

Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Prof. dr. Umar Fahmi W, Ph.D., M.K.M.
Drg. Ririn Arumsih Wulandari, M.K.M.



PENDAHULUAN

Modul 1 ini menyajikan pembahasan tentang kegiatan-kegiatan yang diperlukan terhadap hasil-hasil panen serealida dan palawija semenjak dipotong sehingga akhirnya dapat dikonsumsi oleh manusia.

Umumnya hasil panen tidak dapat langsung dikonsumsi tetapi memerlukan proses pendahuluan, termasuk kegiatan penanganan dan pengolahan.

Kegiatan setelah panen tergolong kegiatan penanganan pascapanen jika pembahasan yang terjadi pada komoditas tidak radikal dalam arti perubahan fisis dan kimiawinya, sedangkan kegiatan yang mengakibatkan perubahan radikal tergolong kegiatan pengolahan.

Selain kegiatan penanganan dan pengolahan, dalam modul ini juga dibahas tentang kegiatan pengamanan, beberapa jenis kerusakan kehilangan, penyebab kerusakan dan kehilangan, pengeprisan, dan beberapa faktor penting dalam kegiatan panen, seperti unsur panen, tanda-tanda, dan saat panen, serta cara dan peralatan panen.

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda dapat menjelaskan:

1. proses yang terjadi sebelum suatu komoditas dapat diperoleh atau digunakan orang;
2. pengertian istilah prapanen, pascapanen, pengamanan atau pengolahan;
3. peranan penanganan pascapanen dan kaitannya dengan kerusakan yang mengakibatkan kehilangan pada komoditas pertanian;
4. berbagai jenis kehilangan pada komoditas pertanian;
5. berbagai faktor penting pada kegiatan panen, termasuk dampaknya pada kegiatan pascapanen;
6. peranan dan cara-cara pembersihan dan pengeprisan berbagai jenis komoditas pertanian.

KEGIATAN BELAJAR 1

Konsepsi dan Simpul Indikator Studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Ⓟada dasarnya penelitian epidemiologi untuk menyelidiki berbagai kejadian penyakit yang disebabkan oleh faktor lingkungan, telah dirintis sejak manusia mencoba menghubungkan antara penyakit dan lingkungan, misalnya zaman Mesir Kuno, zaman Hippocrates. Kemudian berkembang pesat pada abad XIX, ketika John Snow mengadakan penyelidikan muntaber di distrik kota London, di mana penduduknya mengonsumsi air terkontaminasi “bakteri”.

Dalam bidang kesehatan, berbagai komponen lingkungan yang diketahui dapat merupakan faktor risiko timbulnya penyakit, hal ini dipelajari dalam ilmu kesehatan lingkungan. Sementara itu, hubungan interaktif antara komponen lingkungan di tempat kerja dan manusia merupakan bagian dari kajian bidang kesehatan kerja. Dalam skala mikro, orang-orang yang bekerja di tempat pekerjaannya menghadapi keadaan dan kondisi lingkungan kerja secara lebih intensif, baik menghadapi alat-alat maupun lingkungan pekerjaannya.

Ilmu Kesehatan Lingkungan merupakan salah satu cabang ilmu kesehatan masyarakat, yang memperhatikan terhadap segala macam bentuk kehidupan, bahan-bahan, kekuatan, dan kondisi di sekitar manusia yang bisa mempengaruhi kesehatan dan kesejahteraan. Sedangkan Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari berbagai faktor yang berperan dalam kejadian satu penyakit, bagaimana penyakit itu disebarkan, serta karakteristik satu kejadian timbulnya penyakit tersebut. Sebagian bahkan mengatakan bahwa epidemiologi merupakan ilmu yang mempelajari satu fenomena ataupun hubungan satu dua atau lebih variabel. Untuk mempelajari studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (dan kesehatan kerja), diperlukan dua persyaratan pokok, yaitu sebagai berikut.

1. Memahami konsepsi dan jangkauan pemahaman Ilmu Kesehatan Lingkungan (dan kesehatan kerja). Dengan kata lain, perlu pemahaman dinamika hubungan interaktif lingkungan – manusia, beserta pemahaman indikator dinamika hubungan tersebut.
2. Memiliki kemampuan dasar metode epidemiologi.

Epidemiologi Kesehatan Lingkungan atau Epidemiologi Lingkungan adalah studi atau cabang keilmuan yang mempelajari faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi timbulnya (kejadian) suatu penyakit, dengan cara mempelajari dan mengukur dinamika hubungan interaktif antara penduduk dengan lingkungan yang memiliki potensi bahaya pada suatu waktu dan kawasan tertentu, untuk upaya promotif lainnya (Achmadi, 1991). Kawasan di sini dapat berupa lingkungan kerja, lingkungan pemukiman, lingkungan tempat-tempat umum dan transportasi pada skala lokal perkotaan atau pedesaan, lingkungan nasional, regional atau global. Sering kali, lingkungan nasional seperti halnya perkotaan atau batasan suatu negara sulit untuk memberikan batas tegas karena sifat kejadian atau fenomena kesehatan lingkungan pada dasarnya adalah lintas batas dan atau kecamatan atau kelurahan. Oleh sebab itu, kawasan di sini juga dapat bermakna atau menggunakan batasan wilayah/kawasan “habitat” manusia, seperti Daerah Aliran Sungai, Daerah Pegunungan, Daerah Pantai, dan sebagainya.

Batasan atau definisi Epidemiologi Lingkungan dari sebuah buku (Cordis, 1994) juga dapat dikutipkan di sini.

“Environmental Epidemiology may be defined as the study of environmental that influence the distribution and determinants of diseases in human population”

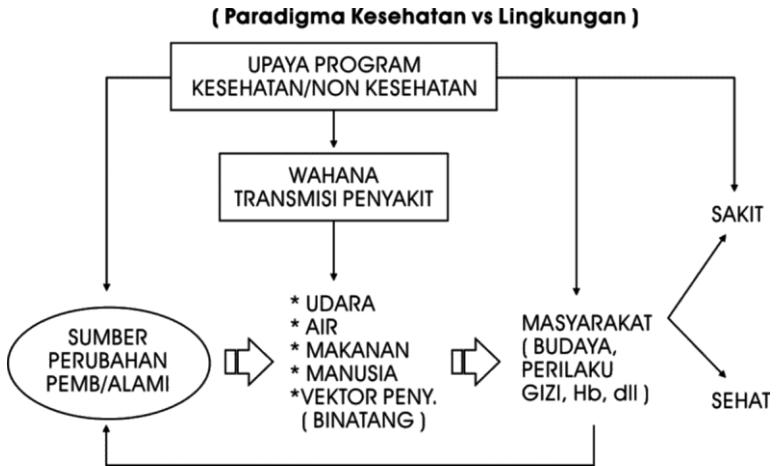
Kedua definisi di atas, baik definisi “domestik” (Achmadi, 1991) yang dikemukakan pada tahun 1991 maupun definisi baru yang dikemukakan Cordis (1994) dapat diperoleh makna bahwa faktor “lingkungan” lebih ditonjolkan, diutamakan untuk dipelajari, bukan penyakitnya. Epidemiologi Lingkungan pada prinsipnya juga tidak berbeda dengan epidemiologi dalam pengertian umum. Tetap menggunakan variabel penting dalam setiap kejadian penyakit, seperti orang, waktu, dan kawasan/tempat.

Seseorang ataupun tim yang hendak melakukan Studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (dan atau Kesehatan Kerja) terlebih dahulu harus memahami beberapa hal pokok sebagai berikut.

