedis yang berhubungan dengan fungsi organisme hidup. Fokus utama fisiologi adalah bagaimana faktor lingkungan mempengaruhi fungsi dari sebuah individu [2].

Untuk membuat tubuh berfungsi sebagaimana mestinya, maka tubuh harus dalam keadaan homeostatis. Homeostasis adalah pemeliharaan lingkungan internal tubuh secara relative seragam [2]. Temperatur, pasokan

oksigen, tingkat keasaman, dan nutrient harus mendekati level konstan.

Bagaimanapun, faktor lingkungan eksternal dimana manusia tinggal sangat bervariasi, sehingga terdapat rentang kondisi yang luas. Faktor-faktor tersebut dapat memunculkan respon biologis yang berbahaya bagi manusia.

SEL

Sel adalah unit utama dari semua makhluk hidup. Sel terdiri dari beberapa komponen, diantaranya membran sel, retikulum endoplasma (RE), apparatus golgi, mitokondria, lisosom, ribosom, nukleus, dan nukleolus [2]. Tiap sel tersebut memiliki fungsi tertentu untuk kelangsungan hidup organisme.

Untuk menjalankan fungsinya, sel melakukan proses metabolisme yang diarahkan oleh nukleus. Nukleus menentukan bagaimana sintesis protein terjadi. Oleh sebab itu nukleus mengarahkan aktivitas sel lainnya seperti transport aktif, metabolisme, pertumbuhan, dan keturunan [2].

DARAH

Fungsi utama darah adalah sebagai pengangkutan berbagai substansi dari dan ke dalam sel-sel tubuh serta pertukaran material lain seperti oksigen, nutrient, dan limbah antara organ pernafasan, pencernaan, dan ekskresi. Fungsi skunder darah berkontribusi pada homeostasis volume cairan, pH, suhu, serta darah juga diperlukan untuk metabolisme sel dan pertahanan melawan mikroorganisme [2].

Limfosit T atau sel T merupakan salah satu jenis sel darah putih yang berperan dalam sistem kekebalan tubuh untuk menghancurkan mikroorganisme. Salah satu jenis sel T yang dinamakan sel T pembunuh berfungsi untuk menghancurkan sel yang terinfeksi virus dan sel tumor. Apabila seseorang membawa sel kanker dalam darahnya, maka sel T pembunuh akan mengelilingi mereka karena tertarik oleh antigen permukaan. Sel-sel ini kemudian dapat melepaskan bahan kimia yang memecah membran sel kanker dan menyebabkan sel mati.

SISTEM LIMFATIK

Sistem limfatik adalah sistem sirkulasi yang mengangkut getah bening. Getah bening merupakan cairan yang mengandung sel-sel darah putih yang berfungsi untuk melawan infeksi.

Kelenjar getah bening menyaring zat berbahaya dan memfagositosisnya. Sayangnya, terkadang jumlah mikroorganisme yang memasuki kelenjar getah bening lebih besar daripada yang dapat dihancurkan oleh fagosit, sehingga node tersebut menjadi terinfeksi. Sel-sel kanker yang melepaskan diri dari tumor ganas dapat memasuki limfatik ke kelenjar getah bening, dan mendirikan situs baru pertumbuhan kanker [2].

MEMBRAN JARINGAN

Membran jaringan adalah lembaran tipis jaringan yang menutupi atau melapisi berbagai bagian tubuh. Empat membran penting adalah mukosa, serosa, sinovial dan cutaneous (kulit) [2].

Membran mukosa melapisi berbagai rongga tubuh yang memiliki kontak dengan lingkungan luar, dan

organ internal, sedangkan membran serosa dan sinovial melapisi rongga tubuh yang tertutup.

Ke-empat membran tersebut memiliki fungsinya masing-masing, yaitu :

1. Membran mukosa tersebut melindungi jaringan di bawahnya, mengeluarkan lender serta menyerap air, garam, dan terlarut lainnya.
2. Pleura adalah membran seorsa yang melapisi rongga dada. Membran serosa lain adalah pericardium, kantung dimana jantung berada.
3. Membran sinovial memiliki permukaan yang halus dan lembab yang melindungi terhadap gesekan. Membran ini melapisi sendi, tendon, dan bursa.
4. Kulit melindungi tubuh dari sinar matahari, bahan kimia, serta mikroorganisme.

SISTEM SARAF

Unit dasar dari sistem saraf adalah neuron yang berperan penting dalam perkembangan bahasa, pikiran dan ingatan. Neuron terdiri dari tubuh sel, dendrit, dan akson.

