

BUKU REFERENSI

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT MENULAR DAN TIDAK MENULAR

Dr. Sondang Sidabutar, SKM., M.Kes.



BUKU REFERENSI
EPIDEMIOLOGI PENYAKIT MENULAR
DAN TIDAK MENULAR

Ditulis oleh:

Dr. Sondang Sidabutar, SKM., M.Kes.

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang keras memperbanyak,
menerjemahkan atau mengutip baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku
tanpa izin tertulis dari penerbit.



ISBN: 978 – 634 – 316 – 064 – 9
V + 254 hlm; 18,2 x 25,7 cm.
Cetakan I, Juli 2026

Desain Cover dan Tata Letak:
Muhammad Rasya Aiman Hafizh

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh
PT Media Penerbit Indonesia
Royal Suite No. 6C, Jalan Sedap Malam IX, Sempakata
Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan 20131
Telp: 081362150605
Email: ptmediapenerbitindonesia@gmail.com
Web: <https://mediapenerbitindonesia.com>
Anggota IKAPI No.088/SUT/2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku referensi “Epidemiologi Penyakit Menular dan Tidak Menular” ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai sumber pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa, dosen, peneliti, tenaga kesehatan, serta masyarakat yang ingin memahami konsep, prinsip, dan penerapan epidemiologi dalam mengkaji berbagai masalah kesehatan.

Epidemiologi memiliki peran penting dalam mengidentifikasi pola penyebaran penyakit, faktor risiko, serta upaya pencegahan dan pengendalian penyakit dalam suatu populasi. Di tengah tantangan kesehatan yang semakin kompleks, baik akibat penyakit menular maupun penyakit tidak menular, pemahaman yang komprehensif mengenai epidemiologi menjadi sangat penting untuk mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan program kesehatan yang efektif.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik kesehatan masyarakat.

Salam Hangat

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii

BAB I	PENGANTAR EPIDEMIOLOGI.....	1
A.	Definisi dan Ruang Lingkup Epidemiologi.....	1
B.	Sejarah Perkembangan Epidemiologi.....	7
C.	Konsep Dasar: Triad Epidemiologi dan Model Kausalitas	13
D.	Peran Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat	20
BAB II	UKURAN FREKUENSI DAN ASOSIASI PENYAKIT	
		25
A.	Ukuran Insidensi dan Prevalensi	26
B.	Ukuran Morbiditas dan Mortalitas.....	32
C.	<i>Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk</i>	36
D.	Interpretasi Data Epidemiologi.....	41
BAB III	DESAIN STUDI EPIDEMIOLOGI.....	46
A.	Studi Deskriptif.....	46
B.	Studi Analitik (Kohort, Kasus-Kontrol)	52
C.	Uji Klinis (<i>Experimental Study</i>)	59
D.	Bias, <i>Confounding</i> , dan Validitas	64
BAB IV	EPIDEMIOLOGI PENYAKIT MENULAR	71
A.	Karakteristik Penyakit Menular	71
B.	Rantai Penularan dan Mode Transmisi.....	76
C.	Konsep Wabah, KLB, Pandemi, dan Endemi.....	83
D.	Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Menular	89

BAB V	EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR ..	96
A.	Karakteristik Penyakit Tidak Menular.....	96
B.	Faktor Risiko Penyakit Tidak Menular.....	100
C.	Transisi Epidemiologi.....	107
D.	Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tidak Menular .	112
BAB VI	<i>SURVEILANS</i> EPIDEMIOLOGI	118
A.	Konsep dan Tujuan <i>Surveilans</i> Epidemiologi	118
B.	Jenis-Jenis <i>Surveilans</i> Epidemiologi	121
C.	Sistem Informasi Kesehatan	126
D.	Pemanfaatan Data <i>Surveilans</i> untuk Kebijakan.....	131
BAB VII	EPIDEMIOLOGI PENYAKIT MENULAR UTAMA	
		136
A.	Tuberkulosis, HIV/AIDS, dan Malaria.....	136
B.	Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi.....	147
C.	Penyakit Emerging dan Re-emerging.....	152
D.	Strategi Pengendalian Penyakit Menular.....	156
BAB VIII	EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR UTAMA	161
A.	Penyakit Kardiovaskular.....	161
B.	Diabetes Melitus	165
C.	Kanker.....	169
D.	Penyakit Paru Kronis	174
BAB IX	FAKTOR SOSIAL DAN LINGKUNGAN DALAM EPIDEMIOLOGI	177
A.	Determinan Sosial Kesehatan	177
B.	Lingkungan Fisik dan Biologis.....	181
C.	Gaya Hidup dan Perilaku Kesehatan	185
D.	Ketimpangan Kesehatan	189
BAB X	PENCEGAHAN DAN PROMOSI KESEHATAN	193
A.	Tingkatan Pencegahan Penyakit.....	193
B.	Promosi Kesehatan Berbasis Komunitas	197
C.	Intervensi Berbasis Risiko	201
D.	Peran Edukasi dan Perubahan Perilaku	204

BAB XI	EPIDEMIOLOGI DALAM KEBIJAKAN KESEHATAN	208
A.	<i>Evidence-Based Public Health</i>	208
B.	Perencanaan Program Kesehatan.....	212
C.	Evaluasi Program dan Intervensi Kesehatan	215
D.	Peran Epidemiologi dalam Pengambilan Keputusan.....	218
BAB XII	ISU KONTEMPORER DAN TANTANGAN EPIDEMIOLOGI	222
A.	Globalisasi dan Penyebaran Penyakit.....	222
B.	Perubahan Iklim dan Kesehatan	224
C.	<i>Digital Epidemiology</i> dan <i>Big Data</i>	227
D.	Tantangan Sistem Kesehatan Masa Depan.....	230
	DAFTAR PUSTAKA	233
	GLOSARIUM	243
	INDEKS	246
	BIOGRAFI PENULIS.....	248
	SINOPSIS	249

BAB I

PENGANTAR EPIDEMIOLOGI

A. Definisi dan Ruang Lingkup Epidemiologi

Epidemiologi berasal dari akar kata bahasa Yunani kuno: *epi* yang berarti 'pada' atau 'tentang', *demos* yang berarti 'penduduk' atau 'rakyat', dan *logos* yang berarti 'ilmu' atau 'kajian'. Secara harfiah, epidemiologi dapat diartikan sebagai 'ilmu yang mempelajari sesuatu yang terjadi pada penduduk.' Meskipun definisi etimologis ini tampak sederhana, substansi ilmu epidemiologi jauh lebih kaya dan terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, dan kompleksitas masalah kesehatan global.

Perkembangan definisi epidemiologi mencerminkan evolusi pemikiran tentang kesehatan dan penyakit. Definisi awal epidemiologi sangat terfokus pada penyakit menular dan wabah. Seiring waktu, cakupan epidemiologi meluas untuk mencakup seluruh kondisi kesehatan, dari penyakit kronik hingga cedera, gangguan mental, dan bahkan kesejahteraan positif. Perluasan ini mencerminkan pengakuan bahwa metode epidemiologi dapat diterapkan untuk mempelajari determinan dan distribusi setiap kondisi yang berkaitan dengan kesehatan populasi.

1. Evolusi Definisi Epidemiologi

Last (2001), dalam kamus epidemiologi yang menjadi standar referensi global, mendefinisikan epidemiologi sebagai studi tentang distribusi dan determinan keadaan atau kejadian yang berkaitan dengan kesehatan pada populasi tertentu, serta penerapan studi ini untuk mengendalikan masalah kesehatan. Definisi ini mencakup empat elemen kunci yang telah menjadi fondasi epistemologis epidemiologi modern: (1) studi menekankan sifat ilmiah dan sistematisnya; (2) distribusi menunjukkan fokus pada frekuensi dan pola; (3) determinan mengacu pada faktor-faktor penyebab; dan (4) populasi membedakan epidemiologi dari ilmu klinik yang berfokus pada individu.

Porta (2014), dalam edisi terbaru *A Dictionary of Epidemiology*, memperbarui definisi ini dengan menekankan bahwa epidemiologi adalah studi tentang terjadinya dan distribusi kondisi kesehatan, penyakit, gangguan, kecacatan, dan kematian pada populasi manusia, dan tentang faktor-faktor yang memengaruhi kejadian tersebut. Penambahan frasa 'kondisi kesehatan' dan 'kecacatan' mencerminkan perluasan cakupan epidemiologi melampaui sekadar penyakit.

Webb, Bain, dan Page (2020) dalam *Essential Epidemiology* edisi terbaru menekankan bahwa epidemiologi modern tidak hanya mempelajari penyakit, tetapi juga determinan kesehatan yang positif. Mereka mendefinisikan epidemiologi sebagai 'ilmu dasar kesehatan masyarakat yang mempelajari distribusi dan determinan kondisi terkait kesehatan dalam populasi, serta penerapan temuan ini untuk pengendalian masalah kesehatan dan promosi kesejahteraan.' Penekanan pada promosi kesejahteraan merupakan pergeseran paradigmatis yang signifikan dari perspektif patogenetik tradisional menuju pendekatan salutogenetik.

Dalam konteks kontemporer, Hernán dan Robins (2020) berargumen bahwa definisi epidemiologi harus secara eksplisit mencakup aspirasi kausalnya. Mereka mendefinisikan epidemiologi kausal (*causal epidemiology*) sebagai 'studi tentang hubungan sebab-akibat antara paparan dan kondisi kesehatan dalam populasi, dengan tujuan menghasilkan pengetahuan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesehatan populasi.' Pendekatan ini menekankan bahwa tujuan akhir epidemiologi bukan sekadar mengidentifikasi asosiasi statistik, tetapi mengungkap mekanisme kausal yang dapat menjadi target intervensi.

Tabel 1.1 Evolusi Definisi Epidemiologi dari Para Pakar Terkemuka

Pakar	Tahun	Definisi/Kontribusi Utama	Relevansi Kontemporer
Last	2001	Studi distribusi dan determinan kondisi kesehatan pada populasi; penerapan untuk pengendalian masalah kesehatan	Menjadi definisi standar yang paling banyak dikutip dalam literatur global

Porta	2014	Memperluas cakupan ke kondisi kesehatan, penyakit, gangguan, kecacatan, dan kematian	Mencerminkan perluasan kajian epidemiologi dari penyakit menular ke PTM dan kondisi lain
Webb, Bain & Page	2020	Menambahkan promosi kesejahteraan sebagai tujuan, bukan hanya pengendalian penyakit	Relevan dengan pendekatan One Health dan positive health
Hernán & Robins	2020	Epidemiologi kausal sebagai studi hubungan sebab-akibat untuk menghasilkan pengetahuan yang dapat ditindaklanjuti	Mendasari era baru analisis kausal dengan metode counterfactual dan directed acyclic graphs

2. Komponen Fundamental Epidemiologi

Gordis (2014) dalam *Epidemiology* yang digunakan sebagai buku teks di ratusan program kesehatan masyarakat global mengemukakan bahwa epidemiologi mencakup tiga komponen fundamental yang saling terkait. Ketiga komponen ini membentuk kerangka analitik inti yang membedakan epidemiologi dari disiplin biomedis lainnya.

Komponen pertama adalah frekuensi, yakni pengukuran seberapa sering suatu kondisi kesehatan terjadi dalam populasi. Pengukuran frekuensi yang tepat memerlukan pemahaman mendalam tentang konsep insidensi, prevalensi, dan berbagai ukuran morbiditas-mortalitas. Komponen kedua adalah distribusi, yakni pola terjadinya penyakit berdasarkan karakteristik orang (*who*), tempat (*where*), dan waktu (*when*) yang dikenal sebagai *triad* deskriptif epidemiologi. Analisis distribusi memungkinkan identifikasi kelompok populasi yang berisiko tinggi dan perubahan tren temporal yang signifikan.

Komponen ketiga adalah determinan, yakni faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya penyakit. Identifikasi determinan merupakan aspek terpenting dari epidemiologi analitik karena pengetahuan tentang penyebab penyakit adalah prasyarat untuk intervensi yang efektif. Dalam epidemiologi modern, determinan mencakup tidak hanya agen biologis,

tetapi juga faktor perilaku, sosial, ekonomi, lingkungan, dan genetik. Manrai *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pemahaman tentang determinan penyakit telah berkembang dramatis dengan integrasi data genomik, proteomik, dan metabolomik, membuka era *precision epidemiology*.

3. Epidemiologi Deskriptif versus Analitik

Pembagian fundamental dalam metodologi epidemiologi adalah antara pendekatan deskriptif dan analitik. Epidemiologi deskriptif berfokus pada karakterisasi distribusi penyakit dalam populasi tanpa menguji hipotesis kausal secara formal. Sebaliknya, epidemiologi analitik dirancang untuk menguji hipotesis tentang hubungan antara paparan dan penyakit, dengan tujuan mengidentifikasi faktor risiko dan penyebab penyakit.

Penting untuk dipahami bahwa keduanya bukan merupakan dikotomi yang kaku, melainkan kontinum metodologis yang saling melengkapi. Studi deskriptif menghasilkan hipotesis yang kemudian diuji melalui studi analitik. Temuan studi analitik, pada gilirannya, memerlukan interpretasi dalam konteks data deskriptif populasi untuk memahami relevansi dan aplikabilitas kesehatan masyarakatnya. El-Bahnasawy *et al.* (2023) menekankan bahwa dalam praktik epidemiologi kontemporer, batas antara deskriptif dan analitik seringkali bersifat *poreus*, terutama dengan tersedianya data kesehatan populasi berskala besar yang dapat dianalisis secara longitudinal.

Tabel 1.2 Perbandingan Tiga Pendekatan Utama Epidemiologi

Dimensi	Epidemiologi Deskriptif	Epidemiologi Analitik	Epidemiologi Eksperimental
Pertanyaan utama	Siapa, di mana, kapan sakit?	Mengapa dan bagaimana penyakit terjadi?	Apakah intervensi efektif?
Tujuan	Menggambarkan distribusi penyakit	Mengidentifikasi faktor risiko & kausalitas	Mengevaluasi efektivitas intervensi
Hipotesis	Menghasilkan hipotesis	Menguji hipotesis kausal	Menguji efektivitas intervensi

Desain tipikal	Cross-sectional, seri kasus, ekologis	Kohort, kasus-kontrol, matched study	RCT, uji lapangan, uji komunitas
Kontrol peneliti	Tidak ada/minimal	Terbatas (observasional)	Penuh (randomisasi)
Ukuran asosiasi	Tidak relevan	RR, OR, AR, PAR	RR, NNT, ARR, RRR
Konteks Indonesia	Risikedas, SDKI, SKDR nasional	Studi faktor risiko stunting, TB, DM	Uji lapangan vaksin dengue, Wolbachia

4. Ruang Lingkup Kajian Epidemiologi Modern

Epidemiologi modern telah berkembang jauh melampaui kajian penyakit infeksi tradisional yang menjadi fokus utama pada awal perkembangannya. Saat ini, epidemiologi mencakup spektrum kajian yang sangat luas, yang dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis penyakit yang dikaji, tingkat analisis, atau metodologi yang digunakan. Rothman, Greenland, dan Lash (2012) mengemukakan bahwa epidemiologi modern mencakup spektrum yang sangat luas, mulai dari penelitian biologis molekuler hingga analisis determinan sosial kesehatan pada tingkat populasi. Perluasan ini mencerminkan transisi paradigmatik dari pendekatan 'kotak hitam' tradisional yang hanya menghubungkan paparan dengan outcome tanpa mempertimbangkan mekanisme antara menuju pendekatan ekologi sosial yang komprehensif.

a. Subdisiplin Epidemiologi Utama

Epidemiologi Klinik adalah penerapan prinsip dan metode epidemiologi dalam konteks praktik klinik. Tujuannya adalah meningkatkan kualitas keputusan klinik berbasis bukti. Sackett *et al.* mendefinisikan epidemiologi klinik sebagai 'ilmu membuat prediksi tentang pasien individual dari temuan yang dikumpulkan dari studi sistematis pada pasien serupa, menggunakan prinsip-prinsip sains yang ketat untuk meminimalkan kesalahan prediksi.' Dalam era kedokteran berbasis bukti (*evidence-based medicine*), epidemiologi klinik menjadi fondasi penilaian kritis literatur medis.

Epidemiologi Lingkungan mempelajari hubungan antara paparan lingkungan fisik, kimia, dan biologis dengan distribusi dan

determinan penyakit dalam populasi. Disiplin ini sangat relevan di Indonesia mengingat masalah polusi udara dari kebakaran gambut, kontaminasi air, dan paparan logam berat di area pertambangan. Landrigan *et al.* (2022) menyebutkan bahwa polusi lingkungan bertanggung jawab atas lebih dari 9 juta kematian prematur per tahun, dengan beban terbesar di negara berpenghasilan rendah-menengah.

Epidemiologi Gizi mengkaji hubungan antara diet, status gizi, dan kondisi kesehatan pada tingkat populasi. Di Indonesia, epidemiologi gizi sangat relevan mengingat beban ganda malnutrisi: masih tingginya stunting (24,4% berdasarkan SSGI 2021) bersamaan dengan meningkatnya obesitas dan penyakit tidak menular terkait diet. Willett *et al.* (2020) menekankan pentingnya epidemiologi gizi dalam mengidentifikasi pola diet optimal untuk populasi yang beragam secara genetik dan budaya.

Epidemiologi Genetik dan Genomik mempelajari peran faktor genetik dan interaksinya dengan lingkungan dalam menentukan distribusi dan determinan penyakit. *Genome-wide association studies* (GWAS) telah mengidentifikasi ribuan varian genetik yang terkait dengan berbagai penyakit umum. Pada 2021, UK Biobank yang mencakup data genomik 500.000 individu telah menghasilkan lebih dari 1.000 publikasi epidemiologi genomik yang memperdalam pemahaman tentang basis genetik penyakit kompleks (Bycroft *et al.*, 2018; Sudlow *et al.*, 2021).

Farmakoepidemiologi mempelajari penggunaan dan efek obat-obatan pada populasi besar dalam kondisi dunia nyata. Disiplin ini sangat penting dalam memantau keamanan obat pascapemasaran (*post-marketing surveillance*) dan mengevaluasi efektivitas terapi dalam populasi yang lebih beragam dari peserta uji klinis. Selama pandemi COVID-19, farmakoepidemiologi berperan krusial dalam evaluasi efektivitas dan keamanan vaksin dalam kondisi dunia nyata.

Epidemiologi Digital merupakan subdisiplin terbaru yang memanfaatkan data digital non-tradisional media sosial, pencarian internet, data sensor, wearable devices untuk tujuan *surveilans* dan penelitian kesehatan populasi. Brownstein *et al.* (2023) mendefinisikan epidemiologi digital sebagai 'penggunaan data yang dihasilkan secara digital di luar sistem kesehatan tradisional

untuk studi kesehatan populasi.' Pandemi COVID-19 menjadi katalis percepatan adopsi epidemiologi digital secara global.

b. Ekologi Sosial dan Epidemiologi Multilevel

Salah satu perkembangan terpenting dalam epidemiologi modern adalah pengakuan bahwa penyakit terjadi dalam konteks sosial yang kompleks dan berlapis. Pendekatan multilevel atau ekoepidemiologi yang dipelopori oleh Susser dan Susser pada 1990-an mengakui bahwa determinan kesehatan beroperasi pada berbagai tingkat hierarki: dari tingkat molekuler dan seluler (mikro) hingga tingkat komunitas, masyarakat, dan sistem global (makro).

Berkman, Kawachi, dan Glymour (2014) dalam *Social Epidemiology* mendokumentasikan bagaimana struktur sosial dan kondisi kehidupan termasuk kemiskinan, segregasi residensial, norma gender, dan jaringan sosial memengaruhi distribusi penyakit secara independen dari faktor biologis individu. Marmot (2020) menunjukkan bahwa di hampir setiap negara, terdapat gradien sosial dalam kesehatan: semakin rendah posisi sosial seseorang, semakin buruk kesehatannya fenomena yang berlaku bahkan pada individu yang tidak hidup dalam kemiskinan ekstrem.

Di Indonesia, pendekatan multilevel sangat relevan mengingat besarnya ketimpangan kesehatan antardaerah dan antarkelompok sosial ekonomi. Data RISKESDAS 2018 menunjukkan bahwa prevalensi stunting di Provinsi Nusa Tenggara Timur (42,6%) hampir tiga kali lipat prevalensi di Provinsi Bali (17,5%), dan prevalensi diabetes di DKI Jakarta (3,4%) secara konsisten lebih tinggi dibanding daerah pedesaan di Indonesia Timur. Memahami ketimpangan ini memerlukan analisis multilevel yang mempertimbangkan faktor individu, keluarga, komunitas, dan kebijakan secara simultan.

B. Sejarah Perkembangan Epidemiologi

Sejarah epidemiologi mencerminkan sejarah pemikiran manusia tentang penyakit, penyebabnya, dan cara pencegahannya. Perjalanan panjang dari kepercayaan supernatural tentang penyakit menuju pemahaman ilmiah yang ketat ini adalah kisah tentang keberanian

intelektual, ketelitian observasional, dan inovasi metodologis yang terus berlanjut hingga hari ini.

1. Era Pra-Ilmiah dan Pemikiran Hippocrates

Sebelum era ilmu pengetahuan modern, penyakit umumnya dipahami dalam kerangka supernatural: hukuman dewa, kutukan, atau gangguan roh jahat. Pemikiran revolusioner Hippocrates dari Cos (460–377 SM) merupakan titik balik dalam sejarah pemikiran medis. Dalam karyanya *Airs, Waters, and Places*, Hippocrates mengargumentasikan bahwa penyakit memiliki penyebab alami yang dapat diamati dan dipelajari secara rasional sebuah pergeseran paradigmatis yang menjadi dasar epidemiologi modern.

Hippocrates secara sistematis menghubungkan kondisi lingkungan (kualitas udara, air, dan tanah) dengan kejadian penyakit pada populasi. Ia membedakan antara penyakit epidemik yang menyerang banyak orang di suatu tempat pada waktu yang sama dan dikaitkan dengan kondisi atmosfer umum dan penyakit endemik yang bersifat menetap pada populasi tertentu. Dikotomi epidemik-endemik yang ia perkenalkan lebih dari dua milenium lalu masih menjadi bagian dari kosakata epidemiologi kontemporer.

Thucydides (460–400 SM), sejarawan Yunani, memberikan deskripsi epidemiologis pertama yang relatif terperinci tentang 'Wabah Athena' (430–426 SM) dalam karyanya *History of the Peloponnesian War*. Meskipun penyebab pasti wabah ini masih diperdebatkan (kandidatnya termasuk tifus, campak, atau variola), deskripsi Thucydides mencakup pola penyebaran, gambaran klinis, tingkat kematian, dan observasi bahwa mereka yang sembuh dari penyakit menjadi kebal konsep yang mendahului pemahaman modern tentang imunitas.

2. Era Medieval dan Renaissance

Pada era Medieval, teori miasma yang menganggap penyakit disebabkan oleh 'udara buruk' dari materi organik yang membusuk mendominasi pemikiran medis Eropa. Meskipun secara etiologi salah, teori miasma ironisnya mendorong beberapa kebijakan kesehatan publik yang efektif: perbaikan drainase, pembuangan sampah, dan karantina. Pandemi Pes atau Black Death (1347–1351), yang menewaskan sekitar sepertiga populasi Eropa, memicu respons kesehatan publik pertama

yang terorganisasi: sistem karantina di pelabuhan Venesia dan Ragusa yang mewajibkan kapal asing menunggu 40 hari (quarantina) sebelum penumpang diizinkan turun.

Girolamo Fracastoro (1478–1553), dokter dan ilmuwan Italia dari Verona, mengajukan teori '*contagion*' dalam karyanya *De Contagione et Contagiosis Morbis* (1546). Fracastoro berargumen bahwa penyakit menular disebarkan melalui 'benih penyakit' (*seminaria morbi*) yang dapat ditransfer melalui kontak langsung, benda perantara (*fomites*), atau dari jarak jauh. Konsepnya tentang *fomites* dan penularan tidak langsung mengandung elemen yang sangat mirip dengan pemahaman modern tentang epidemiologi penyakit menular.

3. Lahirnya Biostatistik dan Demografi Kesehatan

John Graunt (1620–1674), seorang pedagang kain London yang otodidak, menerbitkan *Natural and Political Observations Made upon the Bills of Mortality* pada 1662. Karya ini dianggap sebagai salah satu fondasi biostatistik dan demografi modern. Graunt menganalisis catatan kematian mingguan London secara sistematis selama beberapa dekade, mengidentifikasi pola-pola yang sebelumnya tidak terlihat: variasi musiman dalam kematian, perbedaan mortalitas berdasarkan jenis kelamin, dan dampak wabah pada populasi.

Kontribusi Graunt yang paling inovatif adalah konstruksi '*life table*' pertama tabel yang merangkum kemungkinan bertahan hidup pada berbagai kelompok usia. *Life table* ini menjadi fondasi aktuaria asuransi jiwa dan masih digunakan dalam epidemiologi demografis kontemporer. Hacking (1990) menempatkan Graunt sebagai pelopor 'revolusi statistik' yang pada akhirnya mengubah cara manusia memahami probabilitas dan risiko dalam kesehatan.

William Farr (1807–1883), seorang dokter dan statistikawan Inggris, mengembangkan sistem pencatatan vital yang komprehensif di Inggris dan Wales, termasuk pencatatan penyebab kematian yang terstandarisasi. Kontribusi metodologisnya yang paling bertahan adalah konsep '*Farr's Law*' observasi bahwa epidemi penyakit infeksi mengikuti pola kurva berbentuk lonceng (*bell curve*) yang dapat dimodelkan secara matematis. Konsep ini menjadi cikal bakal pemodelan epidemi matematis modern yang digunakan secara luas selama pandemi COVID-19.

4. John Snow dan Investigasi Kolera London 1854

John Snow (1813–1858) adalah tokoh yang paling sering dikaitkan dengan lahirnya epidemiologi modern. Karya monumentalnya *On the Mode of Communication of Cholera* (edisi pertama 1849, diperluas 1855) merupakan demonstrasi pertama penalaran epidemiologis yang ketat untuk mengidentifikasi sumber wabah penyakit. Wabah kolera London 1854 di distrik Soho merupakan tragedi yang menewaskan lebih dari 600 orang dalam 10 hari pertama. Snow secara sistematis memetakan kasus-kasus kolera ke alamat tempat tinggalnya menghasilkan 'peta titik' (*dot map*) yang menjadi salah satu visualisasi data kesehatan paling terkenal dalam sejarah. Analisis spasial ini menunjukkan konsentrasi kasus di sekitar pompa air di *Broad Street* (kini *Broadwick Street*).

Adapun yang membuat investigasi Snow begitu berpengaruh secara metodologis bukan sekadar identifikasi pompa Broad Street, tetapi kerangka analitiknya yang komprehensif. Snow membandingkan tingkat kematian di kawasan London yang disuplai oleh dua perusahaan air berbeda: *Southwark and Vauxhall Company* (mengambil air dari Sungai Thames yang terkontaminasi) dan *Lambeth Company* (mengambil air dari hulu yang lebih bersih). Analisis '*natural experiment*' ini membandingkan populasi yang sebanding secara demografis tetapi berbeda dalam paparan air minum merupakan contoh awal studi ekologis dan quasi-eksperimental yang sangat elegan.