A. PARADIGMA (KONSEP/MODEL) KESEHATAN LINGKUNGAN (DAN ATAU KESEHATAN KERJA)

Paradigma kesehatan lingkungan adalah menggambarkan hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan dengan dinamika perilaku penduduk. Model hubungan berbagai variabel hubungan dengan penduduk dengan *outcome* penyakit ini, merupakan dasar bagi analisis kejadian sehat sakit dalam suatu kawasan. Model yang digambarkan di sini adalah model dasar yang dapat dikembangkan ke dalam model-model yang lebih kompleks dan memperhitungkan semua variabel yang diperoleh dari tinjauan kepustakaan (kerangka teori). Untuk menggambarkan model terlebih dahulu perlu dikemukakan definisi atau batasan apa itu kesehatan lingkungan.

Ilmu Kesehatan Lingkungan mempelajari berbagai masalah kesehatan sebagai akibat dari hubungan interaktif antara berbagai bahan, kekuatan, kehidupan zat, yang memiliki potensi penyebab sakit yang timbul akibat adanya perubahan-perubahan lingkungan dengan masyarakat, serta menerapkan upaya pencegahan gangguan kesehatan yang ditimbulkannya. Berbagai bahan, kekuatan, zat ataupun komponen kehidupan yang memiliki potensi penyebab sakit selalu dalam keadaan berubah dari waktu ke waktu, serta dari tempat satu ke tempat lainnya, akibat adanya sumber-sumber perubahan yang secara aktif selalu menimbulkan perubahan. Sumber perubahan dapat berupa kegiatan manusia, seperti pabrik ataupun transportasi, pemukiman dan lain-lain ataupun peristiwa alamiah, seperti gunung berapi dan berbagai reaksi kimia alamiah yang terjadi. Berikut ini adalah model sederhana atau lazim kita kenal sebagai model/paradigma kesehatan lingkungan.



Gambar 1.1. Paradigma kesehatan vs lingkungan

Perubahan-perubahan lingkungan dapat disebabkan oleh kegiatan alam, seperti letusan gunung berapi, atau akibat kegiatan manusia, seperti pembangunan waduk, pembakaran hutan, industri pencemaran udara pencemaran rumah tangga, dan lain-lain. Komponen lingkungan yang selalu berinteraksi dengan manusia dan sering kali mengalami perubahan akibat adanya kegiatan manusia atau proyek besar, adalah air, udara, makanan, vektor/binatang penular penyakit, dan manusia itu sendiri.

Perubahan-perubahan yang harus diwaspadai, pada dasarnya karena berbagai komponen lingkungan, seperti air maupun udara, bahkan binatang, seperti nyamuk tersebut yang mengandung “agents” penyakit. Agent penyakit ini yang pada dasarnya “menumpang” pada “vehicle” air, udara, dan lain sebagainya.

Pada dasarnya komponen lingkungan yang disebut memiliki potensi dampak kesehatan adalah komponen lingkungan yang mengandung di dalamnya berbagai *agents* penyakit yang dapat dikelompokkan kedalam kelompok fisik, mikroba maupun bahan kimia beracun (lihat deskripsi paradigma kesehatan lingkungan).

Untuk keperluan bahasan komponen lingkungan yang memiliki potensi bahaya penyakit dan untuk menggambarkan jumlah kontak maka dapat dikelompokkan sebagai berikut.

Jenis Agents Penyakit

Komponen lingkungan (yang merupakan wahana penyakit) yang mengandung potensi dampak dibagi dalam kelompok:

a. Kelompok Mikroba

Virus, spora, bakteri, parasit, jamur, masing-masing perlu lebih dideskripsikan lagi, bagaimana mengukur jumlah kontak atau perkiraan dosisnya, misalnya hitung koloni kuman termasuk salah satu metode untuk memperkirakan *exposure* terhadap kuman.

b. Kelompok Bahan Kimia

Klasifikasi bahan kimia amat luas, misalnya jenis pestisida bisa mencapai ratusan, limbah industri, asap rokok, jenis logam berat, jenis bahan kimia ikutan sehingga diperkirakan ratusan ribu jenis bahan kimia beredar di lapangan dan masing-masing memiliki potensi bahaya kesehatan lingkungan. Untuk itu harus ditetapkan atau dipelajari bahan kimia apakah yang hendak kita pantau?

c. Kelompok Fisik

Radiasi, elektromagnetik, kebisingan, getaran, suhu, ultraviolet, cuaca, radiasi, dan sebagainya.

Komponen tersebut akan berinteraksi dengan manusia melalui media atau wahana (*vehicle*): udara, air, tanah, makanan, atau vektor penyakit (seperti nyamuk).

Media atau “vehicle” udara: kita mengenal masalah “indoor air pollution”, pencemaran debu, spora dan lain-lain dalam udara. Media atau “vehicle” air: kita mengenal adanya bakteri, kimia, logam berat dalam air, dan lain-lain sehingga kita kenal program air bersih, pengolahan air limbah, dan lain-lain. Media atau makanan, misalnya makanan yang mengandung bakteri, spora, makanan yang mengandung bahan pewarna berbahaya, makanan/produk pertanian yang mengandung pestisida, hormon, logam berat (Cd), dan lain-lain. Bakteri, parasit juga dapat dipindahkan melalui binatang penular atau vektor penyakit. Oleh sebab itu, program kesehatan lingkungan termasuk pengendalian vektor.

Adanya berbagai komponen lingkungan dalam berbagai media terjadi karena adanya sumber-sumber yang secara aktif menghasilkan adanya komponen tersebut, baik dalam masa pemanfaatan (penggunaan) maupun ketika sudah menjadi limbah cair, padat maupun gas. Komponen lingkungan utamanya adalah bahan kimia pada berbagai media yang melebihi ambang

batas, lazim dikenal sebagai pencemaran lingkungan. Komponen lingkungan yang memiliki potensi sebagai agen penyakit yang berasal dari sumbernya, lalu bergerak dan berada dalam lingkungan (ambient). Nasibnya ada 2 kemungkinan, dapat dieliminir oleh komponen lingkungan yang lain (misalnya suhu lingkungan, kelembaban, bakteri, dan lain-lain) sehingga potensi bahaya hilang atau sebaliknya potensi menjadi lebih berbahaya bagi manusia. Dalam hal ini, perlu diperhatikan adanya variabel pengaruh/pengganggu yang dapat memperberat atau memperingan keadaan (*intervening variables*).

Bila di sekitar *agents* atau komponen lingkungan itu ada sekelompok manusia maka akan masuk ke dalam tubuh manusia melalui 3 jalan, yaitu:

- a. jalan nafas;
- b. jalan pencernaan;
- c. jalan kulit baik kontak dan masuk melalui pori-pori kulit atau suntikan.

Setelah masuk ke dalam tubuh, komponen lingkungan tersebut atau hasil metabolisme akan berada dalam jaringan darah, lemak, otak, dan lain-lain dan/atau berinteraksi dengan sistem pertahanan biologis. Proses ini sering tampak dari luar yang kita kenal sebagai suatu symptoms atau gejala timbulnya keracunan. Bila jumlah komponen lingkungan tersebut sedikit tentu tidak menimbulkan gejala jelas, orang ini masuk ke dalam kategori “*Chronic poisoning*” atau bahkan sering menimbulkan “*long term effect*” kelak kemudian hari.

Setelah berinteraksi dengan sistem pertahanan maupun mekanisme fisiologis lainnya, komponen B-2 tersebut akan bisa kita amati pada hasil metabolisme tubuh, seperti urine, air liur, keringat, dan lain-lain.

Dengan kata lain dalam konsepsi kesehatan lingkungan, status kesehatan masyarakat, merupakan resultante atau hasil hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan, seperti udara, air, makanan, vektor/binatang penular penyakit, tanah, serta manusia itu sendiri yang mengandung berbagai penyebab sakit, seperti golongan biologis, kimia dan golongan fisik.