Sistem saraf terlibat dalam mempertahankan homeostasis serta berfungsi mengontrol postur dan gerakan tubuh dengan cara mengambil informasi dari lingkungan dengan menggunakan reseptor sensoris. Reseptor sensoris kemudian mengirimkan sinyal ke dalam sistem saraf pusat, memproses informasi untuk menentukan sebuah respons yang tepat, dan mengirim sinyal keluaran ke otot atau kelenjar untuk mengaktifasi respons.

SISTEM PERNAFASAN

Fungsi sistem pernafasan adalah untuk mendistribusikan udara dan bertindak sebagai alat pertukaran gas, sehingga oksigen dapat disuplai ke sel-sel tubuh dan karbon dioksida dapat dihilangkan [2]. Sistem pernafasan terdiri dari hidung, laring, faring, trakea, dan paru-paru. Fungsi dari organ-organ dalam sistem pernafasan adalah sebagai berikut :

1. Hidung berfungsi untuk menyaring kotoran yang masuk bersama udara
2. Faring berfungsi sebagai koridor saluran pernafasan dan pencernaan. Letak faring berada

di depan tulang leher yang berhubungan dengan rongga hidung, rongga telinga tengah, dan laring.

3. Laring atau kotak suara merupakan saluran menuju paru-paru yang berfungsi melindungi saluran pernafasan dengan menutup secara mekanik untuk mencegah masuknya benda asing ke saluran pernafasan.
4. Trakea adalah saluran tempat udara melewati paru-paru.
5. Paru-paru terdiri dari bronkus, bronkeolus, alveolus, dan plura. Bronkus merupakan kelanjutan dari trakea yang berfungsi mendistribusikan udara kedalam paru-paru. Sedangkan alveolus berfungsi sebagai pertukaran gas antara udara dan darah.

SISTEM PENCERNAAN

Sistem pencernaan berfungsi untuk menerima bahan baku dalam bentuk makanan, mineral, vitamin, dan cairan yang kemudian mempersiapkan mereka untuk penyerapan kedalam kapiler atau limfatik lalu didistribusikan kedalam tubuh [2].

Sistem pencernaan terdiri dari saluran panjang berupa tabung terbuka di kedua sisinya. Makanan yang masuk ke sistem pencernaan harus dipecah oleh enzim dan melalui lingkungan yang sangat asam di perut, akan tetapi molekul besar seperti selulosa tidak dapat dicerna sehingga diekskresikan dalam tinja.

SISTEM URINARIA

Sistem urinaria terdiri dari ginjal, ureter, kandung kemih dan uretra. Fungsi dari organ-organ dalam sistem tersebut adalah sebagai berikut :

1. Ginjal berfungsi menghilangkan racun dan limbah metabolisme dalam tubuh.
2. Ureter berfungsi mengumpulkan urin dan mengalirkannya ke kandung kemih
3. Kandung kemih berfungsi sebagai reservoir untuk menyimpan urin dan mengeluarkan urin melalui uretra.

BAB IV TOKSIKOLOGI LINGKUNGAN DAN PENILAIAN RESIKO PAPANAN

Toksikologi adalah ilmu yang mempelajari dampak negatif dari agen kimia dan fisika pada organisme hidup [4]. Besarnya dampak toksik dapat dipengaruhi oleh faktor agen toksik, paparan, dan individu yang terpapar.

TOKSIKOKINETIK

Toksikokinetik mengacu pada nasib atau lebih khusus lagi, penyerapan, distribusi, biotransformasi, dan eliminasi zat toksik atau metabolisme [2].

Tubuh manusia dapat terpapar zat-zat beracun melalui 3 pintu masuk (*portal of entry*), diantaranya :

1. Oral atau *ingestion* : zat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan. zat yang masuk melalui cara ini sulit mencapai peredaran darah
2. Inhalasi: zat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan. Zat yang masuk melalui cara ini cepat memasuki peredaran darah,

3. Dermal: zat masuk ke dalam tubuh melalui kulit.

Zat yang masuk melalui cara ini akan mudah masuk ke dalam peredaran darah

Agen toksik dapat tersimpan dan berinteraksi di lokasi kontak awal yang menyebabkan efek lokal atau dapat teradsorpsi melintasi membran sel pernapasan, gastrointestinal, dan kulit dan kemudian agen dapat memasuki sistem sirkulasi, akhirnya menyebabkan efek sistemik [2].