Kekuatan investigasi Snow terletak pada kemampuannya menggabungkan beberapa jenis bukti: data spasial (peta), data biologis (karakteristik kolera), data populasi (survei rumah tangga), dan analisis komparatif (perbandingan perusahaan air). Semua ini dilakukan jauh sebelum *Vibrio cholerae* ditemukan oleh Robert Koch pada 1883 mendemonstrasikan bahwa epidemiologi dapat mengidentifikasi penyebab dan merancang intervensi efektif bahkan tanpa pemahaman etiologi yang lengkap. Koch E *et al.* (2022), dalam analisis historis yang dipublikasikan di *Emerging Infectious Diseases*, menunjukkan bahwa metodologi Snow masih relevan sebagai kerangka konseptual untuk investigasi wabah kontemporer.

5. Era Koch, Pasteur, dan Bakteriologi Modern

Louis Pasteur (1822–1895) dan Robert Koch (1843–1910) merupakan tokoh sentral yang meletakkan dasar bakteriologi modern dan mengubah pemahaman tentang kausalitas penyakit infeksi. Pasteur mematahkan teori *generatio spontanea* melalui eksperimen-eksperimennya yang elegan dan membuktikan bahwa fermentasi dan pembusukan disebabkan oleh mikroorganisme hidup. Koch mengembangkan teknik kultur murni bakteri, pewarnaan bakteri, dan metode pencitraan yang memungkinkan identifikasi spesifik agen penyebab penyakit. Postulat Koch (1884) menetapkan empat kriteria untuk membuktikan bahwa mikroorganisme tertentu adalah penyebab penyakit tertentu: (1) organisme harus selalu ditemukan pada individu yang sakit; (2) organisme harus dapat diisolasi dari individu yang sakit dan ditumbuhkan dalam kultur murni; (3) organisme dari kultur murni harus menyebabkan penyakit yang sama ketika diinokulasikan ke inang yang sehat; dan (4) organisme harus dapat diisolasi kembali dari inang yang sengaja diinfeksi dan terbukti identik dengan organisme awal.

Meskipun postulat Koch merupakan terobosan metodologis penting, segera disadari bahwa ia tidak dapat diterapkan secara universal. Beberapa patogen penting tidak memenuhi semua kriteria: *Vibrio cholerae* dapat ditemukan pada individu sehat tanpa gejala, beberapa agen (misalnya *treponema pallidum* penyebab sifilis, dan kemudian semua virus) tidak dapat ditumbuhkan dalam kultur murni, dan beberapa penyakit (misalnya AIDS di era awal sebelum identifikasi HIV) memiliki etiologi yang tidak segera jelas. Modifikasi molekuler dari postulat Koch oleh Falkow (1988) dan selanjutnya oleh Hill dan Ko (2022) telah memungkinkan penerapan prinsip kausalitas penyakit infeksi pada era genomik: gen virulensi spesifik menggantikan organisme keseluruhan sebagai unit analisis kausal. Pendekatan ini sangat relevan untuk menomik etiologi baru yang diidentifikasi melalui sekuensing metagenomik.

6. Epidemiologi Modern: Doll & Hill dan Era Penyakit Kronik

Pertengahan abad ke-20 menandai transisi epidemiologi dari fokus dominan pada penyakit infeksi menuju penyakit kronis. Richard Doll dan Austin Bradford Hill melakukan studi kohort prospektif terhadap 40.000 dokter Inggris yang dimulai pada 1951 sebuah investigasi yang secara definitif menetapkan hubungan kausal antara merokok dan kanker paru. Ini merupakan studi kohort prospektif

berskala besar pertama yang dirancang untuk mengevaluasi faktor risiko penyakit kronis.

Hill (1965) kemudian mempublikasikan sembilan kriteria untuk menilai kausalitas dalam epidemiologi yang kini dikenal sebagai Kriteria Bradford Hill. Kontribusi metodologis ini melampaui konteks studi merokok-kanker paru: kriteria ini menjadi kerangka universal untuk menilai kemungkinan kausalitas dalam setiap penelitian epidemiologi observasional. Meskipun telah banyak diperdebatkan dan dimodifikasi dalam literatur selanjutnya, Kriteria Bradford Hill masih menjadi referensi standar dalam penilaian kausalitas epidemiologi kontemporer.

Framingham Heart Study, yang dimulai pada 1948 di Framingham, Massachusetts, merupakan studi kohort prospektif jangka panjang yang paling berpengaruh dalam sejarah epidemiologi penyakit kardiovaskular. Studi ini, yang kini mencakup generasi ketiga peserta, telah mengidentifikasi hampir seluruh faktor risiko utama penyakit jantung koroner dan stroke: hipertensi, dislipidemia, merokok, diabetes, dan obesitas. D'Agostino *et al.* (2022) melaporkan bahwa setelah lebih dari 70 tahun, *Framingham Heart Study* masih menghasilkan temuan-temuan penting tentang faktor risiko kardiovaskular baru dan interaksinya.

7. Era AIDS dan Metode Kasus-Kontrol

Epidemi HIV/AIDS yang pertama kali diidentifikasi pada 1981 merupakan tantangan epidemiologis yang memaksa pengembangan dan penyempurnaan metodologi studi kasus-kontrol secara masif. Ketika virus penyebabnya (HIV) belum diketahui, epidemiolog CDC menggunakan studi kasus-kontrol untuk mengidentifikasi faktor risiko AIDS dalam waktu yang sangat singkat. Greenwald *et al.* (1982) dan kolega di CDC menggunakan studi kasus-kontrol untuk menunjukkan bahwa AIDS terkait dengan perilaku seksual tertentu dan penggunaan narkoba intravena temuan yang memungkinkan rekomendasi pencegahan sebelum agen penyebab diketahui.

Pengalaman AIDS juga mempercepat pengembangan epidemiologi sosial, dengan pengakuan bahwa distribusi dan determinan epidemi tidak dapat dipahami tanpa memperhitungkan faktor sosial, struktural, dan perilaku. Stigma, kemiskinan, ketidaksetaraan gender, dan marginalisasi sosial terbukti menjadi determinan distribusi HIV yang tidak kalah pentingnya dari faktor biologis. Link dan Phelan (2021)

mengembangkan teori '*fundamental causes*' untuk menjelaskan mengapa kondisi sosial secara konsisten menjadi determinan penyakit terlepas dari mekanisme intermediet yang berubah dari waktu ke waktu.

8. Era Digital, Genomik, dan COVID-19

Memasuki abad ke-21, epidemiologi memasuki era yang ditandai oleh ketersediaan data dalam skala dan granularitas yang belum pernah ada sebelumnya. Rekam medis elektronik, data klaim asuransi kesehatan, biobank skala besar, data genomik, data sensor lingkungan, dan data media sosial membuka kemungkinan penelitian epidemiologi yang sebelumnya tidak terbayangkan. Pandemi COVID-19 (2020–2022) merupakan ujian sejarah bagi kapasitas epidemiologi global dan nasional. Di satu sisi, pandemi ini menunjukkan kemampuan epidemiologi digital dan genomik yang luar biasa: SARS-CoV-2 diidentifikasi dan genomnya disequencing dalam hitungan minggu setelah kluster pneumonia pertama dilaporkan dari Wuhan; platform GISAID mengumpulkan jutaan sekuen genom virus dari seluruh dunia yang memungkinkan pemantauan real-time evolusi dan penyebaran varian; dan model prediksi epidemi yang canggih dikembangkan dalam waktu singkat. Di sisi lain, pandemi juga mengekspos kelemahan serius dalam infrastruktur *surveilans*, kapasitas respons, dan kesenjangan kesehatan global yang masih perlu diatasi (Nuzzo *et al.*, 2022).

Looi *et al.* (2021) dalam analisis yang dipublikasikan di BMJ Global Health mengidentifikasi beberapa pelajaran metodologis penting dari pandemi COVID-19: perlunya standardisasi global dalam definisi kasus dan pengumpulan data, pentingnya integrasi genomik dalam *surveilans* rutin, nilai real-world evidence studies untuk evaluasi cepat intervensi, dan kebutuhan mendesak untuk memperkuat kapasitas epidemiologi di negara berpenghasilan rendah-menengah.

C. Konsep Dasar: Triad Epidemiologi dan Model Kausalitas

1. Model Triad Epidemiologi

Konsep triad epidemiologi, atau segitiga epidemiologi, merupakan kerangka konseptual paling mendasar untuk memahami terjadinya penyakit. Model ini menggambarkan hubungan dinamis antara tiga komponen utama: pejamu (*host*), agen penyebab (*agent*), dan lingkungan (*environment*). Penyakit terjadi ketika keseimbangan di antara ketiga komponen ini terganggu, sehingga interaksi antara agen

yang patogenik dengan pejamu yang rentan dalam lingkungan yang kondusif menghasilkan kondisi sakit.

Meskipun model triad dikembangkan terutama dalam konteks penyakit infeksi, prinsip dasarnya telah diadaptasi untuk penyakit tidak menular dengan mendefinisikan 'agen' secara lebih luas (mencakup faktor perilaku, kimia, dan fisik) dan 'lingkungan' yang mencakup determinan sosial, ekonomi, dan budaya. Merrill (2017) mengemukakan bahwa 'fleksibilitas konseptual triad epidemiologi menjadikannya alat yang berguna tidak hanya untuk penyakit infeksi, tetapi juga untuk cedera, gangguan mental, dan kondisi kesehatan lainnya.'

TRIAD EPIDEMIOLOGI: KOMPONEN DAN INTERAKSINYA

HOST (PEJAMU)

Organisme yang dapat terinfeksi atau terjangkit penyakit:

- Faktor biologis: usia, jenis kelamin, komposisi genetik, status imunologi
- Faktor fisiologis: status gizi, kondisi kesehatan dasar, komorbiditas
- Faktor perilaku: kebiasaan makan, aktivitas fisik, perilaku seksual, penggunaan obat
- Faktor sosial: tingkat pendidikan, status ekonomi, akses layanan kesehatan

AGENT (AGEN)

Faktor penyebab yang harus ada agar penyakit dapat terjadi:

- Biologis: bakteri, virus, parasit, fungi, prion
- Kimia: racun, karsinogen, logam berat, polutan, pestisida
- Fisik: radiasi, suhu ekstrem, kebisingan, getaran
- Nutrisi: defisiensi atau kelebihan zat gizi
- Psikologis: stres, trauma (relevan untuk gangguan mental)

ENVIRONMENT (LINGKUNGAN)

Semua faktor eksternal yang memengaruhi *host* dan *agent*:

- Fisik: iklim, cuaca, geografi, kualitas udara, air, tanah
- Biologis: vektor, reservoir, flora/fauna yang berinteraksi dengan *host*
- Sosial-ekonomi: kemiskinan, pendidikan, pekerjaan, akses layanan

- Budaya: norma, kepercayaan, praktik tradisional
- Infrastruktur: sanitasi, perumahan, transportasi, sistem kesehatan

⇒ Penyakit terjadi ketika **KESEIMBANGAN** antara ketiga faktor **TERGANGGU**

2. *Host* (Pejamu): Faktor-Faktor Penentu Kerentanan

Host atau pejamu adalah organisme hidup yang menjadi tempat infeksi atau penyakit berkembang. Dalam epidemiologi manusia, *host* biasanya adalah manusia, meskipun studi hewan juga memberikan wawasan penting. Pemahaman mendalam tentang karakteristik *host* esensial untuk identifikasi kelompok populasi yang berisiko tinggi dan perancangan intervensi yang tepat sasaran. Faktor usia merupakan salah satu determinan *host* paling konsisten dalam epidemiologi. Bayi dan anak kecil umumnya lebih rentan terhadap penyakit infeksi karena sistem imun yang belum matang, sementara lansia mengalami immunosenescence penurunan fungsi imun terkait usia. Selama pandemi COVID-19, usia terbukti menjadi prediktor paling kuat untuk keparahan penyakit dan kematian: risiko kematian akibat COVID-19 pada individu berusia 70 tahun ke atas sekitar 100 kali lebih tinggi dibanding individu berusia 20–30 tahun (O'Driscoll *et al.*, 2021).

Faktor genetik semakin diakui sebagai determinan kerentanan penyakit yang penting. Polimorfisme pada gen-gen yang mengkode reseptor imun, enzim metabolisme, dan protein struktural dapat memengaruhi susceptibility terhadap berbagai penyakit. Sebagai contoh, individu dengan delesi gen CCR5 (CCR5-Δ32) resisten terhadap infeksi HIV; polimorfisme HLA tertentu terkait dengan kerentanan atau proteksi terhadap berbagai kondisi autoimun; dan varian genetik pada gen PCSK9 memengaruhi kadar kolesterol LDL dan risiko penyakit kardiovaskular. Zeberg dan Pääbo (2020) menemukan bahwa haplogroup genetik yang diwarisi dari Neanderthal terkait dengan risiko bentuk parah COVID-19 pada individu dengan keturunan Asia Selatan dan Eropa sebuah temuan yang mengintegrasikan paleoantropologi dengan epidemiologi genomik kontemporer.

Status imunologis *host* mencakup kekebalan bawaan (*innate immunity*) dan kekebalan adaptif (*adaptive immunity*), termasuk

kekebalan yang diperoleh melalui infeksi sebelumnya atau vaksinasi. Konsep *herd immunity* perlindungan tidak langsung yang diberikan kepada individu rentan ketika proporsi cukup besar dari populasi memiliki kekebalan merupakan dasar program imunisasi. Fine *et al.* (2021) memperbarui analisis tentang *threshold herd immunity* untuk berbagai penyakit, dengan menekankan bahwa threshold ini tidak statis tetapi dipengaruhi oleh distribusi kekebalan dalam populasi, dinamika transmisi, dan karakteristik varian patogen.

Komorbiditas atau kondisi kesehatan yang sudah ada sebelumnya merupakan determinan *host* yang sangat relevan untuk epidemiologi penyakit tidak menular dan COVID-19. Diabetes, hipertensi, obesitas, penyakit jantung, dan imunosupresi terbukti secara konsisten meningkatkan risiko komplikasi berat dan kematian akibat COVID-19 (Gao *et al.*, 2021). Di Indonesia, tingginya prevalensi komorbiditas ini hipertensi 34,1%, diabetes 10,9%, obesitas 21,8% (Riskesdas 2018) menjadi faktor kontribusi beban COVID-19 yang berat.

3. *Agent (Agen): Klasifikasi dan Karakteristik*

Agen adalah faktor penyebab atau elemen etiologis yang harus ada agar penyakit dapat terjadi. Dalam model triad klasik, 'agen' diidentikkan dengan patogen biologis. Namun, dalam epidemiologi modern, konsep agen telah diperluas secara signifikan untuk mencakup berbagai jenis faktor kausal. Agen Biologis mencakup semua mikroorganisme yang menyebabkan penyakit infeksi: bakteri, virus, parasit, fungi, prion, dan agen biologis tak lazim lainnya. Patogen berbeda dalam sejumlah karakteristik yang menentukan kapasitas epidemiologisnya: infektivitas (kemampuan menginfeksi *host*), patogenisitas (proporsi *host* yang terinfeksi yang mengembangkan penyakit), virulensi (keparahan penyakit yang ditimbulkan), toksigenisitas (kemampuan memproduksi toksin), dan transmisibilitas (kemudahan berpindah dari satu *host* ke *host* lain).

Agen Kimia mencakup berbagai zat kimia yang dapat menimbulkan penyakit akibat paparan: logam berat (timbal, merkuri, arsen), pestisida, pelarut organik, karsinogen industri, alkohol, dan zat-zat yang terkandung dalam rokok. Paparan agen kimia umumnya bersifat dosis-dependent: semakin tinggi dosis dan durasi paparan, semakin besar risiko penyakit. Landrigan *et al.* (2022) melaporkan bahwa lebih dari 350 ribu jenis bahan kimia sintetis telah diproduksi dan digunakan secara

komersial, sementara data toksikologi yang memadai hanya tersedia untuk sebagian kecilnya.

Agen Fisik mencakup berbagai bentuk energi yang dapat menyebabkan penyakit atau cedera: radiasi (*ionizing* dan *non-ionizing*), suhu ekstrem (panas berlebih atau *hypothermia*), tekanan (*barotrauma*), kebisingan, dan getaran. Radiasi *ionizing* termasuk sinar-X, sinar gamma, dan partikel radioaktif merupakan agen fisik dengan dampak kesehatan paling banyak diteliti, terutama kaitannya dengan risiko kanker dan dampak akut pada jaringan proliferasi. Agen Nutrisi mencakup baik defisiensi maupun kelebihan zat gizi. Kekurangan protein-energi, defisiensi vitamin dan mineral esensial (defisiensi zat besi, vitamin A, iodine, zinc, folat) merupakan agen penyebab berbagai kondisi kesehatan yang masih sangat relevan di Indonesia. Sebaliknya, kelebihan energi, lemak jenuh, gula tambahan, dan natrium merupakan agen utama yang berkontribusi pada epidemi obesitas, diabetes tipe 2, dan penyakit kardiovaskular.

4. *Environment* (Lingkungan): Dari Fisik ke Sosial

Lingkungan mencakup semua faktor eksternal di luar *host* dan agen yang memengaruhi kondisi terjadinya penyakit. Konsep lingkungan dalam epidemiologi modern jauh lebih luas dari sekadar lingkungan fisik ia mencakup dimensi biologis, sosial, ekonomi, budaya, dan bahkan lingkungan informasi (*infodemi*). Lingkungan Fisik meliputi iklim dan cuaca, kondisi geografis, kualitas udara, air, dan tanah. Perubahan iklim telah menjadi salah satu determinan lingkungan kesehatan yang paling mendesak. Watts *et al.* (2021) mendokumentasikan bahwa perubahan iklim semakin mengancam kemajuan kesehatan global: peningkatan suhu global memperluas distribusi vektor penyakit (nyamuk *Aedes* dan *Anopheles*), meningkatkan risiko bencana banjir dan kekeringan yang terkait dengan penyakit *waterborne*, dan meningkatkan kematian akibat gelombang panas pada populasi rentan.

Lingkungan Biologis mencakup vektor penyakit (nyamuk, kutu, lalat), reservoir infeksi (hewan yang menjadi inang patogen), dan organisme lain yang berinteraksi dengan *host* dalam rantai penularan. Konsep *One Health* yang mengintegrasikan kesehatan manusia, hewan, dan ekosistem semakin penting dalam memahami lingkungan biologis penyakit. Sebagian besar *emerging infectious diseases* (EID) baru yang

telah muncul dalam beberapa dekade terakhir bersifat zoonotik, berasal dari interaksi manusia-hewan yang diintensifkan oleh deforestasi, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan (Morens & Fauci, 2020).

Lingkungan Sosial dan Ekonomi mencakup struktur ekonomi masyarakat, sistem pendidikan, hubungan sosial, norma budaya, dan kondisi kehidupan sehari-hari. Komisi WHO tentang Determinan Sosial Kesehatan (2008) menyimpulkan bahwa kondisi sosial dan ekonomi merupakan penyebab fundamental dari sebagian besar ketidaksetaraan kesehatan yang ada di dunia. Solar dan Irwin (2010) mengembangkan model konseptual yang menggambarkan bagaimana struktur sosial-ekonomi dan posisi sosial memengaruhi paparan terhadap faktor risiko kesehatan melalui berbagai mekanisme intermediet.

5. Model Kausalitas Penyakit yang Lebih Komprehensif

Meskipun model triad epidemiologi tetap berguna sebagai kerangka konseptual dasar, epidemiologi modern telah mengembangkan model-model kausalitas yang lebih sophisticated untuk menangkap kompleksitas determinan penyakit. Model *Web of Causation* (Jaringan Sebab-Akibat) yang dikembangkan oleh MacMahon dan Pugh pada 1960 mengakui bahwa penyakit merupakan hasil interaksi multifaktorial yang kompleks antara banyak variabel biologis, perilaku, dan lingkungan. Tidak ada satu pun faktor yang secara tunggal 'menyebabkan' penyakit; sebaliknya, penyakit terjadi sebagai akibat dari jaringan faktor-faktor yang saling mempengaruhi. Model ini sangat relevan untuk penyakit tidak menular yang memiliki etiologi multifaktorial seperti penyakit jantung koroner, diabetes, dan kanker.

Sufficient-Component Cause Model (Model Penyebab Sufisien-Komponen) yang dikembangkan oleh Rothman (1976) dan diperbarui oleh Rothman, Greenland, dan Lash (2012) memberikan kerangka konseptual yang lebih presisi untuk memahami kausalitas. Dalam model ini, sebuah penyebab '*sufisien*' untuk suatu penyakit adalah kombinasi minimal dari faktor-faktor yang secara pasti menghasilkan penyakit tersebut. Setiap faktor dalam kombinasi ini disebut 'komponen kausal.' Komponen yang selalu ada dalam setiap penyebab sufisien disebut 'penyebab nesaser' (*necessary cause*). Konsep ini memiliki implikasi penting untuk strategi pencegahan: mengidentifikasi dan mengeliminasi komponen kausal yang unik dapat menghentikan semua 'penyebab sufisien' yang mengandung komponen tersebut.

Directed Acyclic Graphs (DAGs) merupakan alat metodologis modern yang semakin banyak digunakan dalam epidemiologi untuk merepresentasikan hubungan kausal antara variabel secara eksplisit dan formal. Pearl (2009) mengembangkan kerangka matematis untuk kausalitas berbasis DAGs yang memungkinkan identifikasi formal tentang: (1) variabel-variabel yang harus dikendalikan untuk mendapatkan estimasi efek kausal yang tidak bias; (2) variabel-variabel yang tidak boleh dikendalikan karena merupakan mediator pada jalur kausal; dan (3) variabel-variabel yang merupakan collider. Penggunaan DAGs dalam epidemiologi telah mengubah secara substansial bagaimana confounding dan mediasi dianalisis dan diinterpretasikan dalam studi observasional kontemporer.

DIRECTED ACYCLIC GRAPHS (DAGs) DALAM EPIDEMIOLOGI

DAG adalah alat visual untuk merepresentasikan struktur kausal antar variabel. Setiap panah merepresentasikan pengaruh kausal langsung.

KEGUNAAN DAG DALAM EPIDEMIOLOGI:

1. Identifikasi variabel *confounder* yang harus dikontrol
2. Identifikasi mediator yang tidak boleh dikontrol (jika minat pada total efek)
3. Identifikasi *collider* yang tidak boleh dikontrol (dapat memperkenalkan bias)
4. Klarifikasi pertanyaan kausal penelitian secara eksplisit
5. Panduan pemilihan kovariat dalam model regresi

ELEMEN DAG:

- *Exposure* (paparan): variabel independen utama
- *Outcome* (luaran): variabel yang ingin dijelaskan
- *Confounder*: variabel yang mempengaruhi paparan dan *outcome*
- Mediator: variabel pada jalur kausal antara paparan dan *outcome*
- *Collider*: variabel yang dipengaruhi oleh dua atau lebih variabel lain

Sumber: Pearl (2009); Hernán & Robins (2020); Greenland *et al.* (2022)

D. Peran Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat

Epidemiologi memiliki peran sentral dan multifaset dalam kesehatan masyarakat. Sebagai ilmu dasar kesehatan masyarakat, epidemiologi menyediakan metodologi dan data yang diperlukan untuk memahami masalah kesehatan populasi, mengidentifikasi faktor risiko, merencanakan intervensi, dan mengevaluasi efektivitas program kesehatan. Tanpa epidemiologi, kebijakan dan program kesehatan masyarakat akan kehilangan fondasi evidensial yang esensial.

1. Fungsi-Fungsi Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat

Fungsi pertama epidemiologi adalah *surveilans* pemantauan berkelanjutan status kesehatan populasi dan identifikasi perubahan yang memerlukan respons. Sistem *surveilans* epidemiologi modern mencakup *surveilans* berbasis fasilitas, *surveilans* berbasis komunitas, *surveilans* sentinel, dan *surveilans* sindromik berbasis digital. Selama pandemi COVID-19, sistem *surveilans* Indonesia mengalami transformasi cepat: dari pelaporan mingguan menjadi real-time, dari berbasis kertas menjadi digital, dan dari cakupan parsial menjadi komprehensif.

Fungsi kedua adalah investigasi wabah identifikasi penyebab, sumber, dan mekanisme penularan wabah untuk segera mengendalikannya. Investigasi wabah merupakan aplikasi epidemiologi lapangan yang paling dramatik dan memerlukan kombinasi keahlian epidemiologi, klinis, laboratorium, dan komunikasi risiko. WHO *Field Epidemiology Training Program* (FETP) dan program FETP Indonesia (PFETP) melatih ahli epidemiologi lapangan yang terampil dalam investigasi wabah.

Fungsi ketiga adalah penelitian etiologi identifikasi faktor-faktor penyebab penyakit melalui studi analitik yang dirancang dengan cermat. Pengetahuan tentang penyebab penyakit adalah prasyarat untuk pencegahan yang efektif: tanpa mengetahui bahwa HIV ditularkan melalui kontak darah dan seksual, program pencegahan HIV tidak dapat dirancang secara tepat. Fungsi keempat adalah evaluasi program penilaian efektivitas, efisiensi, dan dampak intervensi dan program kesehatan. Evaluasi yang ketat menggunakan metode epidemiologi memungkinkan alokasi sumber daya kesehatan yang terbatas secara optimal.

Fungsi kelima adalah pemberian bukti untuk kebijakan kesehatan. Data dan analisis epidemiologi menjadi landasan untuk perumusan kebijakan kesehatan berbasis bukti (*evidence-based health policy*): dari penetapan ambang batas polutan udara hingga regulasi makanan, dari kebijakan vaksinasi wajib hingga strategi pengendalian pandemi. Funk *et al.* (2022) menunjukkan bahwa kualitas penggunaan bukti epidemiologis dalam pengambilan keputusan kebijakan COVID-19 sangat bervariasi antarnegara, dengan konsekuensi nyata pada hasil kesehatan populasi.

Fungsi keenam adalah perencanaan layanan kesehatan. Data epidemiologi tentang beban penyakit, tren insidensi, dan faktor risiko populasi diperlukan untuk merencanakan kapasitas, distribusi, dan jenis layanan kesehatan yang diperlukan. Di Indonesia, transformasi sistem kesehatan menuju JKN (Jaminan Kesehatan Nasional) sejak 2014 memerlukan data epidemiologi yang akurat untuk merencanakan paket manfaat, menghitung premi, dan memproyeksikan kebutuhan layanan.