Melihat uraian di atas terdapat 4 simpul indikator penyelidikan epidemiologi kesehatan lingkungan adalah sebagai berikut.

- 1) Simpul pertama (A) adalah Studi komponen lingkungan pada sumbernya atau lazim dikenal sebagai Emisi (*Emission inventory*). Gunanya untuk menentukan sejauh mana potensi bahaya komponen lingkungan yang mungkin ditimbulkannya. Misalnya angka prevalensi penderita hepatitis

atau typhoid dalam satu wilayah dapat mencerminkan potensi penyebaran penyakit yang bersangkutan, jumlah pabrik yang memiliki limbah; logam berat pada titik buangan, dan lain-lain dapat menggambarkan potensi masalah kesehatan lingkungan.

- 2) Simpul kedua (B) adalah Pengukuran komponen pada “*ambient*” atau lingkungan. Umumnya komponen lingkungan berada dalam media/wahana lingkungan, misalnya Studi dengan melakukan monitoring tingkat pencemaran air, residu pestisida dalam makanan, kadar tetrasiklin dalam jeruk dan lain-lain. Dari informasi yang diperoleh dapat kita perkirakan potensi bahaya dari komponen-komponen tersebut. Apalagi bila diketahui tingkat konsumsi rata-rata dari penduduk yang bersangkutan.
- 3) Simpul ketiga (C) adalah studi epidemiologi yang sering kita lakukan. Studi pada simpul ini mempelajari hal-hal setelah *agents* penyakit mengadakan interaksi dengan sekelompok penduduk atau dengan kata lain, setelah komponen lingkungan masuk ke dalam tubuh, di mana dalam dosis cukup telah timbul keracunan. Contoh, adanya kandungan Pb dalam darah atau CO dalam darah, menunjukkan tinggi rendahnya tingkat *exposure* seseorang terhadap bahan pencemaran. Studi epidemiologi pada simpul ke-3 ini juga sering disebut parameter biologis bila sesuatu komponen lingkungan sudah berada pada tubuh manusia. Parameter yang didapat menunjukkan “tingkat pemaparan” (atau *level of exposure*) atau sebut saja derajat kontak yang paling mendekati keadaan sebenarnya, misalnya adanya penurunan cholinesterase dapat dipakai sebagai indikasi derajat kontak terhadap pestisida. Contoh lain, adanya pengukuran kadar Carboxy hemoglobin (CO-Hb), atau DDT dalam plasma darah, Merkuri, Tetraethyl lead, dan lain-lain. Perlu pula diingat bahwa nilai-nilai tersebut sering dipengaruhi “*intervening variable*”, misalnya gizi, kelainan kongenital, kadar hemoglobin, dan lain-lain. Dalam kondisi keracunan akut, studi epidemiologi pada simpul ini dikenal dengan penyelidikan Kasus Luar Biasa (KLB), yang memerlukan langkah-langkah khusus.

- 4) Simpul keempat (D) adalah studi gejala penyakit, atau bila komponen lingkungan telah menimbulkan dampak. Tahap ini ditandai dengan pengukuran gejala sakit, baik secara klinis atau subklinis. Angka prevalensi, insidensi dan mortality merupakan ukuran-ukuran studi epidemiologi simpul D. Namun, umumnya studi dengan menggunakan simpul indikator D ini, dewasa ini masih memiliki kelemahan bila terpaksa harus mengambil data sekunder, misalnya di Puskesmas. Hal ini karena sistem pencatatan dan pelaporan yang masih kurang sempurna. Sehingga umumnya dilakukan dengan mengambil data primer. Contoh: pengumpulan prevalensi atau insidensi penyakit saluran nafas di sekitar pabrik.

Selain studi deskriptif dengan menggunakan simpul indikator tersebut di atas, banyak pula dilakukan studi epidemiologi yang bersifat analitik dengan menggabungkan atau mencoba menghubungkan antara *ke dua simpul*, misalnya simpul B dengan simpul C, atau simpul A dengan simpul B atau simpul C.

Contoh:

- Apakah ada hubungan antara tingginya dampak pemajanan pencemaran udara perkotaan dengan pedesaan? Apakah ada perbedaan risiko pencemaran? Berapa?
- Apakah ada perbedaan risiko diare antara penduduk yang menggunakan Sumur Pompa Dangkal dibanding Sumur Pompa Dalam?
- Apakah ada perbedaan status kesehatan masyarakat antara penghuni rumah panggung dibanding rumah tidak panggung?
- Apakah ada perbedaan risiko kesehatan (apabila) pabrik semen (kelak) didirikan pada satu wilayah A dibanding wilayah B (tanpa pabrik)?.

B. DINAMIKA ATAU KINETIKA PERJALANAN SUATU BAHAN TOKSIK DAN ATAU FAKTOR PENYEBAB PENYAKIT

Mempelajari dinamika atau kinetika perjalanan suatu bahan toksik dan atau faktor penyebab penyakit (fisik, kimia, mikroba) yang “menumpang” atau berada dalam “vehicle” atau kendaraan transmisi hingga kontak dengan manusia atau penduduk, misal bahan toksik Pb yang merupakan bahan campuran bahan bakar bensin yang di “emisikan” dari knalpot kendaraan

menjadi bahan pencemar udara perkotaan dapat masuk ke dalam tubuh manusia selain langsung melalui udara juga dapat melalui makanan yang tercemar oleh Pb, melalui air dan atau media lain, seperti tanah yang kemudian kontak dengan manusia melalui produk pertanian.

Demikian pula karakteristik debu kapas, karakteristik kebisingan, karakteristik gas ataupun berbagai bahan toksik dalam lingkungan sebelum kontak dengan manusia. Bagi penyebab mikroba, perilaku atau kinetika bagaimana mikroba tersebut menumpang “vehicle”, seperti air, udara, makanan juga harus dipelajari. Misalnya sifat *Legionella* dalam kasus Legionellosis, dari mana serta bagaimana cara berkembang biak harus dipelajari terlebih dahulu. Bagi epidemiologis lingkungan tidak mungkin mengetahui semua sifat dan karakteristik perjalanan *agents* penyakit. Untuk itu yang terpenting adalah bagaimana mendapatkan referensi tentang *agents* tertentu dari sebuah buku referensi.

Teknik mencari referensi menjadi amat penting. Pemahaman tentang kinetika atau dinamika *agents* akan menentukan teknik mengukur atau analisis pemajanan atau “*exposure assessment*”.

C. PARAMETER KESEHATAN LINGKUNGAN (DAN ATAU KESEHATAN KERJA)

Pemahaman ketiga adalah pemahaman terhadap berbagai parameter kesehatan lingkungan (dan atau kesehatan kerja), serta bagaimana mengukur berbagai parameter perubahan ataupun dinamika hubungan interaktif tersebut. Sekali lagi perubahan lingkungan dan atau lingkungan yang mengandung “potensi bahaya” pada dasarnya komponen lingkungan mengandung *agents* penyakit. Apa parameter untuk mengukur *agents* ini? Dalam Teori Simpul tersebut di atas (paradigma kesehatan lingkungan), berbagai parameter Kesehatan Lingkungan dapat diukur pada simpul A, yaitu pengukuran pada sumbernya atau lazim dikenal sebagai pengukuran emisi. Pengukuran simpul B atau pengukuran berbagai komponen penyebab sakit pada ambient (sebelum kontak dengan manusia), seperti pengukuran kualitas udara, air, makanan dan sebagainya. Pengukuran simpul C, yakni pengukuran pada spesimen tubuh manusia lazim dikenal sebagai bio-indikator atau bio-marker, pengukuran kadar merkuri pada rambut, atau kadar Pb dalam darah. Yang terakhir adalah pengukuran pada simpul D, yakni apabila interaktif itu menjadi “out-come” berupa kejadian penyakit, contoh prevalensi berbagai

penyakit, seperti jumlah penderita keracunan, jumlah penderita kanker dalam sebuah komunitas, jumlah penderita diare, penyakit kulit, dan sebagainya.