Untuk menentukan tingkat toksisitas dapat dihitung dari lamanya waktu suatu organisme terpapar bahan kimia. Durasi dan frekuensi berkontribusi terhadap dosis paparan. Keduanya dapat mengubah efek toksik. Ada dua jenis efek toksik berdasarkan durasi dan frekuensinya, yaitu :

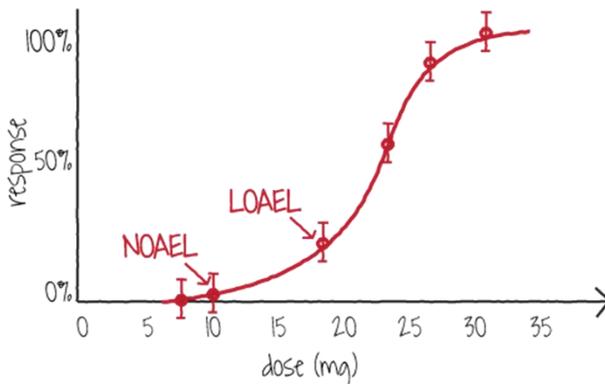
1. Paparan Akut : biasanya melibatkan paparan tunggal atau pendek.
2. Paparan Kronis : beberapa paparan dari waktu ke waktu (frekuensi) [4].

Semakin lama suatu organisme terpapar, maka bahan kimia tersebut akan terakumulasi di dalam tubuh dan tidak dapat di ekstraksi. Semakin sering suatu

organisme terpapar, maka akan mempengaruhi kemampuan sel untuk memperbaiki dirinya sendiri.

TOKSIKODINAMIK

Toksikodinamik mengacu pada dampak yang mungkin dimiliki agen toksik pada tubuh manusia. Beberapa faktor yang mempengaruhi interaksi potensial dan efek samping yang terkait kimia dan efek adalah konsep yang paling mendasar dalam toksikologi [2].



Gambar 2 Kurva NOAEL dan LOAEL [5]

No Observed Adverse Exposure Level (NOAEL) menunjukkan titik di mana jumlah dosis tidak memiliki efek buruk terhadap kesehatan apapun. Sedangkan

Lowest Observed Adverse Exposure Level (LOAEL) menunjukkan jumlah titik dimana jumlah dosis menunjukkan efek terendah yang dapat diamati.

KARSINOGENESIS

Kanker adalah istilah umum untuk sekelompok penyakit terkait yang menyebabkan pertumbuhan jenis sel dan jaringan terkait yang tidak terkontrol. Periode pertumbuhan kanker dapat berlangsung 15-40 tahun setelah timbulnya paparan dan sebelum manifestasi penyakit dan perkembangannya sangat bervariasi bergantung pada pintu masuk atau tempat terjadinya biotransformasi tumor tersebut.

Environmental Protection Agency (EPA) mulai mengembangkan pedoman penilaian karsinogenik selama proses peraturan tentang penanggulangan dan pembatalan beberapa pestisida. EPA mencantumkan lima kelompok :

1. Kelompok A termasuk karsinogen manusia. Kelompok ini hanya digunakan ketika bukti yang cukup dari studi epidemiologis ada untuk

mendukung hubungan antara eksposur dari agen dan kanker

2. Kelompok B termasuk *probable* karsinogen pada manusia. Kelompok ini berat bukti karsinogenisitas manusia berdasarkan studi epidemiologis terbatas. Namun, bobot bukti berdasarkan penelitian pada hewan sudah cukup.
3. Kelompok C adalah karsinogen manusia yang *possible*. Dalam kelompok ini karsinogenisitas pada hewan terbatas dan data manusia kurang.
4. Kelompok D tidak diklasifikasikan sebagai karsinogenisitas manusia. Bukti karsinogenesis pada manusia dan hewan tidak memadai.
5. Di Grup E, terdapat bukti nonkarsinogenisitas bagi manusia [2].

MUTAGENESIS

Mutagenesis disebabkan oleh perubahan DNA yang ditransmisikan selama pembelahan sel. Jika mutagen terjadi pada sel sperma atau sel telur, maka mutagenesis dapat terjadi pada generasi selanjutnya dan

dapat juga disebut mutagenesis genetik dalam jangka panjang.

TOKSISITAS REPRODUKSI DAN TERATOGENESIS

Hasil reproduksi dapat dipengaruhi oleh agen fisik, kimia, dan biologis. Toksisitas reproduksi dapat menyebabkan kemandulan, bayi lahir cacat ataupun kematian janin. Bergantung dari tingkat paparan dan individu yang terkena paparan. Paparan ayah sebelum konsepsi dapat ditunjukkan pada berkurangnya kesuburan, fertilisasi atau implantasi janin, atau janin abnormal. Paparan ibu setelah konsepsi dapat menyebabkan kematian janin atau kelainan struktural dan fungsional pada bayi baru lahir [2].