Tabel 1.3 Fungsi Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat:
Deskripsi dan Aplikasi di Indonesia

Fungsi Epidemiologi	Deskripsi Komprehensif	Contoh Aplikasi di Indonesia	Metode Utama
<i>Surveilans</i>	Pemantauan berkelanjutan kesehatan populasi; deteksi ancaman kesehatan secara dini	SKDR (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons) untuk 24 penyakit prioritas; <i>surveilans</i> COVID-19 nasional	<i>Surveilans</i> pasif, aktif, sentinel, sindromik
Investigasi wabah	Identifikasi sumber dan mekanisme penularan wabah; respons cepat untuk pengendalian	Investigasi KLB hepatitis A di pesantren; investigasi wabah difteri 2017–2018	Studi kohort, kasus-kontrol; analisis <i>epidemic curve</i>

Penelitian etiologi	Identifikasi faktor risiko dan kausalitas penyakit melalui studi analitik	Studi kohort faktor risiko stroke pada populasi Jawa; faktor risiko stunting nasional	Kohort prospektif/retrospektif; kasus-kontrol; <i>nested case-control</i>
Evaluasi program	Penilaian efektivitas dan efisiensi intervensi dan program kesehatan	Evaluasi efektivitas vaksin COVID-19 Sinovac; evaluasi program JKN; evaluasi STBM	RCT, studi kuasi-eksperimental, <i>before-after study</i>
Kebijakan kesehatan	Menyediakan bukti untuk pengambilan keputusan dan regulasi kesehatan	Regulasi PPKM berbasis data epidemiologi; kebijakan MBKM bidang kesehatan masyarakat	<i>Systematic review</i> ; meta-analisis; analisis kebijakan
Perencanaan layanan	Proyeksi kebutuhan layanan kesehatan berdasarkan beban penyakit populasi	Perencanaan kapasitas ICU; penetapan target imunisasi; proyeksi kebutuhan dialisis akibat DM	Estimasi beban penyakit; DALY; pemodelan kebutuhan layanan
Komunikasi risiko	Menerjemahkan data epidemiologi untuk publik dan pengambil kebijakan	Komunikasi data COVID-19; info vaksin kepada publik; peringatan dini DBD	<i>Risk communication</i> ; <i>health literacy</i> ; <i>infographic</i>

2. Kontribusi Epidemiologi pada Pencapaian SDGs Bidang Kesehatan

Epidemiologi memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs),

khususnya tujuan ketiga yaitu *Good Health and Well-Being* yang berfokus pada peningkatan derajat kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Melalui pendekatan ilmiah yang sistematis, epidemiologi menyediakan data dan informasi mengenai distribusi penyakit, faktor risiko, kelompok rentan, serta tren kesehatan masyarakat yang menjadi dasar dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi program kesehatan. Informasi tersebut memungkinkan pemerintah dan pemangku kepentingan untuk menyusun kebijakan yang lebih tepat sasaran dalam upaya meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat.

Dalam konteks penyakit menular, epidemiologi berkontribusi pada pencapaian target SDGs melalui kegiatan *surveilans*, deteksi dini wabah, investigasi kejadian luar biasa, serta evaluasi efektivitas program pencegahan dan pengendalian penyakit. Data epidemiologis digunakan untuk mengidentifikasi pola penyebaran penyakit seperti tuberkulosis, HIV/AIDS, malaria, demam berdarah, dan berbagai penyakit infeksi lainnya sehingga intervensi kesehatan dapat dilakukan secara cepat dan efektif. Dengan demikian, epidemiologi membantu menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat penyakit menular yang masih menjadi tantangan kesehatan global.

Selain itu, epidemiologi juga berperan penting dalam pengendalian penyakit tidak menular (PTM) yang menjadi penyebab utama kematian di banyak negara. Melalui penelitian epidemiologi, berbagai faktor risiko seperti merokok, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, konsumsi alkohol, obesitas, dan faktor lingkungan dapat diidentifikasi secara lebih akurat. Hasil penelitian tersebut menjadi dasar bagi penyusunan kebijakan promosi kesehatan, pencegahan penyakit, dan intervensi berbasis masyarakat untuk menurunkan prevalensi penyakit kardiovaskular, diabetes melitus, kanker, dan penyakit kronis lainnya yang menjadi fokus SDGs.

Kontribusi epidemiologi juga terlihat dalam upaya pengurangan kematian ibu dan anak. Data epidemiologis membantu mengidentifikasi penyebab utama kematian maternal dan neonatal, distribusi kasus berdasarkan wilayah, serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Informasi ini menjadi dasar bagi pengembangan program kesehatan ibu dan anak, peningkatan akses pelayanan kesehatan, serta penyediaan sumber daya kesehatan yang lebih merata sehingga target SDGs terkait kesehatan reproduksi dan kesehatan anak dapat dicapai secara lebih efektif.

Di era globalisasi dan transformasi digital, epidemiologi semakin berperan dalam mendukung sistem kesehatan yang tangguh melalui pemanfaatan teknologi informasi, *big data*, dan sistem *surveilans* berbasis digital. Integrasi data kesehatan memungkinkan pemantauan kondisi kesehatan masyarakat secara real-time, mempercepat respons terhadap ancaman kesehatan, dan meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan. Oleh karena itu, epidemiologi tidak hanya menjadi alat untuk memahami masalah kesehatan, tetapi juga menjadi instrumen strategis dalam mewujudkan target SDGs bidang kesehatan melalui pendekatan yang berbasis bukti (*evidence-based public health*).

BAB II

UKURAN FREKUENSI DAN ASOSIASI PENYAKIT

Pengukuran merupakan fondasi dari seluruh analisis epidemiologi. Kemampuan untuk mengkuantifikasi dengan presisi seberapa sering penyakit terjadi (frekuensi), seberapa kuat hubungan antara paparan dan penyakit (asosiasi), dan berapa besar dampak yang dapat dikaitkan dengan suatu paparan spesifik (*attribution*) merupakan kompetensi inti seorang epidemiolog. Tanpa pengukuran yang tepat dan interpretasi yang akurat, data epidemiologi tidak dapat diterjemahkan menjadi kebijakan yang efektif. Szklo dan Nieto (2019) menekankan bahwa kehalusan konseptual dalam pengukuran epidemiologi seringkali menjadi sumber kesalahan interpretasi yang paling umum, bahkan di antara peneliti yang berpengalaman. Pemahaman mendalam tentang definisi presisi setiap ukuran, asumsi-asumsi yang mendasarinya, dan keterbatasannya menjadi esensial untuk interpretasi yang akurat.

Setiap ukuran epidemiologi yang valid harus memenuhi beberapa persyaratan metodologis. Pertama, populasi yang relevan harus didefinisikan dengan jelas: populasi yang berisiko (*population at risk*) adalah persyaratan fundamental untuk perhitungan insidensi. Individu yang sudah memiliki kondisi yang dikaji atau yang tidak mungkin mengembangkannya (misalnya, laki-laki tidak mungkin terkena kanker serviks) harus dieksklusikan dari penyebut. Kedua, periode waktu harus dispesifikasikan secara eksplisit. Ukuran insidensi selalu bersifat temporal harus disebutkan berapa lama periode observasi. Ketiga, kasus harus didefinisikan secara tepat dan konsisten menggunakan kriteria diagnostik yang terstandarisasi. Variasi dalam definisi kasus merupakan sumber penting inkonsistensi dalam perbandingan data epidemiologi antarpopulasi dan antar-waktu. Keempat, data harus dikumpulkan secara sistematis dari sumber yang representatif untuk populasi yang dikaji.

A. Ukuran Insidensi dan Prevalensi

Dalam epidemiologi penyakit menular, ukuran frekuensi penyakit merupakan alat penting untuk menggambarkan tingkat kejadian suatu penyakit dalam populasi. Dua ukuran yang paling sering digunakan adalah insidensi dan prevalensi. Kedua ukuran ini memiliki fungsi yang berbeda tetapi saling melengkapi dalam memahami dinamika penyakit menular. Insidensi digunakan untuk mengukur munculnya kasus baru dalam suatu periode tertentu, sedangkan prevalensi digunakan untuk menggambarkan keseluruhan beban penyakit yang ada dalam populasi pada waktu tertentu. Pemahaman yang tepat mengenai kedua konsep ini sangat penting dalam perencanaan program pencegahan, pengendalian penyakit, evaluasi intervensi kesehatan, serta pengambilan kebijakan kesehatan masyarakat.

1. Insidensi

Insidensi adalah ukuran yang menunjukkan jumlah kasus baru suatu penyakit yang terjadi dalam populasi berisiko selama periode waktu tertentu. Insidensi menggambarkan kecepatan atau risiko terjadinya penyakit dalam suatu populasi. Dalam epidemiologi penyakit menular, ukuran ini sangat penting karena dapat menunjukkan tingkat penularan penyakit dan efektivitas program pencegahan yang telah dilakukan. Insidensi digunakan untuk menjawab pertanyaan: *“Berapa banyak individu yang baru terinfeksi atau mengalami penyakit dalam periode tertentu?”* Semakin tinggi nilai insidensi, semakin besar risiko terjadinya penyakit dalam populasi tersebut.

a. Insidensi Kumulatif (*Cumulative Incidence*)

Insidensi kumulatif adalah proporsi individu yang mengalami penyakit selama periode pengamatan tertentu. Rumus:

$$\text{Insidensi Kumulatif} = \frac{\text{Jumlah kasus baru selama periode tertentu}}{\text{Jumlah populasi berisiko pada awal periode}} \times k$$

Keterangan:

- Kasus baru = individu yang baru terdiagnosis penyakit.
- Populasi berisiko = individu yang belum mengalami penyakit pada awal pengamatan.
- k = konstanta (100, 1.000, 10.000, atau 100.000).

Contoh:

Pada awal tahun terdapat 5.000 penduduk yang berisiko terkena demam berdarah. Selama satu tahun ditemukan 100 kasus baru.

$$\frac{100}{5000} \times 1000 = 20$$

Artinya, terdapat 20 kasus baru demam berdarah per 1.000 penduduk berisiko per tahun.

Insidensi kumulatif memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang penting. Pertama, insidensi kumulatif mengasumsikan bahwa semua individu dalam penyebut telah diobservasi selama seluruh periode waktu. Jika ada yang hilang dari *follow-up* (lost to follow-up), insidensi kumulatif sederhana menjadi bias. Kedua, insidensi kumulatif tidak memperhitungkan variasi dalam durasi '*at-risk*' antar individu. Ketiga, insidensi kumulatif bersifat *time-specific* nilainya akan berubah jika periode waktu observasi berubah. Untuk mengatasi keterbatasan ini, laju insidensi lebih sering digunakan dalam studi kohort yang melibatkan *follow-up* bervariasi.

b. Laju Insidensi (*Incidence Rate*)

Laju insidensi mengukur kecepatan terjadinya kasus baru dengan mempertimbangkan waktu pengamatan setiap individu. Rumus:

$$\text{Incidence Rate} = \frac{\text{Jumlah kasus baru}}{\text{Total person-time}} \times k$$

Person-time merupakan jumlah total waktu setiap individu berada dalam kondisi berisiko selama penelitian.

Contoh:

Dalam penelitian kohort ditemukan 50 kasus baru tuberkulosis selama 10.000 person-year.

$$\frac{50}{10000} \times 1000 = 5$$

Artinya, terdapat 5 kasus baru tuberkulosis per 1.000 person-year.

Kegunaan Insidensi

1. Mengukur risiko terjadinya penyakit menular.
2. Menentukan tingkat penularan penyakit dalam masyarakat.

3. Mengevaluasi efektivitas vaksinasi dan program pencegahan.
4. Mengidentifikasi kelompok populasi berisiko tinggi.
5. Menjadi dasar perencanaan intervensi kesehatan masyarakat.

Kelebihan Insidensi

- Menggambarkan kejadian baru penyakit.
- Dapat digunakan untuk menilai hubungan sebab-akibat.
- Sangat berguna dalam studi kohort dan investigasi wabah.

Keterbatasan Insidensi

- Memerlukan pengamatan dalam jangka waktu tertentu.
- Membutuhkan data yang lengkap dan akurat.
- Sulit diterapkan pada populasi yang sangat besar tanpa sistem *surveilans* yang baik.

c. *Attack Rate* dan *Secondary Attack Rate*

Attack Rate merupakan bentuk khusus dari insidensi kumulatif yang digunakan terutama dalam investigasi wabah. *Attack rate* dihitung sebagai proporsi individu yang terpapar yang mengembangkan penyakit selama periode wabah atau paparan tertentu. *Attack rate* berguna untuk membandingkan risiko penyakit di antara kelompok yang terpapar agen yang berbeda atau melalui rute penularan yang berbeda.

Secondary Attack Rate adalah proporsi anggota kelompok yang rentan (biasanya anggota keluarga atau kontak rumah tangga) yang terinfeksi setelah terpapar kasus primer selama periode inkubasi. *Secondary attack rate* merupakan ukuran penting transmisibilitas penyakit dalam setting kontak dekat dan digunakan untuk menilai efektivitas intervensi isolasi dan karantina. Selama pandemi COVID-19, estimasi *Secondary attack rate* untuk berbagai setting (rumah tangga, sekolah, tempat kerja) sangat penting dalam merancang strategi pengendalian yang proporsional.

2. Prevalensi

Prevalensi adalah ukuran yang menunjukkan jumlah seluruh kasus penyakit, baik kasus baru maupun kasus lama, yang terdapat dalam suatu populasi pada waktu tertentu. Prevalensi menggambarkan besarnya beban penyakit (*burden of disease*) dalam masyarakat. Dalam

epidemiologi penyakit menular, prevalensi sering digunakan untuk mengetahui tingkat penyebaran penyakit dan kebutuhan pelayanan kesehatan yang diperlukan untuk menangani penderita. Prevalensi menjawab pertanyaan: “*Berapa banyak orang yang sedang menderita penyakit pada saat tertentu?*”

Prevalensi mengukur proporsi individu dalam suatu populasi yang memiliki kondisi penyakit tertentu pada satu titik waktu atau selama periode tertentu. Berbeda dengan insidensi yang mengukur kejadian baru, prevalensi mencerminkan akumulasi seluruh kasus yang ada baik kasus lama yang masih aktif maupun kasus baru yang baru didiagnosis.

a. Prevalensi Titik

Prevalensi Titik (*Point Prevalence*) adalah proporsi individu yang memiliki penyakit pada satu titik waktu yang spesifik. Ini adalah ukuran 'snapshot' yang menangkap status kesehatan populasi pada momen tertentu. Prevalensi titik dihitung sebagai jumlah kasus yang ada pada titik waktu t dibagi total populasi pada titik waktu t yang sama. Rumus:

$$\text{Point Prevalence} = \frac{\text{Jumlah seluruh kasus pada saat tertentu}}{\text{Jumlah populasi pada saat yang sama}} \times k$$

Contoh:

Pada tanggal 1 Januari terdapat 200 penderita HIV/AIDS dari total populasi 50.000 orang.

$$\frac{200}{50000} \times 1000 = 4$$

Artinya terdapat 4 penderita HIV/AIDS per 1.000 penduduk pada tanggal tersebut.

b. Prevalensi Periode

Prevalensi Periode (*Period Prevalence*) menunjukkan jumlah individu yang mengalami penyakit selama suatu rentang waktu tertentu. Rumus:

$$\text{Period Prevalence} = \frac{\text{Semua kasus selama periode tertentu}}{\text{Rata – rata populasi selama periode tersebut}} \times k$$

Kegunaan Prevalensi

- Mengukur besarnya masalah kesehatan dalam masyarakat.
- Menentukan kebutuhan pelayanan kesehatan.
- Menghitung kebutuhan obat, tenaga kesehatan, dan fasilitas pelayanan.
- Menjadi dasar perencanaan program pengendalian penyakit.
- Membantu evaluasi keberhasilan program kesehatan.

Kelebihan Prevalensi

- Mudah dihitung melalui survei kesehatan.
- Memberikan gambaran beban penyakit dalam populasi.
- Cocok untuk perencanaan pelayanan kesehatan.

Keterbatasan Prevalensi

- Tidak menggambarkan risiko terjadinya penyakit.
- Dipengaruhi oleh lamanya penyakit berlangsung.
- Kurang tepat untuk menentukan hubungan sebab-akibat.

3. Hubungan antara Insidensi dan Prevalensi

Insidensi dan prevalensi memiliki hubungan yang erat. Pada kondisi populasi yang stabil, hubungan keduanya dapat digambarkan melalui persamaan: $P = I \times D$

Keterangan:

- P = Prevalensi
- I = Insidensi
- D = Durasi penyakit

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa prevalensi akan meningkat apabila insidensi tinggi atau durasi penyakit berlangsung lama. Sebaliknya, prevalensi akan menurun apabila insidensi rendah atau penderita cepat sembuh maupun meninggal. Sebagai contoh, tuberkulosis memiliki prevalensi yang relatif tinggi karena selain terdapat kasus baru setiap tahun, durasi penyakit juga dapat berlangsung lama apabila pengobatan tidak optimal. Sebaliknya, penyakit seperti influenza musiman umumnya memiliki prevalensi yang rendah karena durasi penyakit relatif singkat meskipun insidensinya dapat tinggi.

Tabel 2.1 Perbedaan Insidensi dan Prevalensi

Aspek	Insidensi	Prevalensi
Definisi	Jumlah kasus baru dalam periode tertentu	Jumlah seluruh kasus pada waktu tertentu
Kasus yang dihitung	Kasus baru	Kasus baru dan lama
Tujuan utama	Mengukur risiko terjadinya penyakit	Mengukur beban penyakit
Unsur waktu	Selalu memperhatikan periode waktu	Dapat pada satu titik atau periode waktu
Kegunaan	Investigasi penyebab dan penularan	Perencanaan pelayanan kesehatan
Cocok untuk	Studi kohort dan <i>surveilans</i> penyakit menular	Survei kesehatan masyarakat
Menggambarkan	Risiko atau laju kejadian penyakit	Besarnya masalah kesehatan

4. Peran Insidensi dan Prevalensi dalam Pengendalian Penyakit Menular

Dalam program pengendalian penyakit menular, insidensi dan prevalensi merupakan indikator epidemiologi yang sangat penting. Insidensi digunakan untuk memantau munculnya kasus baru dan menilai efektivitas tindakan pencegahan seperti imunisasi, sanitasi lingkungan, dan pengendalian vektor. Sementara itu, prevalensi digunakan untuk mengukur besarnya beban penyakit dalam masyarakat serta menentukan kebutuhan sumber daya kesehatan yang diperlukan. Kombinasi kedua ukuran tersebut memungkinkan para epidemiolog dan pembuat kebijakan untuk memahami pola penularan penyakit, mengidentifikasi kelompok berisiko, mengalokasikan sumber daya secara efisien, dan mengevaluasi keberhasilan program kesehatan masyarakat secara lebih komprehensif. Dengan demikian, insidensi dan prevalensi menjadi fondasi utama dalam analisis epidemiologi penyakit menular dan dalam upaya meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

Untuk perencanaan layanan kesehatan, prevalensi adalah ukuran yang lebih relevan dibanding insidensi, karena prevalensi mencerminkan jumlah individu yang saat ini membutuhkan layanan, obat, atau

dukungan. Estimasi prevalensi penyakit kronik digunakan untuk merencanakan kapasitas klinik khusus, kebutuhan obat kronis, dan proyeksi biaya layanan kesehatan jangka panjang. Bagi program JKN Indonesia, estimasi prevalensi yang akurat untuk penyakit katastrofik seperti kanker, gagal ginjal, dan penyakit jantung sangat penting untuk kalkulasi aktuarial premi dan perencanaan paket manfaat.

B. Ukuran Morbiditas dan Mortalitas

Dalam epidemiologi, morbiditas dan mortalitas merupakan dua indikator utama yang digunakan untuk menggambarkan status kesehatan suatu populasi. Morbiditas berkaitan dengan kejadian penyakit atau gangguan kesehatan yang dialami oleh individu dalam suatu populasi, sedangkan mortalitas berkaitan dengan kejadian kematian. Kedua ukuran ini memiliki peran penting dalam mengidentifikasi masalah kesehatan, menentukan prioritas program kesehatan, mengevaluasi efektivitas intervensi, serta mendukung perumusan kebijakan kesehatan berbasis bukti (*evidence-based health policy*). Dalam epidemiologi penyakit menular, ukuran morbiditas dan mortalitas digunakan untuk menilai tingkat penyebaran penyakit, tingkat keparahan penyakit, serta dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

1. Ukuran Morbiditas

Morbiditas adalah keadaan sakit, gangguan kesehatan, atau kejadian penyakit yang terjadi dalam suatu populasi. Ukuran morbiditas digunakan untuk mengetahui frekuensi dan distribusi penyakit sehingga dapat memberikan gambaran mengenai besarnya masalah kesehatan yang dihadapi masyarakat. Pengukuran morbiditas sangat penting dalam epidemiologi penyakit menular karena dapat menunjukkan tingkat penularan dan efektivitas upaya pencegahan maupun pengendalian penyakit.

a. Insidensi (*Incidence*)

Insidensi merupakan jumlah kasus baru suatu penyakit yang muncul dalam populasi berisiko selama periode waktu tertentu. Ukuran ini menggambarkan risiko seseorang untuk mengalami penyakit dan sering digunakan untuk memantau perkembangan penyakit menular, seperti tuberkulosis, malaria, atau demam berdarah. Tingginya angka insidensi menunjukkan bahwa

penularan penyakit masih aktif dan memerlukan intervensi yang lebih intensif.

b. *Prevalensi (Prevalence)*

Prevalensi adalah jumlah seluruh kasus penyakit, baik kasus baru maupun lama, yang terdapat dalam suatu populasi pada waktu tertentu. Prevalensi memberikan gambaran mengenai besarnya beban penyakit dalam masyarakat. Dalam penyakit menular kronis seperti HIV/AIDS atau hepatitis B, prevalensi sering digunakan untuk mengetahui jumlah penderita yang memerlukan pelayanan kesehatan dan pengobatan berkelanjutan.

c. *Attack Rate (Angka Serangan)*

Attack rate merupakan bentuk khusus dari insidensi yang digunakan dalam investigasi wabah atau kejadian luar biasa. Ukuran ini menunjukkan proporsi individu yang mengalami penyakit setelah terpapar suatu faktor risiko tertentu selama periode wabah. Rumus:

$$\text{Attack Rate} = \frac{\text{Jumlah kasus baru}}{\text{Jumlah populasi yang terpapar}} \times 100\%$$

d. *Secondary Attack Rate (Angka Serangan Sekunder)*

Secondary attack rate digunakan untuk mengukur tingkat penularan penyakit dari kasus primer kepada kontak dekat dalam suatu kelompok atau rumah tangga. Rumus:

$$\text{Secondary Attack Rate} = \frac{\text{Jumlah kasus sekunder}}{\text{Jumlah kontak rentan}} \times 100\%$$

Ukuran ini sering digunakan dalam epidemiologi penyakit menular seperti campak, influenza, COVID-19, dan cacar air untuk menilai tingkat penularan dalam kelompok tertentu.

e. *Notification Rate*

Notification rate merupakan jumlah kasus penyakit yang dilaporkan kepada otoritas kesehatan dalam periode tertentu dibandingkan dengan jumlah penduduk yang berisiko. Indikator ini penting dalam sistem *surveilans* epidemiologi untuk

memantau perkembangan penyakit menular dan mendeteksi potensi wabah secara dini.

2. Ukuran Mortalitas

Mortalitas adalah frekuensi kematian yang terjadi dalam suatu populasi selama periode tertentu. Ukuran mortalitas digunakan untuk menilai tingkat keparahan penyakit, efektivitas pelayanan kesehatan, serta kondisi kesehatan masyarakat secara keseluruhan. Dalam epidemiologi penyakit menular, mortalitas menjadi indikator penting untuk mengetahui dampak penyakit terhadap kehidupan manusia.

a. *Crude Death Rate (CDR)* atau Angka Kematian Kasar

Angka kematian kasar menunjukkan jumlah seluruh kematian yang terjadi dalam suatu populasi selama satu tahun dibandingkan dengan jumlah penduduk pertengahan tahun. Rumus:

$$CDR = \frac{\text{Jumlah seluruh kematian selama satu tahun}}{\text{Jumlah penduduk pertengahan tahun}} \times 1000$$

b. *Cause-Specific Death Rate*

Angka kematian spesifik penyebab menunjukkan jumlah kematian akibat penyakit tertentu dibandingkan dengan jumlah penduduk. Rumus:

$$CSDR = \frac{\text{Jumlah kematian akibat penyakit tertentu}}{\text{Jumlah penduduk}} \times 10000$$

Ukuran ini digunakan untuk mengetahui dampak penyakit tertentu, misalnya kematian akibat tuberkulosis, malaria, HIV/AIDS, atau COVID-19.

c. *Age-Specific Death Rate*

Angka kematian spesifik umur menunjukkan jumlah kematian pada kelompok umur tertentu dibandingkan dengan jumlah penduduk pada kelompok umur yang sama. Ukuran ini membantu mengidentifikasi kelompok usia yang paling rentan terhadap suatu penyakit atau kondisi kesehatan.

d. *Infant Mortality Rate (IMR)*

Angka kematian bayi adalah jumlah kematian bayi berusia kurang dari satu tahun dalam satu tahun tertentu dibandingkan dengan jumlah kelahiran hidup pada tahun yang sama. Rumus:

$$IMR = \frac{\text{Jumlah kematian bayi} < 1 \text{ tahun}}{\text{Jumlah kelahiran hidup}} \times 1000$$

IMR merupakan indikator penting untuk menilai kualitas pelayanan kesehatan ibu dan anak serta kondisi sosial ekonomi masyarakat.

e. *Maternal Mortality Ratio (MMR)*

Angka kematian ibu menunjukkan jumlah kematian ibu yang terjadi selama masa kehamilan, persalinan, atau dalam 42 hari setelah persalinan dibandingkan dengan jumlah kelahiran hidup.

Rumus:

$$MMR = \frac{\text{Jumlah kematian ibu}}{\text{Jumlah kelahiran hidup}} \times 100.000$$

Indikator ini banyak digunakan dalam pemantauan pencapaian target kesehatan nasional maupun global, termasuk SDGs.

f. *Case Fatality Rate (CFR)*

Case Fatality Rate merupakan proporsi penderita penyakit tertentu yang meninggal akibat penyakit tersebut dalam periode tertentu. CFR menggambarkan tingkat keganasan atau keparahan suatu penyakit. Rumus:

$$CFR = \frac{\text{Jumlah kematian akibat penyakit}}{\text{Jumlah seluruh kasus penyakit}} \times 100\%$$

Contoh: Terdapat 500 kasus meningitis dengan 50 kematian.

$$CFR = \frac{50}{500} \times 100\% = 10\%$$

Artinya, tingkat fatalitas kasus meningitis adalah 10%. Semakin tinggi CFR, semakin tinggi tingkat keparahan penyakit tersebut.

Tabel 2.2 Perbedaan Morbiditas dan Mortalitas

Aspek	Morbiditas	Mortalitas
Pengertian	Kejadian penyakit atau gangguan kesehatan	Kejadian kematian
Fokus Pengukuran	Kesakitan dalam populasi	Kematian dalam populasi
Indikator Utama	Insidensi, prevalensi, attack rate	CDR, CFR, IMR, MMR
Tujuan	Mengukur frekuensi penyakit	Mengukur dampak penyakit terhadap kematian

Kegunaan	Perencanaan dan pengendalian penyakit	Evaluasi tingkat keparahan dan kualitas pelayanan kesehatan
----------	---------------------------------------	---

3. Peran Ukuran Morbiditas dan Mortalitas dalam Epidemiologi Penyakit Menular

Ukuran morbiditas dan mortalitas merupakan instrumen penting dalam epidemiologi penyakit menular. Morbiditas digunakan untuk memantau pola penyebaran penyakit, mengidentifikasi kelompok berisiko, serta mengevaluasi efektivitas program pencegahan dan pengendalian penyakit. Sementara itu, mortalitas digunakan untuk menilai dampak penyakit terhadap populasi, menentukan tingkat keparahan penyakit, dan mengukur keberhasilan pelayanan kesehatan dalam menurunkan angka kematian. Dengan mengombinasikan kedua ukuran tersebut, epidemiolog dapat memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai status kesehatan masyarakat sehingga keputusan kesehatan masyarakat dapat dilakukan secara lebih tepat, efektif, dan berbasis bukti ilmiah.

C. *Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk*

Dalam epidemiologi, selain mengukur frekuensi penyakit melalui insidensi dan prevalensi, peneliti juga perlu mengetahui hubungan antara faktor risiko (paparan) dengan kejadian penyakit. Untuk tujuan tersebut digunakan berbagai ukuran asosiasi, di antaranya *Risk Ratio* (RR), *Odds Ratio* (OR), dan *Attributable Risk* (AR). Ketiga ukuran ini sangat penting dalam epidemiologi penyakit menular karena membantu menentukan apakah suatu faktor tertentu berperan dalam meningkatkan atau menurunkan risiko terjadinya penyakit. Hasil pengukuran tersebut menjadi dasar dalam perencanaan strategi pencegahan, pengendalian penyakit, dan pengambilan keputusan kesehatan masyarakat berbasis bukti.