D. KEMAMPUAN MENGIDENTIFIKASI (POPULATION AT RISK)

Sebenarnya penentuan *population at risk*, amat penting baik untuk studi epidemiologi lingkungan yang konvensional maupun untuk studi analisis dampak kesehatan lingkungan maupun untuk pemantauan kesehatan lingkungan. Oleh sebab itu, perlu dicermati. Uraian ini berlaku untuk jenis studi epidemiologi lingkungan berikut aplikasinya tersebut di atas. Untuk menentukan pengukuran simpul C atau D dalam berbagai jenis studi di atas, perlu identifikasi *population at risk*, yakni satu istilah epidemiologi yang mendefinisikan siapakah atau kelompok masyarakat manakah yang akan terkena dampak?

Telah disebutkan bahwa pada dasarnya pengukuran dan pemantauan dampak pada manusia adalah *community based*. Oleh karena dalam penentuan *population at risk*, harus mengikuti sebaran potensi dampak (yakni komponen lingkungan yang mengandung *agents* penyakit/potensi dampak). Sebagai contoh adalah risiko yang bergantung pada aliran dan penyebaran air ataupun udara. Sebuah pembangkit tenaga listrik yang diperkirakan mengeluarkan polusi udara, akan mengalir kearah satu daerah. Penduduk di sekitar arah angin merupakan *population at risk*. Dari populasi yang telah kita definisikan kemudian kita ambil sampel menurut prosedur baku yang telah ada, yakni teknik sampling. Contoh lainnya adalah distribusi makanan yang diduga tercemar merkuri. Dalam hal ini *population at risk*, bisa tersebar di mana-mana, tergantung apakah penduduk tersebut makan makanan yang mengandung merkuri atau tidak. *Population at risk* juga dapat didasarkan pada kelompok umur, atau tempat ataupun waktu, kebiasaan yang sama. Kesamaan-kesamaan “riwayat exposure” barangkali yang amat menentukan terhadap kelompok berisiko ini. *Population at risk* harus didefinisikan dulu, berdasarkan berbagai faktor yang sekiranya menentukan kesamaan risiko tadi, barulah diambil sampelnya.

Pengambilan sampel berdasarkan *population at risk*, lazim kita kenal sebagai data primer, ideal sering kali secara finansial maupun waktu tidak mencukupi sehingga sering diambil jalan pintas dengan mengambil kasus dari rumah sakit maupun Puskesmas. Data dari kedua tempat ini tidaklah menggambarkan kenyataan karena dapat saja penderita yang ada di rumah

sakit berasal dari daerah atau kelompok yang tidak terkena risiko sehingga tidak dianjurkan.

Kemampuan untuk mengidentifikasi populasi mana yang terkena dampak?, Berapa besar/lama waktu dan cara kontak antara *agents* penyakit (di dalam wahana transmisi) tertentu atau pemaparan dengan penduduk. Penduduk yang terkena rasio atau potensi untuk kontak dengan *agents* penyakit, tidak selalu berada dalam satu kawasan. Dapat saja dalam waktu yang bersamaan, namun tempat yang berbeda. Sebagai contoh, orang yang memiliki hobi makan ikan asin (sedangkan dalam ikan asin tersebut terdapat logam berat) akan merupakan risiko logam berat di mana saja, kapan saja. Dalam analisis dampak kesehatan lingkungan pada sebuah proyek berpotensi dampak, harus dilihat pula apakah jumlah populasi yang terkena dampak bertambah, baik karena pendatang baru ataupun risiko lingkungan yang meluas? Apakah ada *high risk group* dalam *Population at Risk*?

Penetapan *population at risk* pada dasarnya sebagai berikut.

1. Ditentukan oleh pola kinetika *agents* yang berada di dalam wahana transmisi (sebaran potensi dampak).
2. Menentukan lokasi pengukuran analisis pemajanan.

Misalnya proyek pembangunan bendungan apakah akan mengubah habitat dan populasi nyamuk? Bagaimana penyebaran nyamuk tersebut (tentu harus mempelajari perilaku terbang nyamuk)? Siapa *population at risk*? Apakah proyek tersebut akan menimbulkan kebisingan? Bagaimana penyebaran potensi? Siapa terkena? Apakah masyarakat yang terkena dampak akan tetap, meluas, ataukah hanya *vulnerable group*, siapa mereka?

Setelah dapat menentukan "*population at risk*" maka gunakan teknik sampling bila memang diperlukan.

1. *Population at risk* adalah kelompok yang terkena risiko/kelompok yang mendapatkan ancaman penyakit lebih tinggi untuk terjadinya penyakit.
2. *High Risk* adalah di dalam kelompok risiko/*population at risk* ada subkelompok yang akan terkena lebih dahulu dalam waktu, dosis dan tempat yang sama.
3. *Study base*/basis studi/populasi asal adalah kelompok individu dengan pengalaman yang sama di mana menjadi pusat perhatian suatu studi.
4. Populasi Studi adalah sampel kelompok individu yang diteliti lebih lanjut.

5. Sampel adalah bagian dari suatu populasi studi dengan tujuan mempelajari karakteristik populasi asal.

E. STANDAR NORMALITAS

Setiap hasil pengukuran baik itu pengukuran simpul A, B, C atau D. Hasil pengukuran harus selalu dirujuk terhadap nilai-nilai standar “normal” sebagai bahan referensi.

Beberapa standar normal, misalnya Permenkes tentang Air Bersih, Baku Mutu Lingkungan, Nilai Ambang Batas berbagai *agents* penyakit (misalnya kebisingan), *maximum acceptables concentration*, dan lain sebagainya.

Nilai standar sama dengan acuan dalam proses gangguan kesehatan masyarakat dan merupakan rambu aman bagi tubuh, apakah nilainya dianggap tubuh masih dapat bereaksi secara fisiologis. Nilai-nilai standar disusun atas dasar percobaan di laboratorium melalui hewan percobaan dan setelah itu diujicobakan pada manusia, tetapi dapat juga berdasarkan pengalaman empirik pada industri dan ilmiah.

F. DESAIN STUDI

Studi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Kerja dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok besar.

Pertama adalah studi yang bersifat investigasi yakni mencari penyebab dalam kejadian luar biasa. Yang kedua adalah studi dalam keadaan endemik. Lazim dikenal sebagai *surveillance* epidemiologi. Berbagai kejadian penyakit akibat lingkungan baik lingkungan pemukiman maupun lingkungan kerja, khususnya yang “*non-communicable*” atau tidak menular dapat bersifat endemik. Pemajanan yang berlama-lama tiba-tiba saja karena sifat akumulatif *agents*, dapat berubah menjadi “*out break*” penyakit. Sebagai contoh, upaya monitoring kasus-kasus penyakit akibat pencemaran lingkungan seperti monitoring air minum atau sampel ikan untuk mencegah keracunan Cadmium atau Merkuri. Dalam hal penyakit menular yang kejadiannya lebih cepat dapat dicontohkan, monitoring terhadap kasus penyakit malaria yang secara rutin periodik sistemik dilakukan adalah sebuah epidemiologi *surveillance*. Upaya ini diperlukan untuk upaya pencegahan kejadian timbulnya suatu kasus.