Teratologi adalah studi tentang malformasi selama perkembangan embrio hewan atau janin dari konsepsi hingga kelahiran. Teratogen menyebabkan perubahan yang terjadi selama embrionik awal atau saat perkembangan janin, yang mengakibatkan cacat anatomis, cacat fisiologis, kesalahan perkembangan

biokimia, atau efek perilaku serta dapat menyebabkan kematian janin.

PENGAWASAN MEDIS

Pengawasan medis dilakukan untuk mendeteksi dan mengukur bahan kimia utama dalam jaringan atau efek patologis dari racun pada individu yang terpapar melalui pantauan biologi.

Darah, urin, napas, rambut, respons neurologis, dan kondisi fisik individu dapat dievaluasi untuk menentukan apakah paparan terhadap agen tertentu telah terjadi, dan pada tingkat apa paparan terjadi [2]

PENILAIAN RESIKO PAPANAN

Resiko adalah probabilitas atau ancaman kerusakan, cedera, pertanggungjawaban, kehilangan, atau kejadian negative lainnya yang disebabkan oleh kerentanan eksternal atau internal, dan dapat dihindari melalui tindakan pencegahan [6].

Seperti yang dijelaskan diatas, paparan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi toksikologi. Untuk melakukan penilaian resiko paparan ada 4 alur yang harus dilakukan seperti yang ada pada gambar 3



Gambar 3 Alur Tahapan Penilaian Resiko

Dalam melakukan penilaian paparan (exposure) penilaian resiko yang paling tidak pasti berasal dari karakterisasi eksposur yang tidak memadai. Hal ini termasuk :

1. Rute paparan
2. Lama paparan
3. Jumlah paparan (dosis)
4. Populasi yang terpapar. [7]

Penilaian paparan dapat dilakukan dengan biomonitoring, biomarkers, sejarah paparan, epidemiologi, sampling lingkungan, dan pemodelan paparan [7].

BAB V MIKROORGANISME DAN PENYAKIT

Mikroorganisme memiliki ukuran yang sangat kecil dan dapat bersifat merugikan manusia. Mikroba yang merugikan disebut juga mikroba pathogen. Patogen adalah organisme atau mikroorganisme yang menyebabkan penyakit pada organisme lain.

PERAN MIKROBA DALAM TRANSFORMASI DAN STABILISASI MATERI

Mikroorganisme berperan sebagai katalis biotik utama yang terlibat dalam transformasi dan stabilisasi bahan alami dan antropogenik yang dihasilkan dan dilepaskan ke lingkungan.

Bakteri autotrofik dan heterotrofik berpartisipasi aktif dalam transformasi materi aerob dan anaerob. Heterotrof yang paling dominan, membutuhkan senyawa organik sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan reproduksi. Autotrof menggunakan karbon dioksida (CO₂) sebagai sumber karbon (C): dan cahaya sebagai sumber energinya (fotoautotrof) atau senyawa anorganik (kemoautotrof) seperti sulfur (S), hidrogen sulfida (H₂S), amoniak (NH₃), nitrit (NO₂⁻), dan zat besi (Fe) [2].

PENULARAN PENYAKIT OLEH MIKROORGANISME PATOGEN

Mikroorganisme dapat memulai penyakit melalui satu atau lebih mekanisme umum seperti infeksi, reaksi alergi, atau keracunan.

Infeksi mengacu pada invasi sistem manusia oleh mikroorganisme patogen. Jumlah mikroba yang ada melebihi pertahanan imun inang dan mengakibatkan manifestasi penyakit menular. Agen penyebab termasuk bakteri, jamur, protozoa, klamidia, riketsia, virus, dan cacing.

Alergi mengacu pada reaksi hipersensitisasi. Individu tertentu dapat menjadi terlalu peka terhadap agen asing (antigen), seperti komponen protein dari mikroba tidak hidup. Paparan awal antigen mikroba allerogenik dapat menghasilkan produksi antibodi terhadap antigen spesifik. Paparan antigen di masa depan tidak hanya dapat menghasilkan peningkatan sekunder dari respon produksi antibodi tetapi juga dapat menyebabkan reaksi yang merusak jaringan. Reaksi yang merusak jaringan ini dikenal sebagai reaksi hipersensitivitas dan orang tersebut sekarang dianggap hipersensitif atau alergi terhadap antigen tersebut.