1. *Risk Ratio (Relative Risk)*

Risk Ratio atau *Relative Risk* adalah rasio risiko terjadinya penyakit pada kelompok yang terpapar dibandingkan dengan kelompok yang tidak terpapar. *Risk Ratio* merupakan ukuran asosiasi utama dalam

studi kohort prospektif karena studi kohort memungkinkan pengukuran langsung risiko penyakit pada kelompok terpapar dan tidak terpapar.

Tabel Dasar Perhitungan *Risk Ratio*

Paparan	Sakit	Tidak Sakit	Total
Terpapar	a	b	a + b
Tidak Terpapar	c	d	c + d

Rumus *Risk Ratio*

$$Risk Ratio = \frac{a/(a+b)}{c/(c+d)}$$

Keterangan:

- $a/(a+b)$ = risiko penyakit pada kelompok terpapar
- $c/(c+d)$ = risiko penyakit pada kelompok tidak terpapar

Contoh: Penelitian mengenai hubungan konsumsi air yang terkontaminasi dengan kejadian diare menghasilkan data berikut:

Paparan Air Terkontaminasi	Diare	Tidak Diare	Total
Ya	120	280	400
Tidak	40	360	400

Risiko pada kelompok terpapar: $\frac{120}{400} = 0.30$

Risiko pada kelompok tidak terpapar: $\frac{40}{400} = 0.10$

Maka: $Risk Ratio = \frac{0.30}{0.10} = 3$

Interpretasi *Risk Ratio*

- $RR = 1 \rightarrow$ Tidak ada hubungan antara paparan dan penyakit.
- $RR > 1 \rightarrow$ Paparan meningkatkan risiko penyakit.
- $RR < 1 \rightarrow$ Paparan bersifat protektif.
- $RR = 3 \rightarrow$ Individu yang terpapar memiliki risiko 3 kali lebih besar mengalami penyakit dibandingkan yang tidak terpapar.

Kelebihan *Risk Ratio*

1. Mudah dipahami dan diinterpretasikan.
2. Menggambarkan risiko secara langsung.
3. Sangat cocok untuk studi kohort dan uji klinis.

Keterbatasan *Risk Ratio*

1. Tidak dapat digunakan pada studi kasus-kontrol.
2. Membutuhkan data insidensi yang lengkap.
3. Kurang efisien untuk penyakit yang jarang terjadi.

2. *Odds Ratio* (OR)

Odds Ratio (OR) adalah ukuran asosiasi yang membandingkan peluang (*odds*) terjadinya penyakit pada kelompok terpapar dengan peluang terjadinya penyakit pada kelompok tidak terpapar. *Odds Ratio* merupakan ukuran yang paling banyak digunakan dalam studi kasus-kontrol, karena pada desain penelitian ini insidensi penyakit tidak dapat dihitung secara langsung.

Tabel Dasar Perhitungan *Odds Ratio*

Paparan	Kasus	Kontrol
Terpapar	a	b
Tidak Terpapar	c	d

Rumus *Odds Ratio*

$$Odds Ratio = \frac{a \times d}{b \times c}$$

Contoh: Penelitian kasus-kontrol mengenai hubungan merokok dengan tuberkulosis menghasilkan data:

Merokok	TB	Tidak TB
Ya	150	100
Tidak	50	200

Maka:

$$Odds Ratio = \frac{150 \times 200}{100 \times 50} = \frac{30000}{5000} = 6$$

Interpretasi *Odds Ratio*

- $OR = 1 \rightarrow$ Tidak ada hubungan.
- $OR > 1 \rightarrow$ Faktor risiko meningkatkan peluang penyakit.
- $OR < 1 \rightarrow$ Faktor bersifat protektif.
- $OR = 6 \rightarrow$ Perokok memiliki peluang 6 kali lebih besar mengalami tuberkulosis dibandingkan bukan perokok.

Kelebihan *Odds Ratio*

1. Cocok untuk studi kasus-kontrol.
2. Dapat digunakan pada penyakit langka.

3. Mudah dihitung dari data retrospektif.

Keterbatasan *Odds Ratio*

1. Sulit dipahami oleh masyarakat awam.
2. Dapat melebihi-lebihkan risiko apabila penyakit sering terjadi.
3. Tidak menunjukkan risiko absolut.

Hubungan antara *Odds Ratio* dan *Risk Ratio* sangat penting untuk dipahami. Ketika prevalensi penyakit rendah yang dikenal sebagai '*rare disease assumption*' (biasanya didefinisikan sebagai prevalensi < 10%) *Odds Ratio* merupakan estimasi yang cukup baik untuk *Risk Ratio*, karena $(a+b) \approx b$ dan $(c+d) \approx d$ sehingga $OR \approx RR$. Namun, ketika prevalensi tinggi, *OR* dan *Risk Ratio* dapat berbeda secara substansial: $OR > 1$ akan melebihi *Risk Ratio* secara proporsional, sementara $OR < 1$ akan lebih ekstrem dari *Risk Ratio*. Kesalahan menginterpretasikan *Odds Ratio* sebagai *Risk Ratio* dalam kondisi prevalensi tinggi dapat menghasilkan pernyataan yang menyesatkan tentang besarnya risiko.

Dalam era meta-analisis, *Odds Ratio* digunakan secara luas karena memiliki sifat matematika yang lebih mudah dikelola (simetris, dapat dikombinasikan menggunakan logaritma). Namun, interpretasi yang tepat tetap memerlukan perhatian pada konteks prevalensi penyakit. Knol *et al.* (2022) merekomendasikan bahwa ketika prevalensi outcome tinggi (> 10%), peneliti sebaiknya melaporkan *Risk Ratio* yang disesuaikan secara langsung atau menggunakan pendekatan konversi *Odds Ratio* ke *Risk Ratio* untuk memastikan interpretasi yang akurat.

3. *Attributable Risk* dan Ukuran Dampak Populasi

Sementara *Risk Ratio* dan *Odds Ratio* mengukur kekuatan hubungan statistik (yang relevan untuk memahami kausalitas), ukuran attributable risk mengkuantifikasi kelebihan risiko penyakit yang disebabkan oleh paparan spesifik yang lebih relevan untuk kebijakan kesehatan masyarakat. *Attributable Risk* (AR) atau *Risk Difference* (RD) adalah perbedaan absolut dalam risiko antara kelompok terpapar dan tidak terpapar. Rumus:

$$AR = I_e - I_o$$

Keterangan:

- I_e = insidensi pada kelompok terpapar

- I_o = insidensi pada kelompok tidak terpapar

Contoh:

- Insidensi diare pada pengguna air tercemar = 30%
- Insidensi diare pada pengguna air bersih = 10%

Maka: $AR = 30\% - 10\% = 20\%$

Nilai AR sebesar 20% menunjukkan bahwa 20 kasus diare per 100 penduduk yang terpapar air tercemar terjadi akibat paparan tersebut dan secara teoritis dapat dicegah apabila paparan dihilangkan.

a. *Attributable Risk Percent (AR%)*

Selain AR absolut, sering digunakan AR dalam bentuk persentase.

Rumus:

$$AR\% = \frac{I_e - I_o}{I_e} \times 100$$

Menggunakan contoh sebelumnya:

$$AR\% = \frac{30 - 10}{30} \times 100 = 66.7\%$$

Interpretasinya adalah sekitar 66,7% kasus diare pada kelompok yang terpapar disebabkan oleh penggunaan air yang tercemar.

b. *Population Attributable Risk (PAR)*

Population Attributable Risk menunjukkan jumlah kejadian penyakit dalam populasi yang disebabkan oleh faktor risiko tertentu.

Rumus:

$$PAR = I_p - I_o$$

Keterangan:

- I_p = insidensi populasi
- I_o = insidensi kelompok tidak terpapar

PAR membantu pembuat kebijakan menentukan prioritas intervensi kesehatan masyarakat karena menunjukkan besarnya dampak faktor risiko terhadap populasi secara keseluruhan.

Kelebihan *Attributable Risk*

1. Menggambarkan dampak absolut faktor risiko.
2. Membantu menentukan prioritas program kesehatan.
3. Berguna dalam evaluasi manfaat intervensi pencegahan.

Keterbatasan *Attributable Risk*

1. Memerlukan data insidensi yang akurat.

2. Tidak dapat digunakan apabila hubungan sebab-akibat belum jelas.
3. Dipengaruhi oleh distribusi faktor risiko dalam populasi.

Dalam epidemiologi penyakit menular, *Risk Ratio*, *Odds Ratio*, dan *Attributable Risk* merupakan ukuran asosiasi yang sangat penting untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berperan dalam terjadinya penyakit. RR digunakan untuk mengukur besarnya risiko pada kelompok yang terpapar, OR digunakan untuk menilai kekuatan hubungan pada penelitian kasus-kontrol, sedangkan AR digunakan untuk menghitung besarnya kejadian penyakit yang dapat dicegah apabila faktor risiko dihilangkan. Ketiga ukuran tersebut menjadi dasar dalam penentuan faktor penyebab penyakit, penyusunan kebijakan kesehatan, evaluasi program pengendalian penyakit, serta pengembangan strategi pencegahan yang efektif. Dengan demikian, penggunaan RR, OR, dan AR memungkinkan epidemiolog memahami hubungan antara paparan dan penyakit secara lebih komprehensif serta mendukung pengambilan keputusan kesehatan masyarakat yang berbasis bukti ilmiah.

D. Interpretasi Data Epidemiologi

1. Pengertian Interpretasi Data Epidemiologi

Interpretasi data epidemiologi merupakan proses memberikan makna terhadap data kesehatan yang telah dikumpulkan, diolah, dan dianalisis sehingga dapat digunakan untuk memahami pola kejadian penyakit dalam suatu populasi. Interpretasi tidak hanya berfokus pada angka atau hasil statistik, tetapi juga berupaya menjelaskan mengapa suatu fenomena kesehatan terjadi, siapa yang paling terdampak, di mana penyakit tersebut banyak ditemukan, dan kapan kejadian tersebut meningkat atau menurun. Dalam epidemiologi penyakit menular, interpretasi data menjadi dasar dalam mengidentifikasi sumber penularan, menentukan kelompok berisiko, serta merancang strategi pencegahan dan pengendalian penyakit yang efektif. Oleh karena itu, interpretasi data merupakan tahapan penting yang menghubungkan hasil analisis epidemiologi dengan pengambilan keputusan kesehatan masyarakat.

2. Tujuan Interpretasi Data Epidemiologi

Interpretasi data epidemiologi bertujuan untuk mengubah informasi statistik menjadi dasar yang dapat digunakan dalam

perencanaan dan pengambilan keputusan kesehatan. Melalui interpretasi yang tepat, petugas kesehatan dapat mengetahui besarnya masalah kesehatan yang terjadi, mengidentifikasi kelompok masyarakat yang paling rentan terhadap penyakit, serta memahami faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya penyakit. Selain itu, interpretasi data juga membantu mengevaluasi keberhasilan program kesehatan yang telah dilaksanakan, menentukan prioritas intervensi kesehatan, serta mendukung penyusunan kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*). Dengan demikian, interpretasi data epidemiologi berfungsi sebagai jembatan antara hasil penelitian dan tindakan nyata dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

3. Prinsip-Prinsip Interpretasi Data Epidemiologi

a. Validitas Data

Validitas data mengacu pada tingkat ketepatan data dalam menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Data yang valid adalah data yang benar-benar mengukur apa yang seharusnya diukur dan bebas dari kesalahan sistematis. Dalam epidemiologi penyakit menular, validitas sangat penting karena kesalahan dalam pencatatan kasus atau diagnosis dapat menyebabkan kesimpulan yang keliru mengenai tingkat penyebaran penyakit. Oleh karena itu, sebelum melakukan interpretasi, epidemiolog harus memastikan bahwa data berasal dari sumber yang terpercaya dan telah melalui proses verifikasi yang memadai.

b. Reliabilitas Data

Reliabilitas menunjukkan konsistensi hasil pengukuran apabila pengamatan dilakukan berulang kali dalam kondisi yang sama. Data yang reliabel akan memberikan hasil yang relatif sama ketika dikumpulkan oleh petugas yang berbeda atau pada waktu yang berbeda dengan metode yang sama. Reliabilitas sangat penting dalam epidemiologi karena data yang tidak konsisten dapat menyebabkan kesalahan dalam menilai tren penyakit atau efektivitas suatu intervensi kesehatan. Semakin tinggi reliabilitas data, semakin besar tingkat kepercayaan terhadap hasil interpretasi yang dilakukan.

c. Representativitas

Representativitas menggambarkan sejauh mana data yang diperoleh mampu mewakili populasi yang menjadi sasaran penelitian atau pengamatan. Data yang tidak representatif dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak sesuai dengan kondisi sebenarnya dalam masyarakat. Misalnya, survei penyakit yang hanya dilakukan pada kelompok perkotaan tidak dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi seluruh populasi apabila sebagian besar penduduk tinggal di daerah pedesaan. Oleh karena itu, pemilihan sampel yang tepat menjadi faktor penting dalam memastikan representativitas data epidemiologi.

d. Signifikansi Epidemiologis

Signifikansi epidemiologis menunjukkan pentingnya suatu temuan dari sudut pandang kesehatan masyarakat. Tidak semua hasil yang signifikan secara statistik memiliki makna epidemiologis yang besar. Sebaliknya, suatu peningkatan risiko yang tampak kecil secara statistik dapat memiliki dampak yang sangat besar apabila terjadi pada populasi yang luas. Oleh karena itu, interpretasi data epidemiologi harus mempertimbangkan dampak praktis dan konsekuensi kesehatan masyarakat dari suatu temuan, bukan hanya nilai statistik semata.

e. Konteks Populasi

Interpretasi data epidemiologi harus mempertimbangkan kondisi sosial, ekonomi, budaya, lingkungan, dan sistem pelayanan kesehatan yang berlaku pada populasi yang diteliti. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi pola kejadian penyakit dan keberhasilan program kesehatan. Sebagai contoh, tingginya angka diare pada suatu daerah mungkin tidak hanya disebabkan oleh faktor biologis, tetapi juga berkaitan dengan rendahnya akses terhadap air bersih dan sanitasi. Oleh karena itu, interpretasi data harus dilakukan secara komprehensif dengan memperhatikan konteks populasi secara menyeluruh.

4. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Interpretasi Data Epidemiologi

a. Bias

Bias merupakan kesalahan sistematis yang menyebabkan hasil penelitian menyimpang dari kondisi sebenarnya. Bias dapat muncul pada tahap pengumpulan data, pemilihan sampel, pengukuran variabel, maupun pelaporan hasil penelitian. Kehadiran bias dapat menyebabkan hubungan antara faktor risiko dan penyakit terlihat lebih kuat atau lebih lemah daripada yang sebenarnya. Oleh karena itu, identifikasi dan pengendalian bias menjadi bagian penting dalam proses interpretasi data epidemiologi.

b. *Confounding*

Confounding atau faktor perancu terjadi ketika hubungan antara paparan dan penyakit dipengaruhi oleh variabel lain yang berhubungan dengan keduanya. Faktor perancu dapat menyebabkan kesimpulan yang salah mengenai hubungan sebab-akibat. Misalnya, hubungan antara konsumsi kopi dan penyakit jantung mungkin dipengaruhi oleh kebiasaan merokok yang lebih sering ditemukan pada kelompok peminum kopi. Oleh karena itu, epidemiolog perlu mengendalikan faktor perancu melalui desain penelitian maupun analisis statistik.

c. Ukuran Sampel

Ukuran sampel memengaruhi ketepatan dan stabilitas hasil penelitian. Sampel yang terlalu kecil dapat menghasilkan estimasi yang kurang akurat dan memiliki tingkat kesalahan yang tinggi. Sebaliknya, sampel yang cukup besar akan meningkatkan kekuatan statistik dan menghasilkan hasil yang lebih representatif terhadap populasi. Oleh karena itu, ukuran sampel harus dipertimbangkan dalam menilai validitas suatu hasil epidemiologi.

d. Kualitas Data

Kualitas data merupakan faktor utama yang menentukan ketepatan interpretasi epidemiologi. Data yang tidak lengkap, tidak akurat, atau tidak konsisten dapat menghasilkan kesimpulan yang menyesatkan. Oleh karena itu, proses pengumpulan, pengelolaan, dan verifikasi data harus dilakukan secara sistematis untuk memastikan bahwa informasi yang digunakan dalam analisis benar-benar mencerminkan kondisi yang sebenarnya.

Hasil interpretasi data epidemiologi memiliki peran yang sangat penting dalam kesehatan masyarakat. Informasi yang dihasilkan dapat digunakan untuk menentukan prioritas masalah kesehatan, menyusun program pencegahan dan pengendalian penyakit, mengevaluasi efektivitas intervensi kesehatan, serta mendukung pengambilan keputusan yang berbasis bukti ilmiah. Selain itu, hasil interpretasi juga membantu dalam pengalokasian sumber daya kesehatan secara lebih efisien, pengembangan kebijakan kesehatan yang tepat sasaran, serta peningkatan kualitas pelayanan kesehatan. Dengan demikian, interpretasi data epidemiologi tidak hanya menghasilkan pengetahuan, tetapi juga menjadi dasar tindakan nyata dalam meningkatkan kesehatan masyarakat.

BAB III

DESAIN STUDI EPIDEMIOLOGI

Desain studi merupakan rencana atau strategi keseluruhan yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian epidemiologi. Pemilihan desain studi yang tepat adalah salah satu keputusan paling kritis dalam penelitian epidemiologi karena ia menentukan jenis pertanyaan yang dapat dijawab, kualitas bukti yang dihasilkan, efisiensi sumber daya yang diperlukan, dan ancaman validitas yang harus diantisipasi.

Klasifikasi utama desain studi epidemiologi didasarkan pada dua dimensi: (1) apakah peneliti memberikan perlakuan/intervensi (studi eksperimental) atau hanya mengamati (studi observasional); dan (2) apakah data dikumpulkan pada satu titik waktu (*cross-sectional*) atau mengikuti individu sepanjang waktu (*longitudinal*). Kombinasi dari dimensi-dimensi ini menghasilkan berbagai desain studi dengan karakteristik uniknya masing-masing.

A. Studi Deskriptif

Studi deskriptif merupakan salah satu desain penelitian epidemiologi yang bertujuan untuk menggambarkan distribusi penyakit atau masalah kesehatan dalam suatu populasi berdasarkan karakteristik orang (*person*), tempat (*place*), dan waktu (*time*). Desain penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis atau menentukan hubungan sebab-akibat antara faktor risiko dan penyakit, melainkan untuk memberikan gambaran mengenai frekuensi, pola, dan karakteristik kejadian penyakit dalam masyarakat. Oleh karena itu, studi deskriptif sering digunakan sebagai langkah awal dalam proses investigasi epidemiologi sebelum dilakukan penelitian analitik yang lebih mendalam.

Dalam epidemiologi penyakit menular, studi deskriptif berperan penting dalam mengidentifikasi pola penyebaran penyakit, kelompok masyarakat yang paling terdampak, wilayah dengan angka kejadian

tinggi, serta perubahan kejadian penyakit dari waktu ke waktu. Informasi yang diperoleh dari studi deskriptif menjadi dasar bagi perencanaan program kesehatan, *surveilans* penyakit, penyelidikan wabah, dan pengembangan hipotesis mengenai faktor-faktor yang mungkin berkontribusi terhadap terjadinya penyakit.

1. Tujuan Studi Deskriptif

Tujuan utama studi deskriptif adalah memberikan gambaran yang jelas mengenai situasi kesehatan suatu populasi. Melalui studi ini, peneliti dapat mengetahui besarnya masalah kesehatan, mengidentifikasi kelompok yang memiliki risiko tinggi, serta memantau perubahan pola penyakit dalam masyarakat. Selain itu, studi deskriptif bertujuan menghasilkan informasi awal yang dapat digunakan untuk merumuskan hipotesis penelitian lebih lanjut. Dengan memahami karakteristik distribusi penyakit berdasarkan orang, tempat, dan waktu, para epidemiolog dapat menentukan prioritas masalah kesehatan serta menyusun strategi intervensi yang lebih tepat sasaran.

2. Karakteristik Studi Deskriptif

Studi deskriptif memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari desain penelitian epidemiologi lainnya. Karakteristik utama studi ini adalah fokus pada penggambaran distribusi penyakit tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel penelitian. Peneliti hanya mengamati dan mencatat kejadian yang terjadi secara alami dalam populasi. Selain itu, studi deskriptif umumnya menggunakan data *surveilans*, data registrasi penyakit, data sensus, laporan rumah sakit, atau hasil survei kesehatan masyarakat. Hasil penelitian biasanya disajikan dalam bentuk angka, tabel, grafik, peta distribusi penyakit, maupun narasi yang menjelaskan pola kejadian penyakit. Karena tidak dirancang untuk membuktikan hubungan sebab-akibat, hasil studi deskriptif lebih berfungsi sebagai dasar pembentukan hipotesis daripada sebagai bukti kausalitas.

3. Pendekatan Studi Deskriptif Berdasarkan Orang, Tempat, dan Waktu

a. Interpretasi Berdasarkan Orang (*Person*)

Interpretasi berdasarkan orang bertujuan untuk mengetahui karakteristik individu atau kelompok yang paling sering

mengalami suatu penyakit. Analisis ini biasanya dilakukan berdasarkan umur, jenis kelamin, pekerjaan, tingkat pendidikan, status ekonomi, maupun perilaku kesehatan. Melalui pendekatan ini, epidemiolog dapat mengidentifikasi kelompok yang memiliki risiko lebih tinggi sehingga program pencegahan dapat difokuskan pada sasaran yang tepat. Sebagai contoh, apabila kasus tuberkulosis lebih banyak ditemukan pada kelompok usia produktif, maka intervensi kesehatan dapat diarahkan pada kelompok usia tersebut melalui program skrining dan edukasi kesehatan.

b. Interpretasi Berdasarkan Tempat (*Place*)

Interpretasi berdasarkan tempat digunakan untuk memahami distribusi geografis penyakit dalam suatu wilayah. Analisis ini dapat dilakukan pada tingkat negara, provinsi, kabupaten, kecamatan, maupun lingkungan tertentu. Tujuannya adalah mengidentifikasi daerah dengan angka kejadian penyakit yang tinggi serta faktor lingkungan yang mungkin berperan dalam penyebaran penyakit. Misalnya, tingginya kasus malaria di daerah rawa dapat menunjukkan adanya kondisi lingkungan yang mendukung berkembangbiakan nyamuk sebagai vektor penyakit. Informasi tersebut sangat penting dalam menentukan lokasi prioritas untuk intervensi kesehatan.

c. Interpretasi Berdasarkan Waktu (*Time*)

Interpretasi berdasarkan waktu bertujuan untuk mengetahui perubahan kejadian penyakit dari waktu ke waktu. Analisis ini dapat menunjukkan tren peningkatan atau penurunan penyakit, pola musiman, maupun siklus kejadian penyakit tertentu. Dalam epidemiologi penyakit menular, informasi mengenai waktu sangat penting untuk mendeteksi wabah secara dini dan menentukan waktu yang tepat untuk melakukan tindakan pencegahan. Sebagai contoh, peningkatan kasus demam berdarah pada musim hujan dapat menjadi dasar pelaksanaan program pemberantasan sarang nyamuk sebelum puncak musim hujan terjadi.

4. Jenis-Jenis Studi Deskriptif

a. Laporan Kasus (*Case Report*)

Laporan kasus merupakan bentuk paling sederhana dari studi deskriptif yang menggambarkan satu kasus penyakit atau kondisi kesehatan yang dianggap unik, langka, atau memiliki karakteristik khusus. Tujuan utama laporan kasus adalah memberikan informasi awal mengenai suatu fenomena kesehatan yang belum banyak diketahui. Dalam epidemiologi, laporan kasus sering menjadi dasar munculnya penelitian lebih lanjut terhadap penyakit baru atau kondisi yang belum pernah dilaporkan sebelumnya.

b. Seri Kasus (*Case Series*)

Seri kasus merupakan pengembangan dari laporan kasus yang melibatkan beberapa individu dengan penyakit atau kondisi kesehatan yang sama. Penelitian ini bertujuan menggambarkan karakteristik klinis, faktor risiko, perjalanan penyakit, maupun hasil pengobatan pada sekelompok pasien. Meskipun tidak memiliki kelompok pembanding, seri kasus dapat memberikan informasi penting mengenai pola penyakit yang sedang muncul dalam masyarakat.

c. Studi Potong Lintang (*Cross-Sectional Study*)

Studi potong lintang merupakan penelitian yang mengamati status kesehatan dan faktor-faktor yang berkaitan pada satu waktu tertentu. Penelitian ini sering digunakan untuk mengukur prevalensi penyakit dalam suatu populasi. Karena data dikumpulkan secara bersamaan, studi potong lintang mampu memberikan gambaran cepat mengenai kondisi kesehatan masyarakat, meskipun tidak dapat menentukan hubungan sebab-akibat secara pasti. Keunggulan *studi cross-sectional*: relatif mudah, cepat, dan murah dilakukan; dapat mengumpulkan data tentang banyak variabel secara bersamaan; tidak ada masalah *lost to follow-up*; cocok untuk mengestimasi prevalensi penyakit dan faktor risiko; dan berguna untuk perencanaan layanan kesehatan berbasis data.

Keterbatasan utama studi *cross-sectional* adalah ketidakmampuan menentukan temporalitas karena paparan dan *outcome* diukur bersamaan, tidak dapat dipastikan mana yang lebih dulu terjadi. Hal ini membuat studi *cross-sectional* tidak

ideal untuk menentukan hubungan kausal. Selain itu, *cross-sectional* cenderung underrepresentasi penyakit dengan durasi singkat (karena individu yang sembuh atau meninggal cepat sudah tidak ada lagi pada saat survei) ini disebut sebagai *prevalence-incidence bias* atau *Neyman bias*.

Riskesdas Indonesia merupakan contoh studi *cross-sectional* berbasis populasi terbesar dan paling berpengaruh di Indonesia. Riskesdas 2018 mengumpulkan data dari 300.000 rumah tangga di 514 kabupaten/kota. *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) di Amerika Serikat adalah contoh lain studi *cross-sectional* kontinyu yang mengumpulkan data kesehatan dan gizi dari sampel populasi AS secara berkala.

d. Survei Deskriptif

Survei deskriptif dilakukan untuk mengumpulkan informasi mengenai kondisi kesehatan, perilaku kesehatan, atau faktor risiko dalam suatu populasi. Data biasanya diperoleh melalui wawancara, kuesioner, observasi, atau pemeriksaan kesehatan. Hasil survei dapat digunakan untuk menggambarkan distribusi penyakit dan menjadi dasar dalam penyusunan program kesehatan masyarakat.

e. Studi Ekologi (*Ecological Study*)

Studi ekologi merupakan penelitian yang menggunakan kelompok atau populasi sebagai unit analisis, bukan individu. Data yang digunakan biasanya berupa data agregat seperti angka kematian, tingkat polusi udara, atau cakupan imunisasi pada suatu wilayah. Studi ini berguna untuk mengidentifikasi hubungan awal antara faktor lingkungan dan kejadian penyakit, meskipun memiliki keterbatasan dalam menilai hubungan pada tingkat individu. Studi ini mengkorelasikan rata-rata paparan suatu populasi dengan rata-rata outcome kesehatan populasi tersebut. Keunggulan studi ekologis: relatif mudah dan murah dilakukan menggunakan data yang sudah tersedia (data sensus, data *surveilans*, data iklim); dapat mengevaluasi paparan yang bervariasi antar-populasi tetapi tidak antar-individu (misalnya kebijakan nasional, kondisi iklim regional, program kesehatan populasi); dan dapat menghasilkan hipotesis yang kuat.