Di samping itu, studi epidemiologi lingkungan dapat bersifat deskripsi atau mencandra pada tiap-tiap simpul pengamatan dalam paradigma kesehatan kerja. Contoh adalah evaluasi atau monitoring konsentrasi rata-rata harian kadar bahan pencemar udara pada lingkungan kerja bagian X dan Z. Konsentrasi kadar Pb pada pekerja yang memiliki pemaparan timah hitam, seperti pekerja pabrik panci dan lain sebagainya. Ini merupakan contoh studi deskripsi simpul pengamatan lingkungan kerja atau simpul B. Studi prevalensi penyakit pernapasan akibat kerja, serta karakteristiknya merupakan studi deskriptif simpul kelima. (E) Studi epidemiologi kadang juga menghubungkan dua simpul pengamatan atau lebih, misalnya antara simpul B dengan simpul C atau simpul D, dengan memperhatikan simpul lain sebagai *intervening variable*, seperti dalam gambar skema di atas, yakni kemungkinan pemaparan “tambahan” dari transportasi atau kebiasaan merokok yang dimasukkan ke dalam bagian studi. Sebagai contoh adalah studi epidemiologi yang menghubungkan antara kejadian asma dengan kadar gas formaldehide di tempat kerja, dengan memperhitungkan faktor pengaruh kebiasaan merokok.

Desain penelitian kesehatan kerja dan kesehatan lingkungan, juga mengenal dua kategori besar, yakni: observasional dan eksperimen. Tipe observasional, dapat merupakan deskripsi masa lampau, yakni retrospektif studi, misalnya menghubungkan kasus bisinosis dengan riwayat pemajanan debu organik. Atau studi observasional yang bersifat prospektif, yakni mengikuti riwayat pemajanan sambil menunggu “specific out come” atau timbulnya suatu kasus. Studi observasional dapat bersifat *cross sectional* atau kasus kelola (*case control*). Sedangkan studi eksperimen dapat dilakukan di lapangan atau di laboratorium. Eksperimen bila fenomena kesehatan lingkungan itu belum ada, observasi bila fenomena atau kejadian itu sudah ada.

Eksperimen bisa dilakukan di laboratorium menggunakan manusia atau binatang dalam mana berbagai variabel harus dikendalikan. Sedangkan observasi, dapat menggunakan potong lintang (*cross-sectional*) mengikuti fenomena tersebut, yakni retrospektif atau prospektif (*cohort*). Dalam berbagai metode tersebut dapat menggunakan pembanding atau lazim dikenal sebagai kontrol.

Eksperimen juga bisa dilakukan di lapangan. Misalnya untuk menjawab faktor-faktor apakah yang mempengaruhi dampak penggunaan pestisida pada para petani yang menyemprot sawahnya? Rancangan studi percobaan

lapangan dapat menggunakan manusia. Tentu saja bila masalah *ethical clearance* sudah dilaksanakan.

Metode analisis risiko kesehatan lingkungan dan kesehatan kerja dengan pendekatan epidemiologi lazimnya dilaksanakan apabila fenomena atau kejadian kesehatan lingkungan sebelumnya, sedang atau sudah berlangsung di lapangan. Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari berbagai faktor yang berperan dalam kejadian satu penyakit, bagaimana penyakit itu disebarkan, serta karakteristik satu kejadian timbulnya penyakit tersebut. Sebagian bahkan mengatakan bahwa epidemiologi merupakan ilmu yang mempelajari satu fenomena ataupun hubungan satu dua atau lebih variabel.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Buatlah diagram model paradigma kesehatan lingkungan dan jelaskan setiap simpul dan beri contoh salah satu *agents* penyakit yang mempengaruhi lingkungan.

Petunjuk Jawaban Latihan

Agar Anda dapat menjelaskan latihan ini, silakan Anda melihat bagan konsep paradigma kesehatan lingkungan, renungkan bagaimana perjalanan suatu *agents* penyakit yang berinteraksi dengan lingkungan dan mengakibatkan perubahannya. Kemudian kontak dengan tubuh makhluk hidup, melakukan interaksi yang pada akhirnya muncul suatu reaksi.



RANGKUMAN

Dengan mempelajari paradigma epidemiologi kesehatan lingkungan maka dapat digambarkan hubungan interaktif antara berbagai komponen lingkungan yang mempunyai potensi bahaya kesehatan pada makhluk hidup dengan dinamika perilaku penduduk. Lingkungan yang telah berinteraksi dengan *agents* penyakit, akan mengubah komposisi atau kualitas dari lingkungan. Perlu dipelajari dinamika atau kinetika perjalanan suatu bahan toksik dan atau faktor penyebab penyakit (fisik,

kimia, mikroba) yang “menumpang” atau berada dalam “vehicle” atau kendaraan transmisi, hingga kontak dengan manusia atau penduduk.

Kualitas lingkungan mempunyai parameter standar yang telah ditetapkan berdasarkan surat keputusan. Seseorang tidak akan menjadi sakit bila kualitas lingkungan tidak melampaui standar yang telah ditetapkan. Pengaruh atau dampak kesehatan tidak saja hanya dipengaruhi oleh perubahan kualitas lingkungan tetapi juga dipengaruhi oleh faktor manusianya, seperti kecukupan gizi, perilaku, pengetahuan, pendidikan, dan sebagainya.



TES FORMATIF 1 _____

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Mempelajari dinamika perjalanan suatu bahan toksik dan atau agents penyakit yang menumpang pada vehicle hingga kontak dengan manusia, adalah definisi dari
 - A. identifikasi *population at risk*
 - B. *agents* penyakit
 - C. studi kinetika
 - D. identifikasi *parameter risk*
- 2) Efek kesehatan dapat terjadi bila adanya interaksi antara *vehicle* dengan
 - A. *population at risk*
 - B. *agents* penyakit
 - C. studi kinetika
 - D. *parameter risk*
- 3) Untuk menentukan *cut off point* efek kesehatan dan faktor risiko maka harus melihat standar
 - A. realibilitas
 - B. validitas
 - C. normalitas
 - D. spesifikasi
- 4) Untuk mengukur berbagai parameter pada simpul maka harus melakukan
 - A. identifikasi *population at risk*
 - B. *agents* penyakit
 - C. studi kinetika
 - D. identifikasi *parameter risk*

- 5) Kemampuan untuk mengidentifikasi komunitas yang terkena dampak maka perlu dilakukan
- A. identifikasi *population at risk*
 - B. *agents* penyakit
 - C. studi kinetika
 - D. identifikasi parameter *risk*

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Analisis Pemajanan (*Exposure Assessment*)

Untuk memperkirakan berapa jumlah *population at risk* berinteraksi (kontak) dengan komponen lingkungan yang memiliki potensi dampak (yakni yang mengandung *agents* penyakit) dikenal dengan istilah *exposure* atau pemajanan. Pemajanan menggambarkan jumlah komponen lingkungan yang memiliki potensi dampak yang diterima atau kontak dengan tubuh dan memberikan dampak. Terminologi pemajanan atau *exposure* pada dasarnya mencoba menggantikan istilah dosis yang tidak mungkin diukur di lapangan (melainkan hanya di laboratorium) mungkin karena jumlah populasi yang amat banyak atau amat luas persebarannya, atau mungkin karena secara teknis tidak mungkin mengukur dosis. Namun demikian, diperlukan teknik sedemikian rupa sehingga pengukuran pemajanan sedapat mungkin menggambarkan dosis atau jumlah yang dapat diterima oleh tubuh manusia.