Keracunan mengacu pada interaksi dan reaksi yang dapat terjadi ketika manusia terpapar bahan kimia atau agen biokimia yang mengubah aktivitas biokimia dan atau fisiologis yang normal dan mengarah pada penyakit atau kematian.

Untuk dapat menyebabkan penyakit, mikroorganisme patogen harus dapat masuk ke tubuh inang, namun tidak semua pertumbuhan mikroorganisme dalam tubuh inang dapat menyebabkan penyakit. Banyak mikroorganisme tumbuh pada permukaan tubuh inang

tanpa menyerang jaringan tubuh dan merusak fungsi normal tubuh [8].

KLASIFIKASI MIKROORGANISME

Mikroorganisme terdiri dari bakteri, jamur, virus, dan parasit. Bakteri merupakan mikroorganisme dengan diameter rata-rata berukuran 1-5 mikron. Ada tiga bentuk dari bakteri yaitu spirila (spiral), basil (batang) , dan kokus (bulat). Selain bentuk-bentuk dasar tersebut, bakteri juga dapat berbentuk kokobasil (gabungan kokus dan basil) dan filament.

Penyakit yang disebabkan jamur pada manusia disebut mikosis, yaitu mikosis superficial dan mikosis sistemik. Mikosis superficial merupakan mikosis yang menyerang kulit, kuku, dan rambut terutama disebabkan oleh 3 genera jamur, yaitu Trichophyton, Microsporum, dan Epidermophyton. Sedangkan mikosis sistemik merupakan mikosis yang menyerang alat-alat dalam, seperti jaringan sub-cutan, paru-paru, ginjal, jantung, mukosa mulut, usus, dan vagina.

Virus hanya bisa bereproduksi dalam makhluk hidup, atau dengan kata lain virus tidak bisa hidup diluar

mahluk hidup. Ia membutuhkan mahluk hidup yang lain sebagai “tumpangan” untuk hidup dan berkembang biak [8].

Lima kelas biohazard telah ditetapkan berdasarkan upaya kolaborasi antara U.S *Department of Agriculture* (USDA), U.S *Department of Health and Human Service* (USDHHS), *Center for Disease Control and Prevention* (CDC), dan *National Institutes for Health* (NIH). Kelas 1 hingga 4 mewakili peringkat berdasarkan peningkatan bahaya yang terkait dengan peningkatan jumlah klasifikasi. Kelas 5 merupakan patogen hewan yang dikecualikan oleh hukum dari Amerika Serikat.

Kelas 1: Kelas ini mencakup mikroorganisme yang tidak diketahui menyebabkan penyakit pada manusia dewasa yang sehat. Menangani organisme ini tidak memerlukan peralatan atau teknik khusus yang biasanya diperlukan untuk mengatasinya.

Kelas 2: Kelas ini termasuk mikroorganisme yang memiliki risiko sedang. Organisme-organisme ini secara asli hadir di masyarakat dan berhubungan dengan penyakit manusia dengan tingkat keparahan yang

berbeda-beda, tetapi biasanya tidak dianggap menular melalui inhalasi dari aerosol. Organisme lebih umum dianggap menyebabkan penyakit dengan inokulasi yang tidak disengaja, injeksi, atau cara lain penetrasi kulit. Agen Kelas 2 biasanya dapat dikontrol dengan menggunakan teknik laboratorium yang tepat.

Agen Kelas 3 : kelas ini mencakup agen asli atau asing yang berpotensi infeksi serius dan mematikan, terutama melalui transmisi pernafasan. Agen kelas 3 adalah bahaya khusus atau termasuk agen yang berasal dari luar Amerika Serikat yang membutuhkan izin USDA. Agen yang membutuhkan kondisi khusus untuk penahanan juga termasuk. Penangan dan distributor harus memiliki pelatihan khusus dan memiliki pengetahuan mikrobiologi tingkat tinggi. Langkah - langkah pengendalian termasuk fasilitas akses yang terpisah dan terbatas serta tekanan udara negatif dan sistem filter.