Keterbatasan utama studi ekologis adalah *ecological fallacy (also called Robinson's paradox)*: korelasi pada tingkat kelompok tidak dapat diasumsikan berlaku pada tingkat individu. Contoh klasik: negara-negara dengan konsumsi lemak tinggi memiliki insiden kanker payudara lebih tinggi secara ekologis, namun studi kohort individu menunjukkan hubungan yang jauh lebih lemah. *Ecological fallacy* terjadi karena paparan dan *outcome* dalam satu kelompok tidak *necessarily* terjadi pada individu yang sama dalam kelompok tersebut. Selain itu, *confounding* pada tingkat ekologis sangat sulit dikendalikan karena banyak variabel tingkat populasi yang berkorelasi satu sama lain.

Studi deskriptif memiliki berbagai keunggulan yang menjadikannya penting dalam epidemiologi. Desain ini relatif mudah dilakukan, membutuhkan biaya yang lebih rendah dibandingkan penelitian analitik, serta dapat memberikan gambaran cepat mengenai kondisi kesehatan masyarakat. Selain itu, studi deskriptif sangat bermanfaat untuk mendeteksi masalah kesehatan yang sedang berkembang, memantau tren penyakit, dan menghasilkan hipotesis yang dapat diuji melalui penelitian lanjutan. Dalam situasi wabah penyakit menular, studi deskriptif sering menjadi langkah awal yang sangat penting untuk memahami karakteristik kejadian penyakit dan menentukan tindakan pengendalian yang diperlukan.

Meskipun memiliki banyak manfaat, studi deskriptif juga memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan utama adalah ketidakmampuannya untuk membuktikan hubungan sebab-akibat antara faktor risiko dan penyakit. Studi ini hanya menggambarkan distribusi penyakit tanpa menjelaskan secara pasti faktor yang menyebabkan terjadinya penyakit tersebut. Selain itu, hasil penelitian dapat dipengaruhi oleh kualitas data yang digunakan, kesalahan pencatatan, maupun bias dalam pengumpulan data. Oleh karena itu, hasil studi deskriptif perlu ditindaklanjuti dengan penelitian analitik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai faktor penyebab penyakit.

Dalam epidemiologi penyakit menular, studi deskriptif memiliki peran yang sangat penting dalam sistem *surveilans* dan investigasi wabah. Melalui analisis berdasarkan orang, tempat, dan waktu, epidemiolog dapat mengidentifikasi kelompok rentan, wilayah berisiko

tinggi, serta pola penyebaran penyakit. Informasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan prioritas program kesehatan, merancang strategi pencegahan dan pengendalian penyakit, serta mengalokasikan sumber daya kesehatan secara efektif. Selain itu, studi deskriptif juga membantu mendeteksi munculnya penyakit baru, memantau perkembangan wabah, dan mengevaluasi dampak intervensi kesehatan masyarakat.

B. Studi Analitik (Kohort, Kasus-Kontrol)

Studi analitik merupakan desain penelitian epidemiologi yang bertujuan untuk menguji hipotesis serta menganalisis hubungan antara faktor risiko (*exposure*) dan kejadian penyakit (*outcome*). Berbeda dengan studi deskriptif yang hanya menggambarkan distribusi penyakit berdasarkan orang, tempat, dan waktu, studi analitik berusaha menjelaskan mengapa suatu penyakit terjadi dan faktor apa saja yang berkontribusi terhadap terjadinya penyakit tersebut. Dengan kata lain, studi analitik digunakan untuk mengidentifikasi determinan penyakit dan menilai kekuatan hubungan antara paparan tertentu dengan outcome kesehatan.

Dalam epidemiologi penyakit menular, studi analitik memiliki peran penting dalam mengidentifikasi sumber penularan, faktor risiko infeksi, efektivitas tindakan pencegahan, serta faktor-faktor yang memengaruhi tingkat keparahan penyakit. Informasi yang dihasilkan dari studi analitik menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan kesehatan, program pengendalian penyakit, dan pengembangan strategi intervensi yang berbasis bukti ilmiah.

1. Studi Kohort

Studi kohort adalah desain penelitian analitik observasional yang dimulai dengan mengelompokkan individu berdasarkan status paparannya terhadap suatu faktor risiko, kemudian diikuti selama periode waktu tertentu untuk melihat apakah mereka mengalami penyakit atau tidak. Dalam studi ini, kelompok yang terpapar dan kelompok yang tidak terpapar dibandingkan untuk mengetahui perbedaan risiko terjadinya penyakit. Studi kohort sangat bermanfaat dalam epidemiologi penyakit menular karena memungkinkan peneliti mengamati proses terjadinya penyakit secara langsung dan menghitung insidensi penyakit pada masing-masing kelompok. Oleh karena itu,

desain ini sering dianggap sebagai salah satu metode terbaik untuk menilai hubungan sebab-akibat dalam penelitian observasional.

Prinsip dasar studi kohort adalah memulai penelitian dari paparan menuju outcome. Peneliti terlebih dahulu menentukan kelompok yang terpapar dan tidak terpapar suatu faktor risiko, kemudian mengamati perkembangan kesehatan kedua kelompok tersebut selama periode tertentu. Dengan pendekatan ini, peneliti dapat mengetahui apakah paparan tertentu meningkatkan risiko terjadinya penyakit dibandingkan dengan kelompok yang tidak terpapar.

2. Jenis-Jenis Studi Kohort

a. Kohort Prospektif

Dalam studi kohort prospektif, peneliti mengidentifikasi kohort pada saat ini, mengumpulkan data paparan, dan kemudian mengikuti peserta ke masa depan. Keunggulan utama desain ini adalah kontrol yang baik atas pengumpulan data paparan (karena dilakukan sebelum outcome terjadi), minimisasi *recall bias* untuk data paparan, kemampuan mengukur perubahan paparan dari waktu ke waktu, dan kemampuan menghitung laju insidensi dan risk ratio secara langsung.

Framingham Heart Study merupakan studi kohort prospektif paling ikonik dalam sejarah epidemiologi. Dimulai pada 1948, studi ini mengikuti lebih dari 5.000 penduduk Framingham, Massachusetts, yang awalnya bebas penyakit kardiovaskular. Lebih dari 70 tahun kemudian, kini mencakup generasi ketiga peserta (*Original Cohort*, *Offspring Cohort*, dan *Third Generation Cohort*), studi ini telah menghasilkan lebih dari 4.000 publikasi ilmiah yang mengidentifikasi hampir seluruh faktor risiko kardiovaskular yang kita ketahui saat ini.

Keterbatasan utama kohort prospektif adalah biaya dan waktu yang sangat besar, terutama untuk penyakit dengan masa laten panjang seperti kanker. Sebagai ilustrasi, untuk mempelajari faktor risiko kanker paru yang membutuhkan 20–30 tahun masa laten, peneliti harus mengikuti kohort selama periode yang sangat panjang, mempertahankan *follow-up* yang tinggi, dan mendanai studi selama beberapa dekade. Masalah *losses to follow-up* (*dropout* dari studi) juga dapat menghasilkan bias jika dropout tidak terjadi secara acak.

b. Kohort Retrospektif (*Historical Cohort*)

Dalam studi kohort retrospektif, peneliti mengidentifikasi kohort yang dibentuk di masa lalu menggunakan catatan historis, kemudian mengikuti kohort tersebut ke waktu saat ini (atau waktu lain di masa lalu). Desain ini memanfaatkan data yang sudah ada (rekam medis, data kepegawaian, catatan paparan kerja, data asuransi) untuk merekonstruksi riwayat paparan dan mencatat *outcome* yang sudah terjadi.

Keunggulan kohort retrospektif adalah jauh lebih cepat dan lebih murah dibanding kohort prospektif karena tidak perlu menunggu *outcome* terjadi data sudah ada. Ini sangat berguna untuk penyakit dengan masa laten panjang. Keterbatasannya mencakup potensi kualitas data historis yang lebih rendah (data yang dikumpulkan sebelumnya untuk tujuan lain mungkin tidak mengandung semua variabel yang diperlukan), potensi survivorship bias (hanya individu yang masih dapat dilacak yang terinklusi), dan keterbatasan dalam pengendalian *confounding*.

c. *Nested Case-Control* dan *Case-Cohort*

Dua varian inovatif dari studi kohort adalah *nested case-control* dan *case-cohort study*. Desain-desain ini mengkombinasikan efisiensi studi kasus-kontrol dengan kelebihan studi kohort, dan menjadi semakin populer terutama ketika pengukuran biomarker atau analisis laboratorium yang mahal diperlukan.

Nested case-control study dilakukan 'bersarang' dalam kohort yang sudah ada. Dari seluruh kohort, kasus (individu yang mengembangkan penyakit) diidentifikasi, dan kemudian kontrol dipilih dari *subcohort* yang bebas dari penyakit pada waktu kasus terjadi. Ini memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap faktor-faktor pembaur dibanding studi kasus-kontrol konvensional, karena semua peserta berasal dari populasi yang sama dengan *follow-up* yang terstandarisasi.

Case-cohort study juga dilakukan dalam kohort, tetapi menggunakan subcohort (sampel acak dari kohort) sebagai kontrol untuk semua kasus, bukan kontrol yang dipilih secara khusus untuk setiap kasus. Keunggulan desain ini adalah *subcohort* dapat digunakan sebagai kontrol untuk *multiple*

outcomes berbeda efisien ketika kohort digunakan untuk mempelajari beberapa penyakit sekaligus.

3. Langkah-Langkah Studi Kohort

Pelaksanaan studi kohort dimulai dengan menentukan populasi penelitian dan mengidentifikasi kelompok yang terpapar serta tidak terpapar faktor risiko. Setelah itu, kedua kelompok diikuti dalam periode tertentu untuk mencatat kejadian penyakit yang muncul. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menghitung risiko penyakit dan membandingkan risiko tersebut antara kelompok yang terpapar dan tidak terpapar. Hasil analisis digunakan untuk menentukan apakah faktor risiko memiliki hubungan dengan kejadian penyakit. Ukuran asosiasi utama yang digunakan dalam studi kohort adalah *Risk Ratio* (RR) atau *Relative Risk*. Rumus:

$$\text{Risk Ratio} = \frac{\text{Risiko pada kelompok terpapar}}{\text{Risiko pada kelompok tidak terpapar}}$$

Nilai RR menunjukkan seberapa besar peningkatan atau penurunan risiko penyakit akibat suatu paparan. Semakin besar nilai RR di atas satu, semakin kuat hubungan antara paparan dan penyakit.

Studi kohort memiliki kemampuan yang baik dalam menentukan hubungan temporal antara paparan dan penyakit karena paparan diamati sebelum penyakit muncul. Selain itu, studi ini memungkinkan peneliti menghitung insidensi penyakit secara langsung dan mengukur berbagai outcome yang mungkin muncul akibat suatu paparan. Keunggulan lainnya adalah kemampuannya dalam meneliti paparan yang jarang terjadi serta memberikan bukti yang lebih kuat mengenai hubungan sebab-akibat dibandingkan desain observasional lainnya. Meskipun memiliki banyak keunggulan, studi kohort memerlukan waktu yang relatif lama dan biaya yang besar, terutama untuk penyakit yang memiliki masa laten panjang. Selain itu, penelitian ini rentan terhadap kehilangan subjek selama masa tindak lanjut (*loss to follow-up*), yang dapat memengaruhi validitas hasil penelitian. Studi kohort juga kurang efisien untuk meneliti penyakit yang jarang terjadi karena membutuhkan jumlah sampel yang sangat besar.

4. Studi Kasus-Kontrol (*Case-Control Study*)

Studi kasus-kontrol adalah desain penelitian analitik observasional yang dimulai dengan mengidentifikasi individu yang telah mengalami penyakit (kasus) dan individu yang tidak mengalami penyakit (kontrol). Setelah itu, peneliti menelusuri riwayat paparan pada kedua kelompok untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan frekuensi paparan yang dapat menjelaskan terjadinya penyakit. Dalam epidemiologi penyakit menular, studi kasus-kontrol sering digunakan untuk menyelidiki faktor risiko penyakit yang jarang terjadi atau ketika wabah telah terjadi dan diperlukan identifikasi sumber penularan secara cepat.

Prinsip utama studi kasus-kontrol adalah memulai penelitian dari outcome menuju paparan. Peneliti terlebih dahulu menentukan siapa yang sakit dan siapa yang tidak sakit, kemudian menelusuri faktor-faktor yang mungkin menyebabkan penyakit tersebut. Dengan pendekatan ini, penelitian dapat dilakukan lebih cepat dibandingkan studi kohort. Szekely *et al.* (2021) dalam review metodologis terbaru menekankan bahwa sebagian besar masalah validitas dalam studi kasus-kontrol berasal dari pemilihan kontrol yang tidak tepat. Ketika kontrol tidak mewakili study base dengan baik (misalnya, kontrol dipilih dari rumah sakit yang berbeda dari kasus, atau kontrol memiliki karakteristik yang berbeda dari populasi umum), *selection bias* dapat menghasilkan estimasi *Odds Ratio* yang berbeda dari nilai sebenarnya.

5. Langkah-Langkah Studi Kasus-Kontrol

a. Pemilihan Kasus

Pelaksanaan studi kasus-kontrol dimulai dengan memilih kelompok kasus yang mengalami penyakit dan kelompok kontrol yang tidak mengalami penyakit. Kasus harus didefinisikan menggunakan kriteria diagnostik yang eksplisit, objektif, dan konsisten. Idealnya, kasus adalah kasus insidens (kasus baru) daripada kasus prevalens (kasus yang sudah lama ada), karena kasus prevalens dapat memiliki faktor risiko yang berbeda dari kasus insidens akibat seleksi berdasarkan kelangsungan hidup (*survivorship bias*).

Sumber kasus dapat berupa: (1) semua kasus di suatu wilayah geografis (*population-based case-control*); (2) kasus dari fasilitas kesehatan tertentu (*hospital-based case-control*); atau (3) kasus dari dalam kohort yang sudah ada (*nested case-*

control). Studi kasus-kontrol berbasis populasi memberikan validitas eksternal yang lebih baik tetapi lebih sulit secara logistik; studi berbasis rumah sakit lebih praktis tetapi rentan terhadap Berkson's bias (*hospital admission bias*).

b. Pemilihan Kontrol

Pemilihan kontrol adalah aspek paling kritis dan paling sering menimbulkan masalah dalam studi kasus-kontrol. Kontrol harus dipilih secara independen dari status paparan artinya, probabilitas individu terpilih sebagai kontrol tidak boleh berbeda berdasarkan status paparannya. Kegagalan memenuhi persyaratan ini adalah sumber utama *selection bias*.

Matching (pencocokan) adalah teknik pemilihan kontrol yang sering digunakan, di mana kontrol dipilih untuk memiliki karakteristik tertentu yang sama dengan kasus (misalnya umur, jenis kelamin, etnis). *Matching* bertujuan meningkatkan efisiensi statistik dengan mengurangi variasi akibat variabel yang di-*match*. Namun, penting dipahami bahwa *matching* tidak mengeliminasi *confounding* oleh variabel yang di-*match* ia justru memerlukan analisis khusus yang memperhitungkan *matching* (*matched analysis* menggunakan *stratified analysis* atau *conditional logistic regression*) untuk memberikan estimasi yang tidak bias.

Selain itu, variabel yang di-*match* tidak dapat dikaji sebagai faktor risiko independen dalam analisis. Oleh karena itu, keputusan variabel apa yang akan di-*match* harus dipertimbangkan dengan cermat. *Overmatching* *matching* pada terlalu banyak variabel atau variabel yang sebenarnya adalah mediator dapat menghasilkan estimasi yang bias ke arah null dan kehilangan efisiensi statistik.

c. Pengukuran Paparan: *Recall Bias*

Dalam studi kasus-kontrol, pengukuran riwayat paparan biasanya dilakukan melalui wawancara dengan kasus dan kontrol tentang paparan di masa lalu. Ini menciptakan potensi *recall bias* (*also known as reporting bias*): kasus cenderung mengingat dan melaporkan paparan yang mereka percaya terkait dengan penyakitnya dengan lebih intensif dan lebih akurat dibanding kontrol yang tidak memiliki motivasi yang sama.

Recall bias dapat menghasilkan overestimasi efek paparan (jika kasus lebih banyak melaporkan paparan dibanding kontrol) atau underestimasi (jika ada bias yang berbeda). Strategi untuk meminimalkan recall bias mencakup: menggunakan sumber data objektif (rekam medis, data laboratorium, biomarker) daripada wawancara retrospektif; menggunakan pewawancara yang tidak mengetahui status kasus/kontrol (*blinded interviewers*); menggunakan kuesioner yang terstandarisasi dengan baik; dan memvalidasi laporan riwayat paparan dengan sumber data independen.

Ukuran asosiasi utama yang digunakan dalam studi kasus-kontrol adalah *Odds Ratio* (OR). Rumus:

$$\text{Odds Ratio} = \frac{a \times d}{b \times c}$$

Nilai OR menunjukkan besarnya peluang terjadinya penyakit pada kelompok yang terpapar dibandingkan kelompok yang tidak terpapar. Semakin besar nilai OR, semakin kuat hubungan antara paparan dan penyakit.

Studi kasus-kontrol relatif cepat dilakukan dan memerlukan biaya yang lebih rendah dibandingkan studi kohort. Desain ini sangat efisien untuk meneliti penyakit yang jarang terjadi serta memungkinkan peneliti mengevaluasi banyak faktor risiko sekaligus. Oleh karena itu, studi kasus-kontrol sering digunakan dalam investigasi wabah dan penelitian penyakit menular yang membutuhkan hasil cepat. Keterbatasan utama studi kasus-kontrol adalah ketidakmampuannya menghitung insidensi penyakit secara langsung. Selain itu, penelitian ini rentan terhadap *recall bias*, yaitu kesalahan yang terjadi ketika responden tidak mampu mengingat riwayat paparannya dengan akurat. Pemilihan kelompok kontrol yang tidak tepat juga dapat menyebabkan *selection bias* yang memengaruhi validitas hasil penelitian.

Studi analitik memiliki peran yang sangat penting dalam epidemiologi penyakit menular karena memungkinkan peneliti mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap penyebaran penyakit. Melalui studi kohort dan kasus-kontrol, epidemiolog dapat menentukan sumber infeksi, mengukur besarnya risiko paparan, mengevaluasi efektivitas program pencegahan, serta mengembangkan strategi pengendalian penyakit yang lebih efektif. Informasi yang diperoleh dari studi analitik juga menjadi dasar dalam penyusunan

kebijakan kesehatan masyarakat dan pengembangan intervensi yang bertujuan mengurangi angka kesakitan dan kematian akibat penyakit menular.

C. Uji Klinis (*Experimental Study*)

Uji klinis (*clinical trial*) merupakan salah satu bentuk studi eksperimental dalam epidemiologi yang dilakukan dengan cara memberikan intervensi atau perlakuan tertentu kepada subjek penelitian, kemudian mengamati efeknya terhadap kejadian penyakit atau kondisi kesehatan tertentu. Dalam desain ini, peneliti secara aktif mengendalikan variabel intervensi sehingga dapat menilai hubungan sebab-akibat secara lebih kuat dibandingkan studi observasional. Dalam epidemiologi penyakit menular, uji klinis sering digunakan untuk menilai efektivitas vaksin, obat-obatan antimikroba, terapi baru, serta intervensi pencegahan dan pengendalian penyakit. Karena melibatkan perlakuan langsung terhadap manusia, uji klinis harus dilakukan dengan standar etika yang ketat untuk memastikan keamanan, hak, dan kesejahteraan subjek penelitian tetap terjaga.

Tujuan utama uji klinis adalah untuk mengetahui apakah suatu intervensi kesehatan benar-benar efektif, aman, dan memiliki manfaat bagi manusia. Melalui uji klinis, peneliti dapat membandingkan hasil antara kelompok yang mendapatkan intervensi dengan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan intervensi atau mendapatkan plasebo. Selain itu, uji klinis juga bertujuan untuk menentukan dosis yang tepat, mengidentifikasi efek samping, serta mengevaluasi efektivitas jangka pendek maupun jangka panjang dari suatu tindakan medis atau kesehatan masyarakat.

Uji klinis memiliki beberapa karakteristik utama yang membedakannya dari desain penelitian epidemiologi lainnya. Pertama, adanya intervensi yang diberikan secara aktif oleh peneliti kepada subjek penelitian. Kedua, adanya kelompok kontrol sebagai pembanding untuk menilai efek intervensi. Ketiga, penggunaan randomisasi dalam pembagian kelompok untuk mengurangi bias dan memastikan kesetaraan karakteristik antar kelompok. Keempat, adanya pengukuran hasil (*outcome*) yang jelas dan terstandar. Selain itu, uji klinis umumnya dilakukan dengan protokol penelitian yang ketat dan pengawasan etik yang kuat.

1. Jenis-Jenis Uji Klinis

a. *Randomized Controlled Trial* (RCT)

Randomized Controlled Trial (RCT) merupakan bentuk uji klinis yang paling kuat dalam epidemiologi. Dalam desain ini, subjek penelitian dibagi secara acak (*random*) ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Kelompok intervensi menerima perlakuan tertentu, sedangkan kelompok kontrol tidak menerima perlakuan atau menerima plasebo. Randomisasi bertujuan untuk mengurangi bias seleksi dan memastikan bahwa karakteristik kedua kelompok relatif sama. RCT sering digunakan untuk menguji efektivitas vaksin, obat baru, atau intervensi pencegahan penyakit menular seperti COVID-19, tuberkulosis, dan malaria.

1) Mengapa Randomisasi Penting: Keunggulan Kausal RCT

Randomisasi menghasilkan keseimbangan dalam ekspektasi antara kelompok intervensi dan kontrol untuk semua variabel, baik yang terukur maupun yang tidak terukur, yang mungkin memengaruhi *outcome*. Ini adalah keunggulan yang tidak dapat dicapai oleh desain observasional mana pun, tidak peduli seberapa cermat *confounding* dikendalikan secara statistik. Dalam studi observasional, orang yang menerima pengobatan atau intervensi umumnya berbeda dari yang tidak menerimanya dalam berbagai cara yang mungkin juga memengaruhi *outcome* (*confounding by indication*). Randomisasi memutuskan hubungan sistematis ini, sehingga perbedaan *outcome* yang teramati antara kelompok intervensi dan kontrol dapat dengan lebih meyakinkan diatribusikan pada intervensi itu sendiri.

2) Komponen Desain RCT yang Optimal

Skema randomisasi yang baik harus memastikan bahwa alokasi benar-benar acak dan tidak dapat diprediksi atau dimanipulasi. *Computer-generated randomization* menggunakan random number tables merupakan standar. *Concealed allocation* (penyembunyian alokasi) memastikan bahwa peneliti yang merekrut peserta tidak mengetahui alokasi yang akan diberikan kepada peserta berikutnya ini penting untuk mencegah *selection bias* dalam rekrutmen. Penelitian menunjukkan bahwa studi dengan *concealed allocation* menghasilkan estimasi efek yang lebih kecil (lebih konservatif)

dibanding yang tidak, yang menunjukkan bahwa kegagalan *concealment* menghasilkan overestimasi efek intervensi.

Blinding (pengaburan) mengacu pada ketidaktahuan tentang alokasi pengobatan. *Single blind*: peserta tidak tahu alokasi. *Double blind*: peserta dan peneliti tidak tahu. *Triple blind*: peserta, peneliti, dan evaluator *outcome* tidak tahu. *Blinding* mencegah berbagai jenis bias seperti *placebo effect*, *performance bias* (perubahan perilaku akibat mengetahui alokasi), dan *ascertainment bias* (pengumpulan *outcome* yang berbeda berdasarkan pengetahuan tentang alokasi). Untuk intervensi non-farmakologis (bedah, fisioterapi, pendidikan), *blinding* sering kali tidak praktis atau tidak etis, sehingga memerlukan strategi alternatif seperti *outcome-assessor blinding*.

Analisis *Intention-to-Treat* (ITT) adalah prinsip analitik yang menganalisis setiap peserta dalam kelompok yang mereka randomisasi, terlepas dari apakah mereka benar-benar menerima intervensi yang dialokasikan atau tidak. *Intention-to-Treat* mempertahankan manfaat randomisasi dan mencerminkan kondisi dunia nyata (banyak pasien tidak patuh terhadap pengobatan). *Per-Protocol* (PP) *analysis* menganalisis hanya peserta yang mematuhi protokol pengobatan sepenuhnya ini memberikan estimasi '*efficacy*' dalam kondisi ideal, tetapi berpotensi memperkenalkan kembali confounding karena ketidakpatuhan tidak terjadi secara acak.

3) Pelaporan RCT: Panduan CONSORT

Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) adalah panduan internasional untuk pelaporan RCT yang dikembangkan untuk meningkatkan transparansi dan kualitas laporan. CONSORT 2010 (Schulz *et al.*, 2010; diperbarui Moher *et al.*, 2022) terdiri dari daftar periksa 25 item yang harus dilaporkan dalam publikasi RCT, meliputi: metode randomisasi, *blinding*, ukuran sampel dan kalkulasinya, *flow diagram* peserta, karakteristik *baseline*, hasil *outcome* utama dan sekunder, analisis *adverse events*, dan diskusi keterbatasan. Kepatuhan terhadap panduan CONSORT telah meningkat secara bermakna dalam dua dekade terakhir di jurnal-jurnal utama, namun masih belum optimal di jurnal yang lebih kecil

dan di negara berpenghasilan rendah-menengah. Riset telah menunjukkan bahwa kualitas pelaporan CONSORT berkorelasi dengan kualitas metodologi studi, dan studi dengan pelaporan yang lebih lengkap cenderung menghasilkan estimasi efek yang lebih konservatif dan lebih dapat dipercaya.

b. *Non-Randomized Clinical Trial*

Uji klinis non-randomisasi adalah penelitian eksperimental yang memberikan intervensi kepada subjek, tetapi pembagian kelompok tidak dilakukan secara acak. Peneliti dapat menggunakan kelompok yang sudah ada sebelumnya sebagai kelompok intervensi dan kontrol. Meskipun lebih mudah dilakukan, desain ini memiliki risiko bias yang lebih tinggi dibandingkan RCT karena perbedaan karakteristik antar kelompok tidak dapat sepenuhnya dikendalikan.

c. *Field Trial* (Uji Lapangan)

Uji lapangan adalah jenis uji klinis yang dilakukan pada individu sehat di masyarakat untuk menilai efektivitas intervensi pencegahan, seperti vaksinasi atau program promosi kesehatan. Fokus utama uji lapangan adalah pencegahan penyakit sebelum terjadi infeksi atau kejadian klinis. Sebagai contoh, uji efektivitas vaksin campak pada anak-anak sekolah merupakan bentuk *field trial* yang bertujuan untuk menilai kemampuan vaksin dalam mencegah infeksi di populasi umum.

d. *Community Trial* (Uji Komunitas)

Uji komunitas adalah bentuk uji klinis yang melibatkan kelompok masyarakat atau komunitas sebagai unit intervensi, bukan individu. Intervensi dapat berupa program kesehatan masyarakat, perubahan perilaku, atau kebijakan kesehatan tertentu. Contohnya adalah evaluasi program pemberantasan sarang nyamuk di suatu desa untuk menurunkan angka kejadian demam berdarah. Dalam desain ini, hasil dinilai berdasarkan perubahan tingkat penyakit di tingkat komunitas.