Pemajanan dapat diartikan sebagai perkiraan derajat atau jumlah kontak yang menggambarkan hubungan interaktif antara manusia secara individu maupun kelompok dengan komponen lingkungannya. Pada dasarnya komponen lingkungan yang disebut memiliki potensi dampak kesehatan adalah komponen lingkungan yang mengandung di dalamnya berbagai *agents* penyakit yang dapat dikelompokkan ke dalam kelompok fisik, mikroba maupun bahan kimia beracun (lihat deskripsi paradigma kesehatan lingkungan).

1. Sifat Pemberi Potensi Dampak (*Agents*) Penyakit

Bagaimana sifat *agents* penyakit tersebut? Apa “moda” wahana interaksi atau kontak dengan tubuh manusia? Apakah air, udara atau makanan. Apakah langsung? Atau melalui wahana bermacam-macam? Apakah berubah sifatnya ketika “menumpang” dalam moda transmisi tersebut sebelum kontak dengan manusia? Atau bahkan berubah? Untuk itu sifat-sifat bahan pemberi potensi dampak tersebut harus dipelajari seperti halnya telah dijabarkan pada bab sebelumnya, yakni tentang kinetika *agents* berikut wahana transmisinya. Hanya ada tiga wahana transmisi, yakni air, udara, benda hidup atau gangguan penyakitnya lazim dikenal sebagai *animal borne disease*. Atau yang keempat, wahana tanah yang kemudian masuk ke dalam wahana makanan (produk pertanian). Bagaimana wahana transmisi tersebut? Harus

pula diperhitungkan adanya “cross transmission”, misalnya semula dari air, meresap ke dalam tanah, lalu dari tanah diserap oleh tanaman pangan, yang pada akhirnya dikonsumsi oleh penduduk.

2. Jumlah

Berapa jumlah yang diperkirakan kontak dengan manusia:

- a. exposure (pemajanan);
- b. dosis.

Keduanya perlu dibedakan. Ukuran dosis hanya dapat dilakukan di laboratorium. Sedangkan di lapangan hanya merupakan perkiraan saja. Oleh sebab itu, pemajanan, yakni perkiraan jumlah kontak (penggambaran interaksi).

Ada 5 perkiraan jumlah kontak, yaitu sebagai berikut.

- a. Perkiraan jumlah pemajanan eksternal secara umum
Adalah konsentrasi bahan dalam media bahan tertentu, misalnya berapa kandungan CO, SO₂ atau Pb dalam udara, kandungan merkuri dalam bulu bebek, atau dalam sayur-mayur? Ikan? Lalu diperkirakan berapa masyarakat *exposed* terhadap kondisi ini? Bahkan dalam studi epidemiologi yang masih bersifat eksploratif, cukup menanyakan “jenis” atau riwayat *exposure* untuk membedakan dengan riwayat “yang tidak *exposed*/terpapar”. Misalnya apakah sekelompok masyarakat tinggal di tepi sungai? Di tepi jalan raya, di tempat dengan area yang memiliki karakteristik tertentu?
- b. Perkiraan jumlah pemajanan internal sederhana (*intake*)
Perkiraan jumlah konsentrasi bahan dalam bahan/media transmisi tertentu serta perkiraan berapa jumlah kontak tersebut? Makan berapa kilogram/hari? Lalu berapa kandungan bahan berbahaya dalam tiap kilogramnya?
- c. Perkiraan uptake = jumlah yang diabsorpsi oleh tubuh

Udara:

Ci *inhaled*

Ce *exhaled*

$$\text{Uptake} = (C_i - C_e) \times \text{Volume} \times t$$

d. Perkiraan pemajanan pada *target organ*

Misalnya dengan metode neutron *activation analysis*. Namun, hal ini hanya dapat dilakukan di laboratorium. Dalam kaitan ini perlu dipahami pula pengertian *Critical concentration for a cell, for organ, critical organ*. *Critical organ* akan terjadi bila 30% dari selnya rusak. *Critical cell* terjadi bila konsentrasi bahan toksik sudah mencapai tahap tertentu dalam setiap selnya.

e. Perkiraan perilaku pemajanan (*behavioral exposure*)

1) Pemajanan pada kulit

Mengukur langsung bahan toksik yang ada pada kulit, baik langsung (misalnya) metode pencucian/rinsing atau membilas bahan kimia dari kulitnya kemudian diukur atau dengan cara menempelkan “sesuatu” untuk menangkap bahan agents tersebut.

2) Perkiraan pemajanan lokal pada kulit dapat dimodifikasi menjadi pengukuran pemantauan “Perilaku Pemajanan”.

Teknik pemantauan perilaku pemajanan disukai karena tidak invasif (tidak menyakiti), meski membuat “*inconveniency*” bagi yang bersangkutan. Dengan memasang “alat penangkap” parameter bahan yang hendak ditangkap dari lingkungan, salah seorang anggota masyarakat dapat bergerak melakukan berbagai kegiatannya. Hasil akhir pemajanan atau hasil tangkapan, misalnya 8 jam atau 24 jam, kemudian dianalisis memberikan gambaran jumlah besarnya pemajanan tiap individu. Dapat saja hasil tangkapan bahan toksik ini dihubungkan dengan berbagai macam variabel, seperti pendidikan, pengalaman pernah tidaknya mengikuti pelatihan, serta variabel lain yang berkaitan dengan sikap dan perilaku. Berbagai variabel sosial ini, akan mempengaruhi distribusi kejadian kontak antara bahan toksik dengan masyarakat. Ada sekelompok masyarakat yang mendapatkan kontak lebih besar karena ketidaktahuannya, ada yang kecil karena menghindari (karena sudah tahu). Demikian pula distribusi bagian tubuh mana yang paling banyak kontak? Hal ini dapat pula diketahui. Sebagai contoh, pemasangan “film badge” pada pekerja yang terpajan radioaktif, atau pemasangan alpha cellulose pada pekerja penyemprot pestisida. Hal ini dapat pula diterapkan pada penduduk. Tentu saja dengan mengembangkan teknik “tangkapan” bahan toksik tadi, bila dimungkinkan.

Cara lain sebagai modifikasi adalah dengan cara mengisi “catatan harian” masing-masing anggota sampel (komunitas) yang sedang diteliti. Pertanyaan secara rinci, atau dapat saja yang bersangkutan mengisi daftar isian, dapat menggambarkan perkiraan perlakuan pemajanan. Contoh penentuan pemajanan *indoor vs out door*, pada kasus pencemaran udara penduduk. Pada balita dapat diperoleh gambaran, berapa keberadaan mereka di sekolah, di rumah atau di antaranya?

Bagaimana pengukuran jumlah kontak bahan fisik?

3. Waktu

Dalam menghitung pemajanan, harus diperhitungkan faktor waktu. Berapa lama masing-masing individu dan atau sekelompok masyarakat tersebut terpajan? Tiap hari? Berapa jam/hari? Bertahun-tahun?

4. Tempat

Demikian pula faktor tempat. Hal ini harus dicatat. Beberapa level dapat dikemukakan di sini:

- a. lingkungan pemukiman;
- b. lingkungan kerja;
- c. lingkungan tempat umum;
- d. regional;
- e. global.

5. Intervening Variables–dalam Exposure Assessment

Dalam mempelajari analisis pemajanan perlu dicari kemungkinan sumber perubahan lingkungan atau sumber potensi dampak lain selain yang kita pelajari. Oleh sebab itu, perlu dipahami karakteristik bahan pencemar atau *agents*, contohnya bila kita hendak menghitung pemajanan penduduk terhadap sulfur dioksida dari kendaraan bermotor maka perhitungkan kemungkinan sumber lain, misalnya gunung berapi. Di Bandung sumber pencemaran SO₂ selain dari kendaraan bermotor, juga dari Gunung Tangkuban Perahu. Contoh lain, kalau kita hendak mempelajari Carboxy Haemoglobin yang merupakan ikatan CO – haemoglobin, mungkin saja CO tersebut diperoleh dari pencemaran kendaraan bermotor, mungkin saja dari asap rokok. Untuk itu di bawah ini secara skematik keadaan-keadaan yang harus diperhatikan adalah:

- a. satu sumber satu bahan pencemar, misal jarang ada;
- b. satu sumber banyak bahan pencemar, misal rokok;
- c. banyak sumber satu bahan, misal gas CO;
- d. banyak sumber banyak bahan, paling banyak contohnya, misalnya dalam melakukan studi masalah pencemaran udara atau pencemaran air sungai.