Kelas 4: Kelas ini termasuk agen asing yang berisiko tinggi terhadap penyakit yang mengancam jiwa yang ditularkan melalui rute aerosol dan yang tidak ada vaksin atau terapi yang tersedia. Kelas agen ini

mebutuhkan pengurungan yang sangat ketat karena sangat berbahaya bagi manusia dan berpotensi menyebabkan epidemi. Kompetensi penanganan dan distributor harus sama dengan untuk agen kelas 3. Persyaratan penahanan sama dengan untuk kelas 3 ditambah penambahan persyaratan untuk mengenakan alat pelindung diri dan penggunaan *high-efficiency particulate air* (HEPA). Contohnya termasuk virus Ebola. Virus demam lassa. dan virus marburg

Kelas 5: Kelas ini termasuk patogen nonpribumi dari ternak domestik dan unggas, impor, kepemilikan atau penggunaan yang dilarang atau dibatasi oleh hukum atau oleh peraturan USDA atau kebijakan administrasi, dan yang mungkin memerlukan desain laboratorium khusus di luar fitur tingkat keamanan 4. Agen asing *bovine spongiform encephalopathy* (penyakit sapi gila), penyakit *viral hemorrhagic disease of rabbits*, dan penyakit kaki dan mulut [2].

BAB VI PRINSIP PENYAKIT MENULAR

PENYEBAB PENYAKIT MENULAR

Penyebab penyakit menular adalah agen hidup seperti bakteri, parasit dan jamur atau agen benda mati dimana agen infeksi dapat hidup dan berkembang biak. Tetapi untuk menentukan secara pasti penyebab penyakit menular secara umum sangat kompleks, harus mengetahui hubungan antara parasit inang dan reservoir penyakit.

Meskipun penyebab utama atau agen hidup pembawanya sudah diketahui, banyaknya faktor skunder yang berkontribusi sangat mempengaruhi tingkat penyakit. Salah satu faktor skunder yang mempengaruhi adalah lingkungan. Interaksi antara atmosfer, hidrosfer, dan litosfer berpengaruh pada penyakit yang terjadi di masyarakat.

Secara umum, reservoir penyakit sulit dikendalikan, kecuali untuk penyakit-penyakit dimana inang dapat divaksinasi. Penyakit dapat menular dari sumber primer atau dari sumber sekunder. Umumnya

wabah awal epidemik menyebar dari sumber yang sama : wabah sekunder, yang dapat terjadi beberapa hari atau beberapa minggu kemudian, menyebar dari sumber skunder yang terinfeksi, atau lingkungan sekunder, yang menjadi terinfeksi selama wabah penyakit primer [2].

Pada tahun 1992, Institut Kedokteran National Academy of Sciences menekankan hubungan antara kesehatan Amerika Serikat dan kesehatan internasional. Faktor-faktor utama yang berkontribusi pada munculnya penyakit termasuk : perjalanan ke seluruh dunia, pasokan makanan internasional, pertumbuhan penduduk, perpindahan populasi penduduk yang besar, irigasi dan perubahan habitat serangga dan hewan, perilaku manusia yang beresiko, peningkatan penggunaan antibiotic dan pestisida, dan peningkatan kontak manusia dengan hutan hujan tropis dan hutan belantara lainnya [2].

KASUS-KASUS PENYAKIT MENULAR YANG MUNCUL

Banyak kasus-kasus penyakit yang pernah menyebabkan banyak kematian di dunia yang diakibatkan oleh mikroorganisme pathogen. Penyakit

menular yang muncul adalah penyakit adalah penyakit yang berasal dari infeksi yang timbul pada manusia dalam 20 tahun terakhir.

Berikut adalah beberapa contoh penyakit menular yang pernah terjadi di dunia :

1. *The Black Death* atau *The Black Plague* adalah salah satu pandemi yang disebabkan oleh bakteri *Yersinia pestis*. Wabah ini diperkirakan dimulai dari Asia Tengah kemudian menyebar ke Eropa sekitar tahun 1340-an. Jumlah total kematian di seluruh dunia akibat pandemi ini diperkirakan mencapai 75 juta orang. Bahkan diperkirakan kematian mencapai 20 sampai 30 juta hanya di Eropa saja.
2. Cacar adalah penyakit menular yang belum ada obatnya, hanya pencegahan melalui vaksinasi. Penyakit ini berasal dari Amerika Selatan pada abad ke-18 dan dari waktu membunuh lebih dari 60 juta orang
3. Virus Ebola dinamai dari nama Sungai Lembah Ebola di Republik Demokratik Kongo (dulunya Zaire), yang merupakan lokasi wabah yang

ditemukan pertama kali tahun 1976, di sebuah rumah sakit misionaris yang dijalankan oleh biarawati Flemish. Penyakit ini menewaskan lebih dari 160,000 orang dari tahun 1976 hingga tahun 2000