Uji Komunitas adalah RCT di mana unit randomisasi bukan individu tetapi kelompok atau komunitas (klinik, sekolah, desa, kecamatan). CRT digunakan ketika intervensi dirancang untuk diterapkan pada tingkat komunitas (misalnya program pendidikan kesehatan sekolah, modifikasi lingkungan, kebijakan wilayah), atau ketika randomisasi individu tidak praktis karena risiko kontaminasi (peserta dalam kelompok kontrol mungkin ikut terpapar intervensi

yang diberikan kepada kelompok intervensi jika berada dalam komunitas yang sama).

Studi Wolbachia di Yogyakarta (Utarini *et al.*, 2021, NEJM) merupakan contoh CRT yang sangat berpengaruh dari Indonesia: peneliti menggunakan *cluster randomized design* untuk mengevaluasi dampak pelepasan nyamuk *Aedes aegypti* ber-Wolbachia terhadap insidensi dengue di Kota Yogyakarta. Hasilnya menunjukkan efektivitas 77% dalam mengurangi insidensi *dengue* salah satu terobosan paling signifikan dalam epidemiologi demam berdarah dalam dekade terakhir.

2. Langkah-Langkah Uji Klinis

Pelaksanaan uji klinis dimulai dengan perumusan hipotesis dan penentuan tujuan penelitian. Selanjutnya, peneliti menentukan kriteria inklusi dan eksklusi subjek penelitian, kemudian melakukan rekrutmen peserta. Setelah itu, subjek dibagi ke dalam kelompok intervensi dan kontrol, idealnya melalui proses randomisasi. Intervensi diberikan sesuai protokol yang telah ditetapkan, dan subjek diamati selama periode tertentu untuk melihat munculnya outcome yang diukur. Data kemudian dikumpulkan, dianalisis, dan dibandingkan antara kedua kelompok untuk menilai efektivitas intervensi. Hasil penelitian digunakan untuk menarik kesimpulan mengenai manfaat dan keamanan intervensi yang diuji.

Ukuran utama yang digunakan dalam uji klinis adalah *Risk Ratio* (RR), karena peneliti dapat menghitung insidensi penyakit pada kelompok intervensi dan kontrol secara langsung. Rumus:

$$\text{Risk Ratio} = \frac{\text{Insidensi pada kelompok intervensi}}{\text{Insidensi pada kelompok kontrol}}$$

Selain RR, uji klinis juga dapat menggunakan ukuran lain seperti:

- *Risk Difference* (perbedaan risiko)
- *Attributable Risk* (risiko yang dapat dicegah)
- *Number Needed to Treat* (NNT)

Ukuran-ukuran ini membantu menilai efektivitas dan manfaat klinis dari suatu intervensi kesehatan.

Uji klinis memiliki keunggulan utama dalam kemampuan menentukan hubungan sebab-akibat antara intervensi dan outcome. Dengan adanya randomisasi dan kontrol yang ketat, bias dapat

diminimalkan sehingga hasil penelitian menjadi lebih valid. Selain itu, uji klinis memungkinkan peneliti mengevaluasi efektivitas dan keamanan suatu intervensi secara langsung, sehingga sangat penting dalam pengembangan obat, vaksin, dan prosedur medis baru. Meskipun sangat kuat secara metodologis, uji klinis memiliki beberapa keterbatasan. Pelaksanaannya membutuhkan biaya yang sangat besar, waktu yang lama, serta sumber daya yang kompleks. Selain itu, tidak semua penelitian dapat dilakukan secara eksperimental karena alasan etika, terutama jika intervensi berpotensi membahayakan subjek penelitian. Uji klinis juga sering menghadapi tantangan dalam mempertahankan kepatuhan subjek selama periode penelitian berlangsung.

Dalam epidemiologi penyakit menular, uji klinis memiliki peran yang sangat penting dalam mengembangkan dan mengevaluasi vaksin, obat antimikroba, serta strategi pencegahan dan pengendalian penyakit. Hasil uji klinis menjadi dasar dalam penentuan kebijakan kesehatan, seperti program imunisasi nasional, penggunaan obat standar, serta pedoman penanganan penyakit menular. Dengan demikian, uji klinis berkontribusi langsung dalam menurunkan angka kesakitan dan kematian akibat penyakit menular di masyarakat.

D. Bias, *Confounding*, dan Validitas

Ancaman terhadap validitas studi epidemiologi dapat dikategorikan dalam tiga kelompok utama: bias, *confounding*, dan *effect modification*. Kemampuan untuk mengidentifikasi, mengukur, dan mengendalikan ancaman-ancaman ini adalah kompetensi inti seorang epidemiolog.

1. Konsep Bias dalam Epidemiologi

Bias dalam epidemiologi didefinisikan sebagai kesalahan sistematis dalam desain, pelaksanaan, atau analisis studi yang menghasilkan estimasi efek yang berbeda secara sistematis dari nilai sebenarnya. Berbeda dari *random error* (yang hanya memengaruhi presisi dan dapat dikurangi dengan memperbesar ukuran sampel), bias memengaruhi akurasi dan tidak dapat diatasi hanya dengan menambah jumlah subjek. Rothman *et al.* (2012) mengklasifikasikan bias menjadi dua kategori besar: selection bias dan information bias. *Selection bias*

terjadi ketika proses seleksi subjek ke dalam studi atau retensi dalam studi menghasilkan asosiasi antara paparan dan outcome yang berbeda dari yang ada dalam populasi target. *Information bias* (atau *measurement bias*) terjadi ketika ada kesalahan sistematis dalam pengukuran variabel, baik paparan, *outcome*, maupun kovariat.

2. Jenis-Jenis Bias

a. *Selection Bias* (Bias Seleksi)

Bias seleksi terjadi ketika proses pemilihan subjek penelitian menyebabkan sampel yang diperoleh tidak mewakili populasi sasaran. Akibatnya, karakteristik kelompok yang dibandingkan menjadi berbeda secara sistematis sehingga hasil penelitian dapat menyimpang dari kondisi yang sebenarnya. Sebagai contoh, penelitian mengenai faktor risiko COVID-19 yang hanya melibatkan pasien rumah sakit mungkin menghasilkan estimasi risiko yang berbeda dibandingkan apabila seluruh populasi masyarakat diikutsertakan. Hal ini terjadi karena pasien rumah sakit umumnya memiliki kondisi kesehatan yang lebih berat dibandingkan populasi umum.

Adapun jenis-jenis *selection bias* yaitu *Berkson's Bias* (*hospital admission bias*) adalah bentuk *selection bias* yang terjadi ketika baik paparan maupun penyakit secara independen memengaruhi probabilitas masuk rumah sakit. Akibatnya, dalam studi berbasis rumah sakit, pasien yang dirawat karena penyakit tertentu berbeda secara sistematis dalam distribusi paparan dari pasien yang dirawat karena penyakit lain yang digunakan sebagai kontrol. Ini dapat menghasilkan asosiasi positif atau negatif palsu antara paparan dan penyakit.

Healthy Worker Effect adalah bias yang sering terjadi dalam studi epidemiologi kesehatan kerja: pekerja secara sistematis lebih sehat dibanding populasi umum karena orang yang terlalu sakit untuk bekerja tidak terinklusi dalam kelompok pekerja. Akibatnya, studi yang membandingkan mortalitas atau morbiditas pekerja dengan populasi umum akan menghasilkan estimasi yang bias ke arah protektif.

Survivorship Bias terjadi ketika hanya individu yang 'bertahan' (masih hidup, masih dalam kondisi tertentu) yang diinklusi dalam studi, sedangkan yang sudah meninggal

atau mengalami *outcome* lain tidak diinklusikan. Studi *prevalent cases* (menggunakan kasus yang sudah lama ada) daripada *incident cases* (kasus baru) rentan terhadap *survivorship bias* karena kasus yang masih hidup mungkin memiliki faktor risiko yang berbeda dari kasus yang sudah meninggal.

Losses to Follow-up (dropout) dalam studi kohort atau RCT dapat menghasilkan bias jika dropout tidak terjadi secara acak (*informative censoring*). Jika peserta yang *dropout* berbeda secara sistematis dari yang tetap dalam studi misalnya, mereka yang mengalami efek samping keluar dari studi intervensi analisis yang hanya mencakup peserta yang bertahan akan menghasilkan estimasi yang bias.

b. *Information Bias* (Bias Informasi)

Bias informasi terjadi ketika terdapat kesalahan dalam pengumpulan, pencatatan, atau pengukuran data penelitian. Kesalahan ini menyebabkan informasi yang diperoleh tidak menggambarkan kondisi sebenarnya sehingga hubungan antara paparan dan penyakit dapat terdistorsi. Contohnya, dalam penelitian mengenai faktor risiko tuberkulosis, responden mungkin tidak mampu mengingat riwayat kontak dengan penderita TB secara akurat sehingga informasi yang diberikan menjadi tidak tepat.

c. *Recall Bias*

Recall bias merupakan salah satu bentuk bias informasi yang sering ditemukan dalam studi kasus-kontrol. Bias ini terjadi ketika kelompok kasus lebih mampu mengingat riwayat paparannya dibandingkan kelompok kontrol. Sebagai contoh, ibu yang memiliki anak dengan kelainan bawaan mungkin lebih berusaha mengingat paparan selama kehamilan dibandingkan ibu yang memiliki anak sehat. Perbedaan kemampuan mengingat ini dapat menghasilkan estimasi hubungan yang tidak akurat.

d. *Interviewer Bias*

Interviewer bias terjadi ketika pewawancara secara tidak sadar memengaruhi jawaban responden melalui cara bertanya, ekspresi, atau penekanan terhadap pertanyaan tertentu. Bias ini dapat menyebabkan data yang diperoleh berbeda dari kondisi

sebenarnya. Misalnya, pewawancara yang mengetahui status penyakit responden mungkin lebih intensif menggali informasi pada kelompok kasus dibandingkan kelompok kontrol sehingga menghasilkan perbedaan kualitas data.

e. *Measurement Bias*

Measurement bias terjadi akibat penggunaan alat ukur yang tidak akurat atau prosedur pengukuran yang tidak standar. Kesalahan ini dapat menyebabkan klasifikasi paparan atau penyakit menjadi tidak tepat. Sebagai contoh, alat pengukur tekanan darah yang tidak terkalibrasi dengan baik dapat menghasilkan data yang tidak akurat sehingga memengaruhi hasil penelitian.

3. *Confounding*: Konsep dan Pengendalian

Confounding atau faktor perancu adalah keadaan ketika hubungan antara faktor risiko dan penyakit dipengaruhi oleh variabel lain yang berhubungan dengan keduanya. Faktor perancu dapat menyebabkan hubungan yang tampak lebih kuat, lebih lemah, atau bahkan berlawanan dengan hubungan yang sebenarnya. Dengan kata lain, *confounding* menciptakan gambaran yang menyesatkan mengenai hubungan sebab-akibat sehingga peneliti dapat menarik kesimpulan yang salah apabila faktor tersebut tidak dikendalikan. *Confounding* terjadi ketika asosiasi yang teramati antara paparan dan penyakit sebagian atau seluruhnya disebabkan oleh variabel ketiga (*confounder*) yang: (1) terkait dengan paparan dalam populasi studi; (2) merupakan faktor risiko independen untuk penyakit (atau terkait dengan faktor risiko); dan (3) bukan merupakan bagian dari jalur kausal antara paparan dan penyakit (bukan mediator).

Contoh klasik: hubungan positif yang tampak antara kepemilikan korek api dan kanker paru. Analisis naif mungkin menunjukkan asosiasi positif yang kuat namun ini adalah *confounding* oleh kebiasaan merokok. Perokok lebih cenderung memiliki korek api (*confounding factor* terkait paparan), dan merokok merupakan faktor risiko kanker paru yang kuat (*confounding factor* terkait *outcome*). Setelah dikontrol terhadap status merokok, hubungan antara kepemilikan korek api dan kanker paru akan menghilang. *Negative confounding* terjadi ketika *confounder* menyebabkan underestimasi (bias ke arah *null*) dari asosiasi yang sebenarnya. Misalnya, jika individu yang merokok juga cenderung

berolahraga lebih sedikit (faktor risiko penyakit jantung), dan efek protektif olahraga mengimbangi sebagian efek berbahaya merokok, maka tidak mengontrol olahraga akan menghasilkan estimasi yang lebih kecil dari efek sebenarnya merokok terhadap penyakit jantung.

Pengendalian *confounding* pada tahap desain mencakup: (1) Randomisasi satu-satunya metode yang mengendalikan *confounding* yang tidak terukur; (2) *Matching* mencocokkan kasus dan kontrol (atau terpapar dan tidak terpapar) berdasarkan variabel *confounder* yang dikenal; (3) Restriksi membatasi studi pada subset populasi yang homogen dalam hal *confounder* (misalnya, hanya mempelajari non-perokok untuk menghilangkan *confounding* oleh merokok). Pengendalian *confounding* pada tahap analisis mencakup: (1) Stratifikasi analisis dilakukan secara terpisah dalam setiap stratum *confounder*, kemudian hasilnya dikombinasikan; (2) Standardisasi menghitung angka yang disesuaikan (*adjusted rates*) menggunakan bobot dari populasi standar; (3) Regresi multivariat menggunakan model statistik yang secara simultan memperhitungkan *multiple potential confounders*; (4) *Propensity score matching* mensimulasikan kondisi randomisasi dalam data observasional.

4. Validitas

Validitas adalah tingkat ketepatan suatu penelitian dalam mengukur apa yang seharusnya diukur. Penelitian yang valid menghasilkan kesimpulan yang sesuai dengan kondisi sebenarnya sehingga dapat dipercaya dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Validitas merupakan salah satu indikator utama kualitas penelitian epidemiologi karena menentukan sejauh mana hasil penelitian mencerminkan realitas yang sesungguhnya.

a. Validitas Internal

Validitas internal menunjukkan sejauh mana hasil penelitian benar-benar menggambarkan hubungan antara paparan dan penyakit pada subjek yang diteliti. Validitas internal yang tinggi berarti hasil penelitian tidak dipengaruhi oleh bias, *confounding*, maupun kesalahan pengukuran yang signifikan. Dalam epidemiologi penyakit menular, validitas internal sangat penting karena menjadi dasar dalam menentukan apakah suatu faktor benar-benar berperan

dalam menyebabkan penyakit. Apabila validitas internal rendah, maka hasil penelitian sulit dipercaya meskipun dilakukan pada sampel yang besar.

b. Validitas Eksternal

Validitas eksternal atau generalisasi menunjukkan sejauh mana hasil penelitian dapat diterapkan pada populasi yang lebih luas di luar kelompok penelitian. Validitas eksternal dipengaruhi oleh representativitas sampel, karakteristik populasi, serta kondisi lingkungan tempat penelitian dilakukan. Sebagai contoh, hasil penelitian mengenai efektivitas vaksin yang dilakukan pada satu negara mungkin tidak sepenuhnya dapat digeneralisasikan ke negara lain yang memiliki karakteristik demografis dan epidemiologis yang berbeda. Oleh karena itu, validitas eksternal penting untuk memastikan bahwa hasil penelitian memiliki manfaat yang luas bagi kesehatan masyarakat.

c. Faktor yang Mempengaruhi Validitas

Validitas penelitian dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kualitas desain penelitian, metode pengambilan sampel, ukuran sampel, tingkat kehilangan responden (*loss to follow-up*), kualitas instrumen pengukuran, keberadaan bias, serta faktor confounding. Semakin baik pengendalian terhadap faktor-faktor tersebut, semakin tinggi validitas penelitian yang dihasilkan.

5. Hubungan antara Bias, *Confounding*, dan Validitas

Bias dan *confounding* merupakan dua faktor utama yang dapat menurunkan validitas penelitian epidemiologi. Bias menghasilkan penyimpangan sistematis dari nilai sebenarnya, sedangkan *confounding* menciptakan hubungan yang tampak berbeda dari hubungan yang sesungguhnya. Kedua kondisi tersebut dapat menyebabkan validitas internal penelitian menurun sehingga kesimpulan yang dihasilkan menjadi kurang akurat. Oleh karena itu, pengendalian bias dan *confounding* merupakan langkah penting untuk meningkatkan validitas hasil penelitian dan memastikan bahwa hubungan yang ditemukan benar-benar mencerminkan kondisi yang terjadi dalam populasi.

Dalam epidemiologi penyakit menular, pengendalian bias, confounding, dan validitas sangat penting untuk memastikan bahwa faktor risiko yang diidentifikasi benar-benar berhubungan dengan penyakit yang diteliti. Kesalahan dalam mengendalikan ketiga aspek

tersebut dapat menyebabkan kesimpulan yang salah mengenai sumber penularan, efektivitas vaksin, manfaat pengobatan, maupun keberhasilan program pengendalian penyakit. Oleh karena itu, epidemiolog harus merancang penelitian dengan cermat, menggunakan metode pengumpulan data yang tepat, serta menerapkan analisis statistik yang sesuai agar hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar kebijakan kesehatan yang akurat dan terpercaya.

BAB IV

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT

MENULAR

Penyakit menular adalah penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, jamur, parasit, atau agen infeksi lainnya yang dapat berpindah dari satu individu ke individu lain, baik secara langsung maupun tidak langsung. Penularan dapat terjadi melalui kontak fisik, udara, makanan dan minuman yang terkontaminasi, vektor, maupun media lingkungan lainnya. Berbeda dengan penyakit tidak menular yang umumnya dipengaruhi oleh faktor genetik, perilaku, dan lingkungan, penyakit menular memiliki karakteristik utama berupa adanya agen penyebab yang dapat berkembang biak dan menyebar dalam populasi.

Penyakit menular masih menjadi salah satu masalah kesehatan masyarakat yang penting di berbagai negara, terutama di negara berkembang. Penyakit seperti tuberkulosis, HIV/AIDS, malaria, demam berdarah dengue, influenza, hepatitis, dan COVID-19 menunjukkan bahwa penyakit menular dapat menyebabkan kesakitan, kematian, serta dampak sosial dan ekonomi yang besar. Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik penyakit menular sangat penting untuk mendukung upaya pencegahan, pengendalian, dan pemberantasan penyakit.

A. Karakteristik Penyakit Menular

Penyakit menular (*communicable diseases* atau *infectious diseases*) adalah kondisi patologis yang disebabkan oleh agen infeksius meliputi bakteri, virus, parasit, fungi, prion, dan organisme patogen lainnya yang mampu berpindah dari satu organisme ke organisme lain melalui berbagai mekanisme transmisi. Kemampuan berpindah inilah yang membedakan penyakit menular dari penyakit tidak menular secara

fundamental dan memiliki implikasi epidemiologis yang sangat berbeda dalam hal pola distribusi, dinamika kejadian, dan strategi pengendalian.

Meskipun beban penyakit menular secara global telah berkurang secara dramatis akibat kemajuan imunisasi, antimikroba, dan sanitasi selama abad ke-20, penyakit menular tetap menjadi penyebab morbiditas dan mortalitas yang sangat signifikan di negara berpenghasilan rendah-menengah termasuk Indonesia. GBD 2019 *Collaborators* (2020) melaporkan bahwa penyakit menular, neonatal, dan gizi masih bertanggung jawab atas sekitar 27% dari total beban penyakit global (DALY). Di Indonesia, beban ganda bersamaan antara penyakit menular yang belum tuntas dengan lonjakan penyakit tidak menular menjadi tantangan sistem kesehatan yang paling mendesak.

WHO *World Health Statistics* 2022 menegaskan bahwa meskipun banyak kemajuan telah dicapai, target eliminasi dan eradikasi berbagai penyakit menular menghadapi tantangan baru: resistensi antimikroba yang semakin mengancam efektivitas antibiotik, munculnya patogen baru (*emerging infectious diseases*), perubahan iklim yang memperluas distribusi vektor, dan kesenjangan cakupan imunisasi yang melebar akibat pandemi COVID-19 (WHO, 2022).

1. Adanya Agen Penyebab (*Infectious Agent*)

Karakteristik utama penyakit menular adalah adanya agen penyebab atau *infectious agent* yang berperan sebagai faktor etiologi penyakit. Agen infeksi dapat berupa bakteri, virus, jamur, protozoa, helminth, maupun prion. Setiap agen memiliki karakteristik biologis yang berbeda, termasuk kemampuan bertahan hidup, tingkat virulensi, daya infeksi, dan mekanisme penularan. Agen penyebab merupakan komponen penting dalam proses terjadinya penyakit karena tanpa adanya agen infeksi, penyakit menular tidak akan terjadi. Misalnya, penyakit tuberkulosis disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*, malaria disebabkan oleh *Plasmodium spp.*, sedangkan COVID-19 disebabkan oleh virus SARS-CoV-2. Karakteristik agen penyebab sangat memengaruhi pola penyebaran penyakit dan strategi pengendalian yang diperlukan.

2. Sifat Menular (*Communicability*)

Penyakit menular memiliki kemampuan untuk berpindah dari satu individu ke individu lain melalui berbagai mekanisme penularan.

Tingkat kemampuan suatu agen dalam menyebar disebut sebagai daya penularan atau *communicability*. Semakin tinggi daya penularan suatu agen penyakit, semakin cepat penyakit tersebut dapat menyebar dalam populasi. Sebagai contoh, campak memiliki tingkat penularan yang sangat tinggi karena virus dapat menyebar melalui percikan droplet di udara dan bertahan cukup lama di lingkungan. Sebaliknya, HIV memiliki tingkat penularan yang lebih rendah karena hanya dapat ditularkan melalui kontak dengan cairan tubuh tertentu. Perbedaan tingkat penularan ini menentukan strategi pencegahan yang harus diterapkan untuk setiap penyakit.

3. Memiliki Cara Penularan Tertentu

Setiap penyakit menular memiliki mekanisme penularan yang khas sesuai dengan karakteristik agen penyebabnya. Cara penularan dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Penularan langsung meliputi kontak fisik, hubungan seksual, gigitan, atau percikan droplet dari penderita. Sementara itu, penularan tidak langsung dapat terjadi melalui udara (*airborne transmission*), makanan dan minuman yang terkontaminasi (*foodborne transmission*), air yang tercemar (*waterborne transmission*), maupun melalui vektor seperti nyamuk dan lalat. Pemahaman terhadap cara penularan sangat penting dalam menentukan strategi pencegahan. Sebagai contoh, penyakit yang ditularkan melalui udara memerlukan penggunaan masker dan ventilasi yang baik, sedangkan penyakit yang ditularkan melalui vektor memerlukan pengendalian populasi vektor.

5. Adanya Hospes yang Rentan (*Susceptible Host*)

Penyakit menular hanya dapat berkembang apabila terdapat hospes atau individu yang rentan terhadap infeksi. Hospes rentan adalah individu yang memiliki kemampuan pertahanan tubuh yang tidak cukup untuk melawan agen penyakit. Tingkat kerentanan seseorang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti usia, status gizi, kondisi imunologis, penyakit penyerta, faktor genetik, dan status imunisasi. Sebagai contoh, bayi, lansia, individu dengan gizi buruk, serta penderita gangguan sistem imun memiliki risiko lebih tinggi mengalami infeksi dibandingkan individu yang sehat. Oleh karena itu, peningkatan daya tahan tubuh melalui imunisasi, perbaikan gizi, dan perilaku hidup sehat menjadi salah satu strategi penting dalam pencegahan penyakit menular.

6. Memiliki Masa Inkubasi

Masa inkubasi adalah interval waktu antara paparan awal terhadap agen infeksius dan munculnya tanda-tanda atau gejala penyakit pertama. Rentang dan distribusi masa inkubasi memiliki implikasi langsung bagi kebijakan karantina dan isolasi. Masa inkubasi yang panjang (seperti rabies yang dapat berlangsung berbulan-bulan) mempersulit identifikasi sumber paparan, sementara masa inkubasi yang sangat pendek (seperti keracunan stafilokokus dalam hitungan jam) memudahkan investigasi wabah sumber titik. Selama pandemi COVID-19, pemahaman bahwa masa inkubasi SARS-CoV-2 rata-rata 5–6 hari (dengan rentang 1–14 hari) menjadi dasar kebijakan karantina 14 hari yang diterapkan secara global (Qin *et al.*, 2020).

Masa penularan (*infectious period*) adalah periode ketika seorang yang terinfeksi mampu menularkan agen infeksius kepada orang lain. Untuk banyak penyakit menular, masa penularan dapat terjadi sebelum gejala muncul (*pre-symptomatic transmission*) fenomena yang sangat penting dalam COVID-19 dan influenza karena mempersulit pengendalian berbasis isolasi kasus bergejala. He *et al.* (2020) mendemonstrasikan melalui analisis 77 pasangan penularan COVID-19 bahwa sekitar 44% transmisi terjadi sebelum kasus indeks menunjukkan gejala, dengan puncak infektivitas terjadi 1–2 hari sebelum onset gejala. Temuan ini menjadi dasar rekomendasi masker universal dan *physical distancing*, bukan hanya isolasi kasus bergejala.

7. Memiliki Tingkat Infektivitas, Patogenisitas, dan Virulensi

Infektivitas mengacu pada kemampuan agen infeksius untuk menginfeksi pejamu yang rentan, umumnya dikuantifikasikan melalui Infective Dose 50% (ID50) dosis minimum yang diperlukan untuk menginfeksi 50% pejamu yang terpapar. Semakin rendah ID50, semakin tinggi infektivitas agen. Norovirus, misalnya, memiliki ID50 yang sangat rendah (sekitar 18–20 partikel virus) sehingga sangat mudah menimbulkan wabah di komunitas tertutup seperti kapal pesiar, asrama, dan fasilitas perawatan lansia. SARS-CoV-2 diperkirakan memiliki ID50 sekitar 100–1000 partikel virus, yang menjelaskan mengapa ventilasi yang baik sangat efektif dalam mengurangi transmisi.

Patogenisitas adalah proporsi individu yang terinfeksi agen yang kemudian mengembangkan penyakit (manifestasi klinis). Patogenisitas berbeda secara dramatis antarpatogen: poliovirus memiliki patogenisitas

sekitar 1% (dari seluruh yang terinfeksi, hanya sekitar 1% yang mengembangkan poliomyelitis paralitik), sementara rabies memiliki patogenisitas mendekati 100% (hampir semua yang terinfeksi dan tidak mendapat PEP akan mengembangkan penyakit fatal). Virulensi mengukur keparahan penyakit yang ditimbulkan oleh agen pada mereka yang sakit, umumnya dikuantifikasikan melalui *Case Fatality Rate* (CFR). Perbedaan antara patogenisitas dan virulensi penting: *Mycobacterium tuberculosis* memiliki patogenisitas yang relatif rendah (hanya sekitar 5–10% dari individu yang terinfeksi mengembangkan TB aktif dalam hidupnya) tetapi virulensi yang tinggi jika tidak diobati.

Imunogenisitas adalah kemampuan agen infeksius untuk menginduksi respons imun yang protektif pada pejamu. Imunogenisitas tinggi berarti infeksi atau vaksinasi menghasilkan imunitas yang kuat dan durabel. Campak, misalnya, sangat imunogenik infeksi alami atau vaksinasi menghasilkan imunitas seumur hidup pada sebagian besar individu. Sebaliknya, influenza memiliki imunogenisitas yang terbatas dan bersifat *strain-specific* karena mutasi antigenik yang cepat (*antigenic drift*), yang menjelaskan mengapa vaksin influenza harus diperbarui setiap tahun. SARS-CoV-2 menunjukkan kompleksitas imunogenisitas yang unik: respons imun terhadap infeksi atau vaksinasi kuat namun *waning immunity* terjadi seiring waktu, terutama terhadap infeksi (walaupun perlindungan terhadap penyakit berat lebih tahan lama).