6. Pengertian Impurities

Pada waktu melakukan pemantauan atau pemantauan bahan kimia beracun perlu memiliki pengertian masalah *impurities*. Sebagai contoh, pestisida di pasaran memiliki jenis kemasan berbeda-beda. Ada butiran, cairan terkonsentrasi, aerosol, dan lain-lain. Tiap kemasan, selalu ada bahan *active* atau *active ingredient*, *stabilizer*, mungkin bahan pewarna atau pengharum. Sebenarnya bahaya yang selalu diperhitungkan hanya terhadap *active ingredient*. Namun, bahan campurannya seharusnya perlu diperhitungkan. Dengan kata lain “kemurnian atau impurities harus dikenal”.

7. Contoh Analisis Exposure Assessment

a. Pengukuran Udara

Seperti telah diuraikan, teknik kualitatif (sebenarnya kuantitatif), untuk mengukur apakah seseorang atau kelompok masyarakat *exposed* terhadap udara buruk, cukup menanyakan, di mana tempat tinggal, di mana bekerja, dengan asumsi tempat tinggal ataupun kerjanya memiliki udara buruk. Cara kedua semi kualitatif adalah dengan mengukur titik-titik tempat tinggal atau tempat kerja secara representatif, lalu kita mendapat gambaran beberapa tingkatan *exposure* dengan asumsi rata-rata (semua penduduk kontak dengan jumlah yang sama). Dalam hal ini perlu diperhatikan, 1) *area population at risk*; 2) penentuan titik pengambilan ukuran konsentrasi bahan pencemar sesuaikan dengan asas keterwakilan, biaya, serta metodologi teknik pengambilan sampel. Untuk penentuan pemajanan secara akurat dapat dipertimbangkan metode pengukuran *uptake*, yakni konsentrasi *inhaled* dikurangi *exhaled*.

b. Pengukuran Pemajanan pada Air dan Makanan

Beberapa pengertian di bawah ini harus diketahui:

- 1) *intenden additives* adalah bahan pewarna, bahan pengawet, dan lain-lain;
- 2) *Accidental additives* adalah kontaminasi pada waktu transport;

- 3) *Incidental* adalah residu bahan kimia pada produk pertanian, ternak.

Overall Assessment of Dietary Intake:

- 1) jumlah total ketersediaan makanan perorang (jumlah produksi/ import dibagi jumlah orang);
- 2) jumlah yang diberi tiap keluarga dibagi jumlah anggota;
- 3) kuisioner atau penimbangan bahan konsumsi untuk beberapa hari dibagi jumlah orang.

Pemantauan Serangga/Binatang Penular Penyakit

Sesuai dengan metode pemantauan serangga, seperti kepadatan nyamuk, angka gigitan serangga, dan lain-lain.

c. *Penilaian Dampak Kesehatan (Pengukuran Prevalensi Penyakit)*

Penilaian dampak dan atau pemantauan pada manusia merupakan pemantauan dan pengukuran simpul C dan D. Pada dasarnya baik pengukuran maupun pemantauan pada simpul C dan D atau dampaknya pada manusia, adalah *community based*. Dengan demikian, data yang diperoleh dari instansi kesehatan, seperti puskesmas, ataupun rumah sakit perlu dipertanyakan validitasnya. Di bawah ini diuraikan beberapa jenis pemeriksaan pada manusia, sehubungan dengan kegiatan Epidemiologi Kesehatan Lingkungan (juga dapat diterapkan pada studi Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan-ADKL).

Pengukuran Dampak Pada Manusia.

- 1) Pengukuran *Behavioural Exposur*/Perilaku Pemajanan (simpul C).
- 2) Pengukuran Bio Indikator/*Biomarker* (simpul C).
- 3) Pengukuran/identifikasi kasus/penderita (simpul D).

Masing-masing tentu memiliki keunggulan dan kelemahan. Di bawah ini diuraikan masing-masing pengukuran. Pada dasarnya dapat dipilih salah satu atau kombinasi dua di antara tiga:

- 1) Pemantauan “Perilaku Pemajanan”

Teknik pemantauan perilaku pemajanan disukai karena tidak invasif (tidak menyakit), meski membuat “*inconveniency*” bagi yang bersangkutan. Dengan memasang “alat penangkap” parameter bahan yang hendak ditangkap dari lingkungan, salah satu anggota *community* dapat bergerak melakukan berbagai kegiatannya. Hasil akhir pemajanan

atau hasil tangkapan, misalnya 8 jam atau 24 jam, kemudian dianalisis memberikan gambaran jumlah besarnya pemajanan tiap individu. Dapat saja hasil tangkapan bahan toksik ini dihubungkan dengan berbagai macam variabel, seperti pendidikan, pernah tidak pernah mengikuti pelatihan, dan lain sebagainya.

2) Pemantauan Biologik

Kesulitan untuk menghubungkan data kadar pencemar dengan jumlah sebenarnya yang diabsorpsi tubuh, menyebabkan timbulnya upaya untuk memperkirakan berapa absorpsi bahan pencemar tersebut dalam tubuh. Tentu saja teknik yang digunakannya harus lebih canggih dan kini telah banyak tersedia untuk ini. Pada dasarnya pemantauan biologik berusaha mengukur dosis internal bahan pencemar yang merupakan estimasi lebih baik tentang potensi penyakit dan gangguan faali. Pemantauan dan pengukuran biomarker adalah teknik pengukuran keberadaan bahan pencemar dalam spesimen biologik, seperti jaringan, dan atau hasil metabolite urine, feces, keringat, saliva, dan lain sebagainya. Keberadaan bahan pencemar, mungkin saja tidak ditemukan utuh sebagaimana keberadaan mereka dalam bentuk senyawa kimia seperti mereka di luar, namun mungkin sudah berubah bentuk baik berupa metabolitenya, maupun senyawa baru dalam tubuh. Secara definitif Pemantauan Biologik didefinisikan sebagai berikut, Pengukuran dan penilaian tentang substansi tertentu atau hasil metabolismenya dalam jaringan, sekresi atau ekskresi atau udara nafas (*expired air*) atau gabungan dari itu untuk megevaluasi pemajanan dan risiko kesehatan dengan membandingkannya terhadap nilai ambang yang tepat. Pemantauan biologik juga pada dasarnya merupakan bagian dari upaya pencegahan karena bila diketahui seseorang memiliki nilai yang amat tinggi, harus dilakukan upaya “mitigation”.

Syarat pemantauan biologik sebagai berikut.

- a) Bahan yang diteliti atau hasil metabolitnya terdapat dalam jaringan, cairan tubuh atau hasil ekskresi lainnya.
- b) Adanya metode analisis yang sah.
- c) Adanya nilai ambang yang berlaku.
- d) Metode atau cara yang digunakan harus disetujui oleh anggota komunitas yang hendak diambil spesimennya.

Dalam pemantauan biologik kadang dimasukkan pula pemeriksaan “efek biologik”, apabila bahan pencemaran yang bersangkutan sudah memberikan efek, namun masih dalam batas belum menimbulkan “*adverse effect*”. Karena pemantauan biologik berhubungan dengan waktu paruh (*half time biology*) maka secara teoretik waktu paruh tiap bahan pencemar dalam tubuh harus diketahui. Oleh sebab itu, teknik pengambilan harus disesuaikan. Cara pengambilan lain dapat saja dilakukan pada *End of Week*, atau *End of Month* dan lain sebagainya.