4. Dikenal sebagai "Flu Spanyol", influenza dari 1918-1919 adalah bencana global. Penyakit ini menyebabkan infeksi sekunder pneumonia yang mematikan dan menyebabkan pendarahan tak terkendali yang memenuhi paru-paru. Pada awal 1990-an, 75 tahun penelitian yang dilakukan telah gagal menjawab pertanyaan mengapa flu Spanyol ini paling fatal terjadi. Sejak 1918 tidak ada virus yang mampu diisolasi. Hanya dalam waktu dua tahun virus ini menewaskan lebih dari 100 juta orang.
5. Flu Hong Kong disebabkan oleh virus H_3N_2 yang merupakan turunan dari virus H_2N_2 . Wabah ini masuk sebagai pandemi mematikan ke-10 dengan total korban jiwa mencapai 1 juta orang [8].

MENCEGAH PENYAKIT MENULAR YANG MUNCUL

Penyakit menular yang muncul akibat mikroorganisme harus dicegah dengan tindakan pencegahan yang tepat. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan diantaranya pemberian vaksinasi, sterilisasi, dan pasteurisasi, serta pengawetan bahan makanan.

Berdasarkan fase/tahap umum riwayat alamiah penyakit (prepatogenesis dan patogenesis), faktor pencegahan dapat dibagi menjadi tiga tingkatan yaitu pencegahan primer yang dilakukan sebelum perubahan patologis terjadi (fase prepatogenesis), pencegahan sekunder yang dilakukan pada fase patologis awal penyakit (early symptom) dan pencegahan tersier yang dilakukan pada saat penyakit telah menyebabkan kerusakan patologis yang bersifat irreversible dan tidak dapat diperbaiki lagi [9].

Pada tahun 1994, CDC mengembangkan strategi pencegahan munculnya ancaman penyakit menular untuk Amerika Serikat. Terdapat 4 tujuan dalam strategi ini, yaitu :

1. Pengawasan. Mendeteksi, menyelidiki, dan memantau patogen dan penyakit yang muncul
2. Penelitian terapan. Menggabungkan temuan laboratorium dan studi epidemiologis untuk meningkatkan pencegahan penyakit
3. Pencegahan dan pengendalian. Meningkatkan komunikasi informasi kesehatan masyarakat mengenai penyakit yang muncul dan bagaimana mencegah dan mengendalikannya
4. Infrastruktur. Memperkuat dukungan dan personil di daerah, agen negara bagian, dan federal dan bagaimana mereka berinteraksi [2].

PENCEMARAN DAN PENYAKIT LINGKUNGAN

Pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup zat energi dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan bentukannya [10].

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, pencemar lingkungan yang berinteraksi dengan gen secara

substansial dapat memengaruhi kemampuan seseorang untuk mengembangkan kanker.

Lebih dari setengah kanker yang diamati dalam survei kanker nasional ketiga diduga disebabkan oleh agen eksternal. Namun, dalam mengevaluasi masalah kanker, penting untuk mengenali bahwa kanker juga terkait dengan status sosial ekonomi, merokok, radiasi alkohol, bahan kimia lingkungan, obat-obatan, dan agen biologis [2].

Pencemaran lingkungan, baik pencemaran udara, air, dan tanah dapat menimbulkan penyakit bagi makhluk hidup, khususnya manusia. Peran air sebagai pemawa penyakit menular bermacam-macam antara lain :

- Air sebagai media untuk hidup mikroba pathogen
- Air sebagai sarang insekta penyebar penyakit
- Jumlah air yang tersedia tidak cukup, sehingga manusia bersangkutan tak dapat membersihkan diri, dan
- Air sebagai media untuk hidup vector penyakit [3].

Peran udara menjadi penyebab timbulnya penyakit akibat mengandung bahan pencemar CO, CO₂,

SO₂, SO₃ dan gas lain dengan konsentrasi tinggi. Paparan udara yang tercemar dalam jangka panjang oleh bayi dan anak-anak dapat mengganggu kesehatan pernapasan dan memperparah bronkitis kronis, asma, dan kondisi paru-paru lainnya.

Apabila pencemaran air dan udara mempunyai dampak langsung terhadap kesehatan manusia, maka tanah yang tercemar mempunyai dampak tidak langsung. Penyakit yang di derita oleh manusia diakibatkan tanah yang tercemar dapat mencemari air tanah di bawahnya atau makanan yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang ditanam.

BAB VII PRINSIP EPIDEMIOLOGIS

Epidemiologis merupakan ilmu tentang penyebaran penyakit / wabah mempelajari faktor yg mempengaruhi kesehatan dan sakitnya suatu populasi. Epidemiologis mengacu pada pengetahuan dan keterampilan kedokteran klinis, mikrobiologi, patologi, dan zoologi.