Tabel 4.1 Parameter Epidemiologis Penyakit Menular: Definisi, Contoh, dan Implikasi Pengendalian

Parameter	Definisi	Contoh Penyakit	Implikasi Pengendalian
Masa inkubasi	Waktu antara paparan dan gejala pertama	COVID-19: 2–14 hari (rata-rata 5–6 hari)	Menentukan durasi karantina; investigasi sumber paparan
Masa penularan	Periode individu dapat menularkan ke orang lain	Influenza: 1 hari sebelum hingga 5–7	Menentukan durasi isolasi; kebijakan

		hari sesudah gejala	masuk sekolah/kerja
Infektivitas	Kemudahan agen menginfeksi <i>host</i> rentan	Campak (sangat tinggi); HIV (relatif rendah)	Desain APD; kebijakan ventilasi; jarak fisik
Patogenisitas	Proporsi terinfeksi yang mengembangkan penyakit	Poliovirus ~1%; Rabies ~100%	Estimasi beban penyakit; prioritas pengobatan preventif
Virulensi	Keparahan penyakit pada yang terinfeksi (CFR)	Ebola CFR ~50–90%; Rhinovirus CFR <0,01%	Triage klinis; alokasi ICU; respons darurat
Imunogenisitas	Kemampuan menginduksi imunitas protektif	Campak: imunitas seumur hidup; Influenza: strain-spesifik	Jadwal vaksinasi; kebutuhan booster; strategi <i>herd immunity</i>

B. Rantai Penularan dan Mode Transmisi

Rantai penularan (*chain of infection*) adalah model konseptual yang menggambarkan urutan kejadian yang harus terjadi secara berurutan agar agen infeksius dapat berpindah dari satu *host* ke *host* lain dan menyebabkan penyakit. Model ini mengidentifikasi enam komponen yang saling terkait dalam sebuah 'rantai' dan intervensi kesehatan masyarakat yang efektif bekerja dengan memutus salah satu atau lebih mata rantai ini. Pemahaman mendalam tentang rantai penularan untuk setiap penyakit spesifik adalah prasyarat untuk merancang strategi pengendalian yang tepat dan efisien.

1. Enam Komponen Rantai Penularan

- a. Agen Infeksius, yaitu mikroorganisme patogen yang mampu menginfeksi dan menyebabkan penyakit pada pejamu. Agen infeksius diklasifikasikan berdasarkan taksonomis (bakteri, virus, parasit, fungi, prion) dan berdasarkan karakteristik biologisnya yang relevan secara epidemiologis: kemampuan bertahan di lingkungan, mekanisme infeksi, dan kepekaan terhadap intervensi (antibiotik, antiviral, desinfektan). Variasi genetik dalam agen juga penting: kemunculan varian SARS-CoV-2 (Alpha, Delta, Omicron) dengan karakteristik transmisi dan virulensi yang berbeda mendemonstrasikan bagaimana perubahan pada komponen agen dapat secara fundamental mengubah dinamika epidemi.
- b. *Reservoir*, yaitu habitat alami di mana agen infeksius hidup, berkembang biak, dan mampu bertahan. *Reservoir* dapat berupa manusia (*anthroponosis*), hewan (*zoonosis*), atau lingkungan abiotik (air, tanah). *Reservoir* manusia mencakup individu yang sakit (simtomatik), individu terinfeksi tanpa gejala (asimtomatik), dan karier individu yang membawa agen tanpa gejala tetapi mampu menularkan dalam jangka panjang. *Carrier state* sangat penting dalam epidemiologi hepatitis B (*carrier kronis*), tifus (*karier Salmonella typhi*), dan difteri. *Zoonosis* penyakit yang secara alami ditransmisikan antara hewan vertebrata dan manusia merupakan kategori *reservoir* yang semakin mendapat perhatian dalam konteks *emerging infectious diseases*. Morens dan Fauci (2020) mencatat bahwa lebih dari 60% penyakit infeksi pada manusia bersifat zoonotik, dan proporsi ini bahkan lebih tinggi untuk penyakit infeksi baru yang muncul (>75%). COVID-19 (*bat coronavirus*), Nipah (kelelawar), MERS-CoV (unta), dan Ebola (kemungkinan kelelawar) semuanya memiliki *reservoir* hewan, menegaskan pentingnya pendekatan *One Health* dalam pengendalian EID.
- c. Portal Keluar, yaitu jalur yang digunakan agen untuk meninggalkan *reservoir* dan memasuki lingkungan. Portal keluar yang umum mencakup saluran pernapasan (droplet, aerosol), saluran gastrointestinal (feses, muntahan), kulit dan luka terbuka, darah dan cairan tubuh (melalui jarum atau vektor arthropoda), serta plasenta (transmisi vertikal dari ibu ke janin).

Portal keluar sangat menentukan mode transmisi agen yang keluar melalui saluran napas cenderung ditransmisikan melalui droplet atau aerosol, sementara yang keluar melalui feses melalui rute fekal-oral.

- d. Mode Transmisi mekanisme fisik bagaimana agen berpindah dari portal keluar reservoir ke portal masuk *host* baru. Mode transmisi diklasifikasikan menjadi transmisi langsung dan tidak langsung. Transmisi langsung terjadi ketika agen berpindah tanpa memerlukan perantara lingkungan: kontak fisik (rabies melalui gigitan), transmisi droplet besar (influenza, COVID-19 pada jarak dekat), dan transmisi vertikal dari ibu ke anak (HIV, hepatitis B, rubella kongenital). Transmisi tidak langsung melibatkan perantara: *fomites* (benda terkontaminasi), vektor *arthropoda* (nyamuk, kutu, lalat), dan vehikulum (air, makanan, darah, produk biologis).
- e. Portal Masuk, yaitu jalur yang digunakan agen untuk memasuki tubuh *host* baru. Portal masuk yang umum mencakup *traktus respiratorius* (*inhalasi*), *traktus gastrointestinal* (*ingesti*), kulit yang intak atau terluka (penetrasi, inokulasi, abrasi), dan membran mukosa (mata, genital). Dalam banyak kasus, agen yang sama dapat masuk melalui beberapa portal masuk dengan efisiensi yang berbeda. SARS-CoV-2, misalnya, paling efisien masuk melalui membran mukosa respiratorius atas (hidung, mulut) tetapi juga dapat melalui konjungtiva mata.
- f. *Host Rentan (Susceptible Host)*, yaitu organisme yang tidak memiliki imunitas yang cukup terhadap agen untuk mencegah infeksi. Kerentanan dipengaruhi oleh faktor-faktor yang sudah dibahas dalam komponen *host triad* epidemiologi: usia, status imunologi (kekebalan yang diperoleh atau bawaan), status gizi, komorbiditas, dan faktor genetik. Kerentanan populasi secara agregat menentukan seberapa cepat epidemi dapat menyebar populasi dengan proporsi besar individu rentan (misalnya akibat turunnya cakupan vaksinasi) jauh lebih rentan terhadap epidemi.

STRATEGI PEMUTUSAN RANTAI PENULARAN

Pada AGEN: Pengobatan untuk mengeliminasi agen (antibiotik, antiviral), Sterilisasi dan desinfeksi lingkungan.

Pada RESERVOIR: Isolasi dan pengobatan kasus infeksius, Karantina kontak erat, Pengendalian reservoir hewan (zoonosis).

Pada PORTAL KELUAR: Etika batuk dan bersin; Higiene pernapasan, Pembuangan limbah infeksius yang aman

Pada MODE TRANSMISI: Sanitasi air dan makanan, Pengendalian vektor arthropoda, *Physical distancing*; ventilasi, Alat Pelindung Diri (APD)

Pada PORTAL MASUK: Masker (pernapasan); sarung tangan (kulit), Higiene tangan; desinfeksi

Pada HOST: Vaksinasi (imunisasi aktif), Imunoglobulin (imunisasi pasif), Perbaikan gizi; manajemen komorbiditas

2. Klasifikasi dan Karakteristik Mode Transmisi

Pemahaman yang presisi tentang mode transmisi suatu patogen adalah fondasi dari desain intervensi pengendalian yang efektif. Mode transmisi menentukan jenis Alat Pelindung Diri yang diperlukan, jarak fisik yang harus dipertahankan, kebijakan ventilasi yang diperlukan, dan jenis isolasi yang sesuai dalam fasilitas kesehatan.

Transmisi Kontak Langsung terjadi melalui kontak fisik tubuh ke tubuh antara individu yang terinfeksi dan *host* yang rentan. Ini mencakup: (a) kontak langsung kulit ke kulit seperti pada skabies, tinea, dan impetigo; (b) transmisi seksual seperti pada HIV, sifilis, gonore, dan HPV; (c) transmisi melalui gigitan seperti pada rabies; dan (d) transmisi vertikal dari ibu ke anak selama kehamilan (transplasental), persalinan, atau menyusui (transmisi perinatal). Pencegahan transmisi kontak langsung melibatkan penggunaan APD (sarung tangan, gaun), praktik seks aman, vaksinasi, dan skrining ibu hamil.

Transmisi Droplet terjadi ketika partikel droplet besar (>5–10 mikrometer) yang mengandung agen infeksius dihasilkan dari bersin, batuk, berbicara, atau prosedur medis aerosolisasi dan mendarat

langsung pada membran mukosa *host* yang berdekatan (umumnya dalam jarak 1–2 meter). Penyakit yang ditransmisikan melalui droplet termasuk influenza, pertusis, meningokokus, dan bentuk transmisi jarak dekat COVID-19. Masker bedah dan physical distancing merupakan intervensi utama untuk droplet transmission.

Transmisi Airborne (Aerosol) terjadi ketika partikel sangat kecil (<5 mikrometer, sering disebut droplet nuclei) yang mengandung agen infeksius tetap tersuspensi di udara untuk waktu yang lama dan dapat bergerak jauh melampaui jarak 2 meter. Penyakit yang secara klasik ditransmisikan melalui airborne termasuk campak, tuberkulosis, dan varisela. Selama pandemi COVID-19, terdapat debat ilmiah yang signifikan tentang peran transmisi aerosol dalam SARS-CoV-2 konsensus saat ini (didukung oleh CDC, WHO, dan bukti ilmiah yang terakumulasi) mengakui bahwa transmisi airborne SARS-CoV-2 terjadi terutama dalam ruangan dengan ventilasi buruk. Morawska dan Milton (2020) berargumen secara meyakinkan bahwa bukti ilmiah untuk transmisi airborne SARS-CoV-2 cukup kuat untuk memerlukan tindakan pencegahan berbasis aerosol. Pencegahan airborne memerlukan masker respirator N95/FFP2, ventilasi yang baik dengan udara segar, dan disinfeksi ultraviolet.

Transmisi melalui Vektor terjadi ketika arthropoda (nyamuk, kutu, lalat, tungau) membawa agen infeksius dari reservoir ke *host* baru. Transmisi vektor dapat mekanis (agen dibawa secara pasif di permukaan tubuh vektor tanpa berkembang biak) atau biologis (agen berkembang biak atau bertransformasi di dalam tubuh vektor sebelum dapat menular). Malaria, DBD, Zika, chikungunya, dan Japanese encephalitis adalah contoh penyakit dengan transmisi vektor biologis oleh nyamuk. Di Indonesia, pengendalian vektor nyamuk *Aedes aegypti* untuk pencegahan DBD dan nyamuk *Anopheles* untuk pencegahan malaria merupakan komponen kritis program pengendalian penyakit menular nasional.

Transmisi melalui Vehikulum terjadi ketika agen infeksius ditransmisikan melalui media abiotik seperti air (*waterborne*), makanan (*foodborne*), darah dan produk darah, serta tanah. Kolera, tifus, hepatitis A, dan diare berbagai etiologi umumnya ditransmisikan melalui air dan makanan yang terkontaminasi. Di Indonesia, dengan masih tingginya prevalensi diare dan tifus khususnya di daerah dengan akses air bersih dan sanitasi yang terbatas, pengendalian vehikulum melalui peningkatan

akses air bersih, sanitasi, dan higiene (WASH) tetap menjadi prioritas kesehatan masyarakat.

3. *Basic Reproduction Number (R₀) dan Effective Reproduction Number (R_t)*

Basic Reproduction Number (R₀, diucapkan '*R naught*') adalah salah satu parameter paling fundamental dan paling sering disalahpahami dalam epidemiologi penyakit menular. R₀ didefinisikan sebagai rata-rata jumlah kasus sekunder yang dihasilkan oleh satu kasus infeksius dalam populasi yang sepenuhnya rentan (tidak ada imunitas). R₀ merupakan karakteristik dari patogen dalam konteks populasi dan kondisi lingkungan spesifik bukan sifat tetap dari patogen itu sendiri.

R₀ merupakan fungsi dari tiga parameter utama: (1) laju kontak antara individu terinfeksi dan rentan (β *transmission rate*); (2) durasi masa infeksius (D); dan (3) kemungkinan penularan per kontak (probabilitas transmisi). Hubungan ini dapat dirumuskan sebagai:

$$R_0 = \beta \times D \times (\text{jumlah kontak})$$

Delamater *et al.* (2019) menekankan bahwa nilai R₀ yang dilaporkan dalam literatur bervariasi secara substansial bahkan untuk penyakit yang sama, karena R₀ sangat sensitif terhadap konteks populasi (kepadatan penduduk, pola kontak, kondisi perumahan), periode waktu, dan metodologi perhitungan yang digunakan.

Implikasi R₀ bagi kebijakan kesehatan masyarakat sangat penting. Jika R₀ > 1, setiap kasus rata-rata menghasilkan lebih dari satu kasus baru, sehingga jumlah kasus akan meningkat secara eksponensial dan epidemi akan berkembang. Jika R₀ = 1, epidemi akan menetap pada tingkat yang stabil (*endemic steady state*). Jika R₀ < 1, jumlah kasus akan menurun secara eksponensial dan epidemi akan mereda. Threshold imunitas kawanan (*herd immunity threshold*, HIT) langsung bergantung pada R₀: HIT = 1 - (1/R₀). Untuk campak dengan R₀ rata-rata 15, HIT = 1 - 1/15 = 93%. Artinya, setidaknya 93% populasi harus imun untuk mencegah penyebaran epidemi.

Effective Reproduction Number (R_t atau R_e) adalah generalisasi R₀ yang memperhitungkan tingkat imunitas populasi pada waktu t.

$$R_t = R_0 \times (\text{proporsi populasi yang masih rentan})$$

Ketika cakupan vaksinasi meningkat atau imunitas alamiah bertambah (karena infeksi sebelumnya), R_t menurun. Selama pandemi COVID-19, pemantauan R_t secara real-time menjadi salah satu indikator kunci yang digunakan pemerintah di berbagai negara untuk menilai apakah pandemi sedang dalam kendali ($R_t < 1$) atau tidak ($R_t > 1$) dan untuk memandu kebijakan pembatasan sosial. Gostic *et al.* (2020) dalam PLOS *Computational Biology* mempublikasikan panduan metodologis untuk estimasi R_t yang akurat dari data *surveilans* sebuah kontribusi metodologis yang sangat relevan selama pandemi.

Tabel 4.2 R_0 , Mekanisme Transmisi, dan *Herd Immunity Threshold* Berbagai Penyakit Menular

Penyakit	R_0 (Estimasi)	Mekanisme Transmisi Utama	HIT (%)
Campak	12–18	Airborne + droplet	93–95
Cacar air (<i>Varisela</i>)	8–12	Airborne + kontak langsung	88–92
Pertusis (batuk rejan)	12–17	Droplet pernapasan	92–94
COVID-19 (varian Alpha)	2,5–4	Aerosol + droplet	60–75
COVID-19 (varian Delta)	5–8	Aerosol + droplet	80–87
COVID-19 (varian Omicron BA.1)	8–15	Aerosol + droplet	88–93
Influenza musiman	1,2–1,4	Droplet + aerosol	17–29
Gondongan (Mumps)	4–7	Droplet pernapasan	75–86
Ebola	1,5–2,5	Kontak cairan tubuh	33–60
HIV/AIDS	2–5	Kontak darah/seksual	50–80

R_0 dan R_t memiliki peran yang sangat penting dalam perencanaan dan evaluasi program pengendalian penyakit menular. Nilai R_0 digunakan untuk memperkirakan seberapa cepat penyakit dapat menyebar serta menentukan tingkat kekebalan kelompok (*herd immunity*) yang diperlukan untuk menghentikan transmisi. Semakin tinggi nilai R_0 , semakin besar proporsi populasi yang harus memiliki kekebalan agar penularan dapat dihentikan. Sementara itu, R_t digunakan untuk memantau efektivitas intervensi kesehatan masyarakat seperti vaksinasi, penggunaan masker, pembatasan mobilitas, isolasi kasus, karantina kontak, dan pengendalian vektor. Penurunan nilai R_t setelah intervensi menunjukkan bahwa strategi yang diterapkan berhasil mengurangi transmisi penyakit.

Konsep *herd immunity* atau kekebalan kelompok sangat erat kaitannya dengan nilai R_0 . Herd immunity terjadi ketika sebagian besar populasi memiliki kekebalan terhadap suatu penyakit sehingga rantai penularan terputus dan individu yang rentan ikut terlindungi. Proporsi minimum populasi yang harus memiliki kekebalan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$H = 1 - \frac{1}{R_0}$$

Keterangan:

- H = ambang herd immunity
- R_0 = *Basic Reproduction Number*

C. Konsep Wabah, KLB, Pandemi, dan Endemi

Klasifikasi yang tepat tentang status epidemiologi suatu penyakit dalam populasi dan wilayah tertentu bukan sekadar terminologi akademis ia memiliki implikasi langsung bagi respons kesehatan masyarakat, alokasi sumber daya, dan kewenangan tindakan darurat. Pemahaman yang tepat tentang perbedaan antara endemi, wabah, KLB, epidemi, dan pandemi esensial bagi setiap profesional kesehatan masyarakat.

1. Endemi, Hiperendemi, dan Holoendemi

Endemi (*endemic*) menggambarkan kehadiran konstan suatu penyakit atau agen infeksius dalam suatu populasi atau wilayah geografis

tertentu pada tingkat yang relatif stabil dan dapat diprediksi. Endemi bukan berarti penyakit jarang atau tidak berbahaya tuberkulosis, malaria, dan HIV/AIDS bersifat endemis di banyak negara berpenghasilan rendah-menengah dengan beban yang sangat tinggi. Konsep 'endemis' mengacu pada kesetimbangan dinamis antara transmisi penyakit dan imunitas populasi yang menghasilkan tingkat penyakit yang relatif stabil dari waktu ke waktu.

Hiperendemi adalah kondisi di mana prevalensi suatu penyakit dalam suatu populasi sangat tinggi dan terus-menerus, melebihi apa yang biasanya dijumpai pada populasi lain. Malaria holoendemi mengacu pada kondisi endemisitas malaria yang sangat tinggi di mana sebagian besar anak-anak terinfeksi selama tahun pertama kehidupannya. Konsep ini penting dalam menentukan strategi imunisasi: di daerah holoendemi malaria, anak-anak memperoleh imunitas parsial melalui infeksi berulang sejak dini, yang memengaruhi respons terhadap vaksin malaria.

2. Wabah dan Kejadian Luar Biasa (KLB)

Wabah (*outbreak*) adalah terjadinya kasus-kasus suatu penyakit yang melebihi ekspektasi normal dalam suatu komunitas, wilayah geografis, atau musim tertentu. Tidak ada ambang batas numerik universal yang mendefinisikan wabah dua kasus penyakit yang sangat langka (seperti antraks atau botulisme) sudah dapat dianggap wabah, sementara ribuan kasus influenza selama musim dingin mungkin tidak melebihi ekspektasi normal. Definisi wabah bersifat relatif terhadap baseline epidemiologi penyakit tersebut dalam konteks populasi dan waktu yang spesifik.

Di Indonesia, Kejadian Luar Biasa (KLB) memiliki definisi hukum yang spesifik dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1501 Tahun 2010 tentang Jenis Penyakit Menular Tertentu yang Dapat Menimbulkan Wabah dan Upaya Penanggulangan. KLB didefinisikan sebagai timbulnya atau meningkatnya kejadian kesakitan dan/atau kematian yang bermakna secara epidemiologi pada suatu daerah dalam kurun waktu tertentu, yang merupakan ancaman terhadap kesehatan masyarakat.

Kriteria KLB yang operasional mencakup beberapa kondisi: (1) timbulnya suatu penyakit menular tertentu yang sebelumnya tidak ada atau tidak dikenal di suatu daerah; (2) peningkatan kejadian penyakit secara terus-menerus selama 3 kurun waktu berturut-turut; (3) angka

kematian kasus (CFR) suatu penyakit dalam 1 kurun waktu tertentu menunjukkan peningkatan 50% atau lebih; (4) jumlah penderita meningkat dua kali atau lebih dibandingkan periode sebelumnya dalam kurun waktu yang sama; dan (5) berbagai situasi lain yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan. Penetapan KLB dilakukan oleh Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota atas nama Bupati/Walikota dan dilaporkan ke tingkat yang lebih tinggi.

3. Epidemi dan Pandemi

Epidemi adalah peningkatan terjadinya kasus suatu penyakit di atas tingkat yang secara normal diharapkan dalam suatu komunitas atau wilayah. Berbeda dari wabah yang biasanya merujuk pada kejadian lokal, epidemi umumnya mengimplikasikan cakupan yang lebih luas. Epidemi dapat terjadi secara tiba-tiba (*point source epidemic*) atau berkembang secara bertahap melalui penularan orang ke orang (*propagated epidemic*). Analisis *epidemic curve* (kurva epidemi) histogram distribusi kasus menurut waktu onset memberikan petunjuk penting tentang sumber dan mekanisme transmisi wabah.

Pandemi adalah epidemi yang menyebar ke lintas batas geografis yang luas, biasanya memengaruhi banyak negara dan benua, seringkali secara bersamaan. Deklarasi pandemi oleh WHO memiliki implikasi hukum dan operasional yang signifikan: mengaktifkan International Health Regulations (IHR), memfasilitasi koordinasi internasional, dan dapat memicu mekanisme respons darurat nasional. Selama pandemi COVID-19, WHO mendeklarasikan COVID-19 sebagai *Public Health Emergency of International Concern* (PHEIC) pada 30 Januari 2020 dan sebagai pandemi pada 11 Maret 2020. Deklarasi PHEIC berakhir pada 5 Mei 2023 setelah komite darurat menyimpulkan bahwa COVID-19 tidak lagi memenuhi kriteria PHEIC meskipun tetap menjadi ancaman kesehatan global yang signifikan (WHO, 2023).

Tabel 4.3 Klasifikasi Status Epidemiologi Penyakit Menular

Istilah	Definisi	Cakupan Geografis	Contoh
Sporadik	Kasus terjadi secara irregular dan jarang, tanpa pola yang jelas	Tidak terbatas	Rabies di kota metropolitan non-endemis
Endemik	Kehadiran penyakit yang konstan pada tingkat yang dapat diprediksi	Lokal/regional	TB endemis di Indonesia; malaria di Papua
Wabah/KLB	Peningkatan kasus di atas ekspektasi normal dalam area terbatas	Lokal	Wabah kolera di pengungsian bencana
Epidemi	Peningkatan kasus yang meluas melebihi baseline normal	Satu negara/region	Epidemi DBD di Indonesia 2022
Pandemi	Epidemi yang menyebar ke banyak negara/benua secara bersamaan	Global	COVID-19 (2020–2023); Influenza H1N1 (2009)
Hiperendemik	Prevalensi sangat tinggi dan persisten melebihi populasi lain	Lokal/regional	Malaria holoendemi di Papua; HIV hiperendemi di Sub-Saharan Africa

4. Investigasi Wabah: Metodologi Epidemiologi Lapangan

Investigasi wabah merupakan salah satu aplikasi paling dramatis dan paling penting dari epidemiologi lapangan. Tujuannya adalah mengidentifikasi penyebab, sumber, dan mekanisme penularan wabah secepat mungkin sehingga intervensi pengendalian dapat segera diimplementasikan. Investigasi wabah yang berhasil menggabungkan keahlian epidemiologi, klinis, laboratorium, dan komunikasi risiko dalam tim multidisiplin yang bekerja di bawah tekanan waktu.

a. Langkah-Langkah Sistematis Investigasi Wabah

- Langkah pertama adalah persiapan investigasi lapangan, mencakup koordinasi tim, pengumpulan perlengkapan (formulir pengumpulan data, APD, peralatan laboratorium), dan briefing awal tentang situasi yang dilaporkan.
- Langkah kedua adalah konfirmasi diagnosis melalui evaluasi klinis kasus-kasus yang dilaporkan dan pengambilan spesimen untuk konfirmasi laboratorium. Penting untuk memverifikasi bahwa kasus yang dilaporkan memang merupakan penyakit yang dicurigai kadang kala 'wabah' yang dilaporkan ternyata merupakan artefak perubahan definisi kasus atau peningkatan intensitas *surveilans*.
- Langkah ketiga adalah konfirmasi bahwa wabah benar-benar ada dengan membandingkan jumlah kasus yang diamati dengan baseline epidemiologi historis penyakit tersebut di lokasi dan musim yang sama.
- Langkah keempat adalah penetapan definisi kasus kriteria eksplisit yang menentukan siapa yang dihitung sebagai 'kasus' dalam investigasi ini. Definisi kasus yang baik harus mencakup kriteria waktu (kapan), tempat (di mana), dan orang (siapa), serta klasifikasi berdasarkan tingkat kepastian (kasus konfirmasi, *probable*, dan *suspect*).
- Langkah kelima adalah identifikasi dan penghitungan kasus menggunakan definisi kasus yang telah ditetapkan. Ini melibatkan pencarian aktif kasus melalui review rekam medis, wawancara kontak, dan survei komunitas. Data kasus kemudian diorganisasikan dalam '*line list*' tabel yang mencakup satu baris untuk setiap kasus dengan semua informasi relevan (identitas, usia, jenis kelamin, alamat, tanggal onset, gejala, status

paparan). Dari *line list* ini, *epidemic curve* dibangun untuk memberikan gambaran visual tentang pola temporal wabah.

- Langkah keenam adalah analisis deskriptif berdasarkan *triad* epidemiologi: siapa yang terkena (distribusi kasus menurut usia, jenis kelamin, pekerjaan, dan karakteristik lain), di mana (peta distribusi geografis kasus), dan kapan (*epidemic curve*). Analisis ini menghasilkan hipotesis tentang sumber dan mekanisme transmisi.
- Langkah ketujuh adalah pengujian hipotesis melalui studi analitik (kohort atau kasus-kontrol, tergantung pada situasi). Studi analitik memungkinkan kuantifikasi asosiasi antara faktor paparan yang dicurigai dan kasus, menghasilkan ukuran asosiasi (RR atau OR) yang dapat menentukan atau menyingkirkan hipotesis kausal.
- Langkah kedelapan adalah implementasi tindakan pengendalian yang idealnya sudah dimulai segera setelah hipotesis terbentuk, tidak harus menunggu konfirmasi penuh.
- Langkah terakhir adalah komunikasi temuan melalui laporan tertulis dan, jika relevan, publikasi ilmiah yang memungkinkan komunitas kesehatan masyarakat lebih luas untuk belajar dari pengalaman tersebut.

b. *Epidemic Curve*: Alat Diagnostik Investigasi Wabah

Epidemic curve (kurva epidemi) adalah representasi grafis distribusi kasus wabah menurut waktu onset biasanya sebagai histogram atau *barcode plot* di mana sumbu X mewakili waktu dan sumbu Y mewakili jumlah kasus. Bentuk dan karakteristik *epidemic curve* memberikan informasi diagnostik yang berharga tentang sumber dan mekanisme transmisi wabah jauh sebelum hasil laboratorium tersedia.