Demikian pula teknik pengambilan spesimen harus pula memperhatikan soal waktu, contoh, Variasi Diurnal: beberapa jenis bahan memiliki variasi diurnal. Pengumpulan Hg harus menggunakan urine pagi karena kadar tertinggi didapat pada saat ini. Volume urine, harus pula diperhatikan.

Kontaminasi lingkungan, baik alat-alat maupun ketika analisis harus diperhatikan karena *critical stage* analisis biomarker, antara lain pada waktu *handling specimen* ini. Konsumsi rokok, sering kali mengacaukan hasil interpretasi karena dalam asap rokok, banyak bahan kimia ikutan yang terinhalasi.

3) Pengukuran/Identifikasi Kasus

Yang dimaksud di sini adalah penentuan apakah seseorang merupakan kasus, yaitu yang sudah terkena dampak atau belum. Dalam bahasa hukumnya apakah yang bersangkutan merupakan “korban” atau bukan. Dalam bahasa Inggris dikenal dengan sebutan “*health effect*”. Kapan seseorang di “vonis” menderita penyakit tertentu? Hanya dokter ahli atau nondokter yang memiliki “instrument” terstandarisir yang mengetahuinya. Tentu saja dengan mengumpulkan gejala patognomonik (khas) atau berbagai tolok ukur lainnya.

Penentuan *health effect* atau ‘dampak kesehatan’, adalah rumit karena di samping diperlukan sekumpulan “gejala penyakit” juga kadang memerlukan kemampuan deteksi gejala tersebut (*health effect sign*) dari tingkat sederhana hingga amat canggih seperti alat-alat teknik diagnostik. Beberapa teknik diagnostik, baik yang merupakan pengamatan maupun perabaan, memerlukan konsistensi dalam pengukuran. Dengan demikian, haruslah dihindari, hal-hal, seperti inter dan *intraindividual variability*, *interlaboratory variability*, dan sebagainya. Pada akhirnya dalam studi epidemiologi lingkungan seseorang atau tim

studi harus dapat menentukan mana yang “kasus” dan “non kasus”. Batasan kasus dan nonkasus harus jelas karena hal ini penting untuk menentukan siapa masuk kategori “sakit” dan mana yang “tidak sakit”. Penentuan diagnostik nampaknya mudah, namun bila sekelompok orang berada dalam “border line” atau garis batas kondisi antara sehat dan sakit maka berbagai aspek harus dipertimbangkan, misalnya bila garis batas terpaksa diturunkan, akan berakibat lebih banyak kelompok yang masuk kasus, dan sebaliknya.

Alat bantu diagnostik telah kita ketahui semua, mulai dari pemeriksaan anamnestikal, pemeriksaan fisik, radiologik hingga spirometrik. Tak kalah penting adalah alat bantu anamnestik, yang dikembangkan dalam bentuk kuesioner. Dewasa ini telah dikembangkan kuesioner standard untuk menjaring kasus-kasus gangguan pernapasan, seperti yang dikembangkan oleh Persatuan Dokter di Inggris atau India. Tentu alat bantu ini amat efektif karena telah diuji validitasnya dengan uji atau test validitas. Namun, untuk Indonesia perlu disesuaikan. Ada baiknya Ikatan Dokter Kesehatan Kerja memikirkannya. Alat diagnostik kuesioner ini amat efisien apabila harus digunakan pada jumlah orang yang amat banyak.

Pengukuran “dampak kesehatan” atau pengukuran pada manusia merupakan pengukuran simpul C dan D. Pada dasarnya baik pengukuran maupun pemantauan pada simpul C dan D atau dampaknya pada manusia, adalah *community based* yang didapat dari identifikasi *population at risk*. Dengan demikian, data yang diperoleh dari instansi kesehatan, seperti puskesmas, ataupun rumah sakit, perlu dipertanyakan validitasnya.

Secara umum pengamatan dampak kesehatan dikenal sebagai berikut.

- a) Teknik diagnostik klasik (oleh dokter), kadang dengan bantuan alat-alat diagnostik.
- b) Teknik penggunaan “standard kuesioner”.

Beberapa penyakit dapat dideskripsikan dahulu gejala-gejalanya kemudian, disusunlah daftar pertanyaan-pertanyaan yang mengarah pada penentuan “kasus dan non kasus”. Tentu saja kuesioner ini harus diuji spesifitas dan sensitivitasnya, konsistensi dan lain sebagainya. Beberapa standar kuesioner telah disusun dan telah diakui dapat menjaring kasus-kasus dampak kesehatan.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Terkait dengan dua analisis penjaminan dengan banyak sumber dan banyak bahan pencemar. Coba identifikasi untuk satu kasus pencemaran sungai di wilayah Anda serta perlindungan dampak pada kesehatan.

Petunjuk Jawaban Latihan

Pelajari *intervening* variabel dalam *exposure assessment*.



RANGKUMAN

Pemajanan dapat diartikan sebagai perkiraan derajat atau jumlah kontak yang menggambarkan hubungan interaktif antara manusia secara individu maupun kelompok dengan komponen lingkungannya.

Komponen lingkungan yang disebut memiliki potensi dampak kesehatan adalah komponen lingkungan yang mengandung di dalamnya berbagai *agents* penyakit yang dapat dikelompokkan ke dalam kelompok fisik, mikroba maupun bahan kimia beracun (lihat deskripsi paradigma kesehatan lingkungan).

Diperlukan teknik pengukuran pemajanan yang sedapat mungkin menggambarkan dosis atau jumlah yang dapat diterima oleh tubuh manusia.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Komponen lingkungan yang memiliki potensi dampak terhadap kesehatan disebut
 - A. *exposure*
 - B. standar normalitas
 - C. *population at risk*
 - D. dosis

- 2) Apa yang dimaksud dengan wahana transmisi
- A. air
 - B. manusia
 - C. binatang
 - D. semua jawaban di atas benar
- 3) Perkiraan jumlah konsentrasi bahan yang kontak atau masuk ke dalam tubuh disebut
- A. *uptake*
 - B. *intake*
 - C. absorpsi
 - D. bukan salah satu di atas
- 4) Jumlah bahan toksik yang diserap oleh tubuh disebut
- A. *uptake*
 - B. *intake*
 - C. absorpsi
 - D. bukan salah satu di atas
- 5) Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam menghitung pemajanan adalah
- A. waktu
 - B. konsentrasi
 - C. sifat
 - D. semua jawaban di atas benar

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C
- 2) B
- 3) C
- 4) D
- 5) A

Tes Formatif 2

- 1) A
- 2) D
- 3) B
- 4) A
- 5) D

Daftar Pustaka

- _____. (1983). *Environmental Health Criteria 27, Guidelines on Studies in Environmental Epidemiology*. Geneva: WHO.
- _____. (1990). *Environmental & Occupational Epidemiology, Basic Epidemiology*. Geneva: WHO.
- _____. (1990). *Investigating Environmental Disease Outbreaks*. Geneva: WHO.
- _____. (1993). *Methodes Environmental Epidemiology*. WHO, TRS.
- Achmadi. (1991). *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan; Working Paper: Pentaloka Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. UF.
- Cordis L; McGraw Hill. (1994). *Environmental Epidemiology and Risk Assessment*. Toronto, N.Y, Brisbane.
- Tim Aldirch, Jack Griffith, and Christopher Cooke. (1993). *Environmental Epidemiology and Risk Assessment*. New York.