Ada dua kategori studi epidemiologis, yaitu epidemiologi deskriptif dan analitik. Epidemiologis deskriptif adalah studi tentang jumlah dan distribusi penyakit dalam populasi tertentu oleh orang dan waktu. Epidemiologi analitik adalah studi tentang penyebab menentukan frekuensi penyakit yang relatif tinggi atau rendah pada kelompok tertentu [2].

ANALISIS EPIDEMIOLOGIS DAN KESEHATAN LINGKUNGAN

Sebuah hipotesis pengujian mengenai penyebab wabah atau penyebab penyakit mempunyai teori: dicari kasus-kasus tambahan yang sesuai atau tidak sesuai dengan pola. Jika kasus benar-benar cocok dengan

polanya, hipotesis diperkuat. Analisis data yang komprehensif dan akurat sangat penting dalam menentukan penyebab penyakit, kondisi, atau penyakit.

Analisis Epidemiologis data kesehatan meliputi umur, ras, jenis kelamin, tempat, dan waktu. Laporan termasuk insiden, prevalensi, dan fatalitas kasus atau morbiditas penyakit atau kondisi tertentu. Analisis epidemiologis juga mencakup variasi fungsi paru, kadar kolinesterase, dan efek toksik potensial berdasarkan analisis darah berbagai bahan kimia.

STUDI EPIDEMIOLOGI LINGKUNGAN

Studi epidemiologis berkaitan dengan pemaparan populasi di lingkungan kerja mereka atau melalui kontaminasi makanan, air minum, atau udara. Studi-studi ini menyediakan hubungan statistik antara tingkat kontaminan dan efek yang dilaporkan. Studi epidemiologis mencoba untuk menentukan apakah ada atau tidak ada korelasi antara frekuensi atau prevalensi suatu penyakit atau kondisi kesehatan pada manusia dan beberapa faktor tertentu, seperti konsentrasi bahan kimia beracun di lingkungan.

Dua kelas desain eksperimental dalam epidemiologi adalah deskriptif dan analitik. Dua jenis studi deskriptif termasuk studi kasus dan studi ekologi. Studi kasus menyediakan informasi untuk satu individu tentang hubungan keterpaparan dan penyakit. Banyak studi kasus adalah titik awal untuk investigasi mendalam. Studi ekologi digunakan untuk menentukan bagaimana faktor tunggal didistribusikan dalam populasi. Studi ekologi menggambarkan penyakit dalam hal prevalensi, kejadian, dan tingkat kematian untuk populasi. Studi ekologi membandingkan tren penyakit dalam dua atau lebih populasi atau seiring waktu. Ini digunakan untuk menghasilkan hipotesis tentang dampak agen terhadap penyakit yang ditemukan pada populasi manusia. Hipotesis ini kemudian digunakan untuk membantu merancang studi analitik.

Dua jenis studi analitik adalah retrospektif dan prospektif. Dalam studi retrospektif, populasi yang dipertimbangkan ditentukan dari sertifikat kematian, catatan rumah sakit, dan sumber data lain yang menunjukkan morbiditas. Kelompok kontrol yang bebas dari penyakit kemudian dipilih untuk perbandingan [2].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Valiela, “Factors Affecting Primary Production,” *Mar. Ecol. Process.*, pp. 36–83, 1995.
- [2] H. Koren and B. M.S, “Environmental Problem and Human Health,” in *Handbook of Environmental Health*, Lewis Publisher, 2002.
- [3] A. Sumantri, *Kesehatan Lingkungan*, Revisi. Jakarta: Kencana Prenada Media Group, 2010.
- [4] S. David, “Four Case Examples : Organophosphate, Rodenticide, Fumigant, and Heavy Metal,” 2016.
- [5] US National Library of Medicine, “ToxTutor - NOAEL and LOAEL.” [Online]. Available: <https://toxxtutor.nlm.nih.gov/02-006.html>. [Accessed: 09-Apr-2019].
- [6] S. Jason, “The Importance of Chemical Security - Main Risk,” 2016.
- [7] D. Stone, “Risk Assesment Basic,” 2016.
- [8] P. Ramadhan, “Mikroorganisme Patogen Penyebab Penyakit pada Manusia.” .

- [9] Najmah, *Epidemiologi Penyakit Menular*. 2016.
- [10] Republik Indonesia, “Undang-undang RI No 23
Tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup,” 1997.