Point source epidemic menghasilkan kurva dengan kenaikan tiba-tiba, puncak tunggal yang tajam, dan penurunan yang relatif cepat. Semua kasus terpapar dari sumber yang sama dalam periode waktu yang singkat, sehingga distribusi onset kasus mencerminkan distribusi masa inkubasi penyakit. Contoh klasik adalah wabah keracunan makanan di sebuah acara makan bersama identifikasi makanan yang dikonsumsi dan tidak dikonsumsi oleh kasus dan non-kasus memungkinkan *attack rate calculation* untuk setiap makanan.

Continuous source epidemic menghasilkan kurva yang meningkat lebih lambat, memiliki plateau yang panjang, dan bertahan selama sumber kontaminasi masih ada. Wabah *Legionnaires' disease* yang terkait dengan menara pendingin (*cooling tower*) yang terkontaminasi adalah contoh klasik kasus terus muncul selama menara tidak didesinfeksi. *Propagated epidemic* memiliki kurva dengan beberapa puncak yang terpisah oleh interval yang mencerminkan masa inkubasi penyakit, karena penularan terjadi dari orang ke orang dalam beberapa generasi. Wabah campak di komunitas yang tidak divaksinasi seringkali menunjukkan pola *propagated epidemic* dengan *multiple peaks*.

D. Pengendalian dan Pencegahan Penyakit Menular

Pengendalian dan pencegahan penyakit menular merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi, membatasi, atau menghentikan penularan penyakit dalam suatu populasi. Pencegahan berfokus pada tindakan yang dilakukan sebelum penyakit terjadi dengan tujuan mengurangi risiko infeksi, sedangkan pengendalian bertujuan menekan penyebaran penyakit yang telah muncul agar tidak berkembang menjadi wabah, epidemi, atau pandemi. Kedua pendekatan ini merupakan komponen utama dalam kesehatan masyarakat karena penyakit menular dapat menyebar dengan cepat dan menimbulkan dampak yang luas terhadap kesehatan, sosial, maupun ekonomi masyarakat.

Dalam epidemiologi, pengendalian dan pencegahan penyakit menular dilakukan dengan memutus rantai penularan melalui intervensi terhadap agen penyebab, sumber infeksi, jalur penularan, serta hospes yang rentan. Strategi ini didasarkan pada konsep segitiga epidemiologi yang melibatkan interaksi antara agen (*agent*), hospes (*host*), dan lingkungan (*environment*). Dengan mengendalikan salah satu atau lebih komponen tersebut, risiko penularan penyakit dapat dikurangi secara signifikan.

Pengendalian dan pencegahan penyakit menular memiliki beberapa tujuan penting dalam kesehatan masyarakat. Tujuan utama adalah menurunkan angka kesakitan (*morbidity*) dan angka kematian (*mortality*) akibat penyakit menular. Selain itu, upaya ini bertujuan mencegah terjadinya wabah, mengurangi dampak sosial dan ekonomi

yang ditimbulkan oleh penyakit, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, serta melindungi kelompok rentan seperti bayi, anak-anak, lansia, dan individu dengan sistem imun yang lemah. Pengendalian penyakit yang efektif juga berperan dalam menjaga produktivitas masyarakat dan mendukung pembangunan kesehatan secara berkelanjutan. Pengendalian penyakit menular pada dasarnya dilakukan dengan memutus mata rantai penularan penyakit. Rantai penularan terdiri atas agen infeksi, reservoir, pintu keluar agen, cara penularan, pintu masuk agen, dan hospes yang rentan. Apabila salah satu mata rantai tersebut dapat diputus, maka penyebaran penyakit dapat dicegah atau dikendalikan. Oleh karena itu, berbagai program kesehatan masyarakat dirancang untuk mengintervensi satu atau lebih komponen dalam rantai penularan tersebut.

1. Pengendalian terhadap Agen Penyebab Penyakit

a. Pengobatan dan Eliminasi Agen Infeksi

Salah satu strategi utama dalam pengendalian penyakit menular adalah mengurangi atau menghilangkan agen penyebab penyakit dari tubuh penderita. Hal ini dilakukan melalui pemberian obat yang sesuai, seperti antibiotik untuk infeksi bakteri, antivirus untuk infeksi virus tertentu, antijamur untuk infeksi jamur, dan antiparasit untuk penyakit yang disebabkan oleh parasit. Pengobatan yang tepat tidak hanya mempercepat kesembuhan pasien tetapi juga mengurangi kemungkinan penularan kepada orang lain. Sebagai contoh, pengobatan tuberkulosis dengan regimen obat anti-tuberkulosis yang lengkap dapat menurunkan jumlah bakteri dalam tubuh penderita sehingga risiko penularan kepada anggota keluarga dan masyarakat menjadi lebih kecil.

b. Disinfeksi dan Sterilisasi

Disinfeksi dan sterilisasi merupakan tindakan yang bertujuan membunuh atau menghilangkan mikroorganisme patogen dari benda, alat, maupun lingkungan. Disinfeksi umumnya digunakan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme pada permukaan benda, sedangkan sterilisasi bertujuan menghilangkan seluruh bentuk kehidupan mikroba termasuk spora. Tindakan ini sangat penting dalam fasilitas pelayanan

kesehatan untuk mencegah infeksi nosokomial atau infeksi terkait pelayanan kesehatan.

2. Pengendalian terhadap Reservoir Penyakit

a. Pengobatan Penderita dan Carrier

Reservoir manusia dapat dikendalikan melalui deteksi dini, diagnosis yang tepat, dan pengobatan penderita. Selain penderita yang menunjukkan gejala, individu yang menjadi pembawa penyakit (*carrier*) juga perlu diidentifikasi karena dapat menularkan penyakit meskipun tampak sehat. Pengobatan terhadap carrier berperan penting dalam memutus sumber penularan penyakit di masyarakat.

b. Pengendalian Reservoir Hewan

Beberapa penyakit menular berasal dari hewan atau dikenal sebagai penyakit zoonosis. Oleh karena itu, pengendalian reservoir hewan menjadi bagian penting dalam pencegahan penyakit. Upaya yang dilakukan meliputi vaksinasi hewan, pengawasan kesehatan hewan, pengendalian populasi hewan liar, serta edukasi masyarakat mengenai kontak yang aman dengan hewan. Sebagai contoh, vaksinasi anjing merupakan strategi utama dalam pencegahan rabies di berbagai negara.

3. Pengendalian Jalur Penularan

a. Peningkatan Sanitasi Lingkungan

Sanitasi lingkungan yang baik merupakan salah satu cara paling efektif untuk mencegah penyebaran penyakit menular. Penyediaan air bersih, pengelolaan limbah yang aman, pembangunan fasilitas sanitasi yang memadai, serta pengendalian pencemaran lingkungan dapat mengurangi risiko penularan penyakit yang ditularkan melalui air dan makanan. Penyakit seperti kolera, disentri, tifoid, dan hepatitis A sering berkaitan dengan buruknya kondisi sanitasi lingkungan. Oleh karena itu, perbaikan sanitasi menjadi intervensi kesehatan masyarakat yang sangat penting.

b. Higiene Perorangan

Higiene perorangan meliputi kebiasaan menjaga kebersihan diri seperti mencuci tangan dengan sabun, menjaga kebersihan

makanan, mandi secara teratur, serta menerapkan etika batuk dan bersin. Praktik higiene yang baik dapat mengurangi risiko penularan berbagai penyakit infeksi, terutama penyakit yang ditularkan melalui kontak langsung dan droplet. Kampanye cuci tangan pakai sabun merupakan salah satu intervensi sederhana namun sangat efektif dalam menurunkan angka kejadian diare dan infeksi saluran pernapasan.

c. Pengendalian Vektor

Vektor adalah organisme hidup yang dapat membawa dan menularkan agen penyakit dari satu hospes ke hospes lainnya. Nyamuk, lalat, kutu, dan caplak merupakan contoh vektor yang berperan dalam penularan berbagai penyakit menular. Pengendalian vektor dapat dilakukan melalui pemberantasan sarang nyamuk, penggunaan insektisida, pemasangan kelambu, pengelolaan lingkungan, serta penggunaan agen biologis. Upaya ini bertujuan menurunkan populasi vektor sehingga peluang terjadinya penularan penyakit menjadi lebih kecil.

4. Perlindungan terhadap Hospes yang Rentan

a. Imunisasi

Imunisasi merupakan salah satu metode pencegahan penyakit menular yang paling efektif dan efisien. Melalui imunisasi, tubuh dirangsang untuk membentuk kekebalan spesifik terhadap agen penyakit tertentu sehingga mampu mencegah infeksi atau mengurangi tingkat keparahan penyakit apabila infeksi terjadi. Program imunisasi telah berhasil menurunkan angka kejadian berbagai penyakit menular seperti campak, polio, difteri, tetanus, dan hepatitis B. Bahkan, keberhasilan imunisasi global telah menyebabkan eradikasi cacar (*smallpox*) dari dunia.

WHO memperkirakan imunisasi mencegah 4–5 juta kematian setiap tahun, dan potensi dampaknya bahkan lebih besar jika cakupan global ditingkatkan. Cacar (*smallpox*) menjadi satu-satunya penyakit manusia yang berhasil dieradikasi melalui imunisasi (dideklarasikan oleh WHO pada 1980), dan polio hampir mengikuti jejaknya. Program Imunisasi Nasional Indonesia menyediakan imunisasi dasar lengkap (IDL) yang mencakup vaksin BCG, hepatitis B, DPT-HB-Hib,

polio oral dan *inactivated*, serta campak-rubela. Dalam beberapa tahun terakhir, program diperluas dengan penambahan vaksin PCV (*pneumokokus*), rotavirus, dan HPV. Kementerian Kesehatan RI (2023) menetapkan target cakupan IDL minimal 80% di setiap desa/kelurahan sebuah standar yang menghargai pentingnya distribusi geografis cakupan, bukan hanya rata-rata nasional.

Pandemi COVID-19 menyebabkan gangguan signifikan pada program imunisasi rutin di Indonesia dan secara global, menghasilkan '*immunity gap*' yang meningkatkan kerentanan populasi terhadap penyakit yang dapat dicegah dengan vaksin. WHO (2022) memperkirakan bahwa secara global, terdapat sekitar 25 juta anak yang tidak mendapatkan imunisasi dasar pada 2021 jumlah tertinggi sejak 2009 meningkatkan risiko wabah campak, polio, dan penyakit lain yang dapat dicegah. Upaya '*catch-up immunization*' menjadi prioritas kritis pascapandemi.

Efektivitas vaksin COVID-19 dalam kondisi dunia nyata (*real-world vaccine effectiveness*) telah banyak dievaluasi melalui studi epidemiologi. Andrews *et al.* (2022) dalam NEJM melaporkan bahwa di Inggris, vaksin Pfizer-BioNTech dengan dua dosis memberikan efektivitas 65–70% terhadap infeksi simptomatis varian Omicron, tetapi efektivitas terhadap rawat inap berat tetap tinggi (>85–90%). Temuan ini mendorong kebijakan dosis booster dan mendemonstrasikan pentingnya pemantauan efektivitas vaksin secara real-time di lapangan.

b. Peningkatan Status Gizi

Status gizi yang baik berperan penting dalam meningkatkan daya tahan tubuh terhadap infeksi. Individu dengan gizi buruk cenderung memiliki sistem imun yang lebih lemah sehingga lebih rentan terhadap berbagai penyakit menular. Oleh karena itu, program perbaikan gizi merupakan bagian integral dari upaya pencegahan penyakit menular, terutama pada kelompok anak-anak dan ibu hamil.

c. Peningkatan Perilaku Hidup Bersih dan Sehat

Perilaku hidup bersih dan sehat mencakup berbagai tindakan yang mendukung kesehatan individu dan masyarakat, seperti konsumsi makanan bergizi, olahraga teratur, istirahat yang

cukup, tidak merokok, serta menjaga kebersihan lingkungan. Perilaku ini membantu meningkatkan ketahanan tubuh terhadap infeksi dan mengurangi risiko penularan penyakit.

5. Isolasi, Karantina, dan Pembatasan Mobilitas

a. Isolasi

Isolasi adalah pemisahan individu yang sakit dari individu sehat untuk mencegah penularan penyakit. Tindakan ini dilakukan pada penderita yang telah terkonfirmasi terinfeksi dan masih berpotensi menularkan penyakit kepada orang lain.

b. Karantina

Karantina adalah pembatasan aktivitas individu yang telah terpapar penyakit tetapi belum menunjukkan gejala. Tujuannya adalah mencegah kemungkinan penyebaran penyakit apabila individu tersebut ternyata terinfeksi.

c. Pembatasan Mobilitas

Dalam kondisi wabah atau pandemi, pembatasan mobilitas dapat diterapkan untuk mengurangi kontak antarindividu dan memperlambat penyebaran penyakit. Kebijakan ini dapat berupa pembatasan perjalanan, penutupan sementara fasilitas umum, atau pengaturan aktivitas masyarakat pada wilayah tertentu.

6. Edukasi dan Promosi Kesehatan

Edukasi kesehatan merupakan salah satu strategi penting dalam pencegahan penyakit menular karena keberhasilan program kesehatan sangat bergantung pada partisipasi masyarakat. Melalui edukasi, masyarakat diberikan pengetahuan mengenai cara penularan penyakit, faktor risiko, gejala penyakit, serta langkah-langkah pencegahan yang dapat dilakukan secara mandiri. Promosi kesehatan juga berperan dalam membentuk perilaku sehat dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kesehatan diri, keluarga, dan lingkungan. Dengan meningkatnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat, upaya pencegahan penyakit menular dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan.

7. *One Health*: Integrasi Kesehatan Manusia, Hewan, dan Ekosistem

Pendekatan *One Health* mengakui bahwa kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan ekosistem bersifat saling terkait dan saling bergantung. Pendekatan ini semakin relevan mengingat bahwa sebagian besar *emerging infectious diseases* bersifat zoonotik dan berasal dari antarmuka antara manusia, hewan domestik/liar, dan lingkungan alam. Zinsstag *et al.* (2022) mendokumentasikan bahwa pendekatan *One Health* terbukti lebih efektif dan lebih efisien dalam mengendalikan berbagai ancaman kesehatan dibanding pendekatan sektoral yang memisahkan kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Untuk rabies yang disebabkan virus dan hampir selalu fatal setelah gejala muncul, tetapi 100% dapat dicegah melalui vaksinasi anjing dan *post-exposure prophylaxis* (PEP) pendekatan *One Health* yang menggabungkan vaksinasi massal anjing dengan ketersediaan PEP untuk manusia terbukti jauh lebih *cost-effective* dalam mencapai eliminasi dibanding fokus hanya pada manusia.

Di Indonesia, *interface* manusia-hewan yang intens akibat kepadatan penduduk tinggi, hubungan budaya yang erat antara manusia dan hewan, serta kekayaan biodiversitas yang menciptakan habitat bagi berbagai *reservoir zoonosis*, menjadikan pendekatan *One Health* sangat relevan. Nipah, Avian Influenza H5N1, *leptospirosis*, *brucellosis*, dan *anthraks* adalah contoh zoonosis yang memerlukan kolaborasi antara Kementerian Kesehatan, Kementerian Pertanian, dan Kementerian Lingkungan Hidup dalam kerangka *One Health*.

BAB V

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR

A. Karakteristik Penyakit Tidak Menular

Penyakit tidak menular (*Non-Communicable Diseases/NCDs*) adalah kelompok penyakit yang tidak disebabkan oleh agen infeksi dan tidak dapat ditularkan dari satu individu ke individu lainnya melalui kontak langsung maupun tidak langsung. Penyakit ini umumnya berkembang secara perlahan dalam jangka waktu yang panjang, bersifat kronis, dan dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik, fisiologis, perilaku, serta lingkungan. Berbeda dengan penyakit menular yang memiliki agen penyebab spesifik dan rantai penularan yang jelas, penyakit tidak menular muncul sebagai hasil interaksi kompleks berbagai faktor risiko yang berlangsung selama bertahun-tahun.

Dalam beberapa dekade terakhir, penyakit tidak menular telah menjadi penyebab utama kematian di dunia. Organisasi Kesehatan Dunia (2023) melaporkan bahwa penyakit tidak menular merupakan penyebab kematian dan kecacatan terbesar di dunia, bertanggung jawab atas sekitar 74% dari seluruh kematian global atau sekitar 41 juta kematian per tahun. Empat kelompok PTM yang mendominasi beban global adalah: (1) penyakit kardiovaskular sekitar 17,9 juta kematian per tahun atau 32% dari seluruh kematian global; (2) kanker sekitar 10 juta kematian per tahun; (3) penyakit pernapasan kronis (terutama PPOK dan asma) sekitar 4,1 juta kematian; dan (4) diabetes melitus sekitar 1,5 juta kematian langsung, dengan jutaan lagi yang terjadi akibat komplikasi. Di Indonesia, kematian akibat PTM menyumbang sekitar 73% dari total kematian berdasarkan analisis GBD 2019. Adapun karakteristik khusus penyakit tidak menular yang membedakannya dari penyakit menular, yaitu:

1. Tidak Disebabkan oleh Agen Infeksi

Karakteristik utama penyakit tidak menular adalah tidak adanya agen infeksi sebagai penyebab utama penyakit. Penyakit ini tidak disebabkan oleh bakteri, virus, jamur, atau parasit yang dapat ditularkan dari satu individu ke individu lainnya. Sebaliknya, penyakit tidak menular berkembang akibat gangguan fungsi organ, perubahan metabolisme tubuh, faktor genetik, paparan lingkungan, serta perilaku hidup yang tidak sehat. Sebagai contoh, hipertensi terjadi akibat gangguan regulasi tekanan darah yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan gaya hidup. Diabetes melitus tipe 2 berkembang akibat resistensi insulin dan gangguan metabolisme glukosa, sedangkan kanker muncul karena perubahan genetik pada sel yang menyebabkan pertumbuhan sel abnormal. Karena tidak melibatkan agen infeksi, strategi pencegahan penyakit tidak menular lebih menekankan pada pengendalian faktor risiko daripada pemutusan rantai penularan.

2. Tidak Menular Antarindividu

Penyakit tidak menular tidak dapat berpindah dari satu orang ke orang lain melalui kontak fisik, udara, makanan, air, maupun vektor. Seseorang tidak akan tertular hipertensi, diabetes, kanker, atau penyakit jantung hanya karena berinteraksi dengan penderita penyakit tersebut. Meskipun demikian, faktor risiko penyakit tidak menular sering kali tersebar dalam keluarga atau komunitas karena adanya kesamaan pola hidup, lingkungan, budaya, maupun faktor genetik. Misalnya, kebiasaan mengonsumsi makanan tinggi lemak dan rendah serat dalam suatu keluarga dapat meningkatkan risiko penyakit jantung pada seluruh anggota keluarga. Oleh karena itu, meskipun tidak menular secara biologis, faktor risiko penyakit tidak menular dapat menyebar secara sosial melalui perilaku dan lingkungan yang sama.

3. Bersifat Kronis dan Berlangsung Lama

Sebagian besar penyakit tidak menular memiliki perjalanan penyakit yang berlangsung lama dan berkembang secara kronis. Penyakit ini biasanya tidak muncul secara tiba-tiba, melainkan berkembang perlahan selama bertahun-tahun akibat akumulasi faktor risiko yang terus berlangsung. Sebagai contoh, aterosklerosis yang menjadi dasar terjadinya penyakit jantung koroner dapat berkembang selama puluhan tahun sebelum menimbulkan gejala klinis. Demikian

pula diabetes melitus tipe 2 sering kali diawali oleh kondisi pradiabetes yang berlangsung dalam waktu lama sebelum akhirnya terdiagnosis sebagai diabetes. Sifat kronis ini menyebabkan penderita memerlukan pengelolaan kesehatan jangka panjang dan pemantauan berkelanjutan.

4. Memiliki Masa Laten yang Panjang

Penyakit tidak menular umumnya memiliki masa laten atau masa perkembangan yang panjang antara paparan faktor risiko dan munculnya gejala klinis. Selama periode tersebut, proses patologis telah berlangsung di dalam tubuh meskipun individu belum merasakan keluhan apa pun. Sebagai contoh, kebiasaan merokok dapat meningkatkan risiko kanker paru yang baru muncul setelah puluhan tahun paparan. Demikian pula pola makan tidak sehat dan kurang aktivitas fisik dapat menyebabkan obesitas, hipertensi, dan penyakit jantung setelah berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Masa laten yang panjang ini menyebabkan upaya pencegahan dan deteksi dini menjadi sangat penting dalam pengendalian penyakit tidak menular.

5. Bersifat Multifaktorial

Karakteristik penting lainnya adalah bahwa penyakit tidak menular umumnya bersifat multifaktorial, yaitu disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor yang saling berinteraksi. Tidak ada satu faktor tunggal yang secara langsung menyebabkan sebagian besar penyakit tidak menular. Sebagai contoh, penyakit jantung koroner dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti hipertensi, dislipidemia, merokok, obesitas, diabetes, kurang aktivitas fisik, stres, dan faktor genetik. Kanker juga dapat dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik, paparan bahan karsinogenik, infeksi tertentu, pola makan, serta faktor lingkungan. Kompleksitas faktor penyebab ini menjadikan pendekatan pencegahan penyakit tidak menular harus dilakukan secara komprehensif dan multidimensional.

6. Berkaitan Erat dengan Faktor Risiko Perilaku

Sebagian besar penyakit tidak menular memiliki hubungan yang kuat dengan perilaku individu. WHO mengidentifikasi empat faktor risiko perilaku utama yang berkontribusi terhadap meningkatnya kejadian penyakit tidak menular, yaitu konsumsi tembakau, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, dan konsumsi alkohol berlebihan.

Perilaku tersebut dapat memicu berbagai perubahan biologis dalam tubuh seperti hipertensi, hiperglikemia, obesitas, dan peningkatan kadar kolesterol yang pada akhirnya meningkatkan risiko penyakit kronis. Oleh karena itu, perubahan perilaku hidup sehat menjadi strategi utama dalam pencegahan penyakit tidak menular.

7. Dipengaruhi oleh Faktor Genetik dan Lingkungan

Selain faktor perilaku, penyakit tidak menular juga dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor genetik dapat meningkatkan kerentanan seseorang terhadap penyakit tertentu, sedangkan faktor lingkungan dapat mempercepat atau memperberat perkembangan penyakit. Sebagai contoh, individu yang memiliki riwayat keluarga diabetes melitus memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit tersebut dibandingkan individu tanpa riwayat keluarga. Di sisi lain, paparan polusi udara dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko penyakit paru kronis dan penyakit kardiovaskular. Interaksi antara faktor genetik dan lingkungan inilah yang menentukan tingkat risiko seseorang terhadap berbagai penyakit tidak menular.

Penyakit tidak menular tidak hanya menyebabkan kematian, tetapi juga menimbulkan disabilitas jangka panjang yang dapat menurunkan kualitas hidup penderita. Banyak penderita penyakit kronis mengalami keterbatasan fisik, psikologis, sosial, dan ekonomi akibat penyakit yang mereka alami. Sebagai contoh, stroke dapat menyebabkan kelumpuhan permanen, diabetes dapat mengakibatkan kebutaan atau amputasi, dan penyakit paru obstruktif kronis dapat membatasi kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Dampak tersebut sering kali berlangsung selama bertahun-tahun dan membutuhkan biaya pengobatan yang besar.

Karena bersifat kronis, penyakit tidak menular umumnya tidak dapat disembuhkan secara total dan memerlukan pengelolaan jangka panjang. Pengobatan bertujuan mengendalikan penyakit, mencegah komplikasi, dan meningkatkan kualitas hidup penderita. Sebagai contoh, penderita hipertensi memerlukan pemantauan tekanan darah secara rutin dan penggunaan obat antihipertensi dalam jangka panjang. Demikian pula penderita diabetes memerlukan pengendalian kadar gula darah, pengaturan pola makan, aktivitas fisik, serta terapi farmakologis yang berkelanjutan. Oleh karena itu, sistem pelayanan kesehatan harus mampu menyediakan layanan manajemen penyakit kronis yang berkesinambungan.

B. Faktor Risiko Penyakit Tidak Menular

Faktor risiko adalah karakteristik, kondisi, perilaku, atau paparan tertentu yang dapat meningkatkan kemungkinan seseorang mengalami suatu penyakit. Dalam epidemiologi penyakit tidak menular (*Non-Communicable Diseases/NCDs*), faktor risiko memiliki peran yang sangat penting karena sebagian besar penyakit tidak menular berkembang melalui proses yang panjang akibat akumulasi berbagai paparan risiko sepanjang kehidupan seseorang. Berbeda dengan penyakit menular yang umumnya memiliki agen penyebab spesifik, penyakit tidak menular biasanya muncul akibat interaksi kompleks antara faktor perilaku, lingkungan, genetik, dan faktor biologis lainnya.

Identifikasi faktor risiko merupakan langkah penting dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit tidak menular. Dengan mengetahui faktor-faktor yang meningkatkan risiko penyakit, berbagai intervensi kesehatan dapat dilakukan lebih dini untuk mencegah munculnya penyakit atau memperlambat progresivitasnya. Oleh karena itu, pemahaman mengenai faktor risiko menjadi dasar dalam penyusunan program promosi kesehatan, kebijakan kesehatan masyarakat, dan strategi pencegahan penyakit kronis. Secara umum, faktor risiko penyakit tidak menular dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama, yaitu faktor perilaku, faktor lingkungan, dan faktor genetik. Ketiga kelompok faktor tersebut saling berinteraksi dalam memengaruhi kesehatan individu dan menentukan tingkat risiko seseorang terhadap berbagai penyakit kronis.

1. Faktor Risiko Perilaku

Faktor risiko perilaku adalah tindakan atau kebiasaan individu yang dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya penyakit tidak menular. Faktor ini merupakan faktor yang paling dapat dimodifikasi melalui perubahan gaya hidup dan menjadi fokus utama dalam program promosi kesehatan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mengidentifikasi empat faktor risiko perilaku utama yang berkontribusi terhadap sebagian besar penyakit tidak menular, yaitu penggunaan tembakau, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, dan konsumsi alkohol berlebihan.

a. Merokok dan Penggunaan Tembakau

Merokok merupakan salah satu faktor risiko terbesar yang dapat dicegah dalam penyakit tidak menular. Asap rokok mengandung ribuan zat kimia berbahaya, termasuk nikotin, tar, karbon monoksida, dan berbagai senyawa karsinogenik yang dapat merusak organ tubuh. Kebiasaan merokok berhubungan erat dengan peningkatan risiko kanker paru, penyakit jantung koroner, stroke, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), serta berbagai jenis kanker lainnya. Selain perokok aktif, paparan asap rokok pada perokok pasif juga dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular dan gangguan pernapasan. Oleh karena itu, pengendalian konsumsi tembakau melalui kebijakan kawasan tanpa rokok, peningkatan cukai rokok, edukasi kesehatan, dan program berhenti merokok menjadi strategi penting dalam pencegahan penyakit tidak menular.

Tembakau merupakan faktor risiko PTM yang paling dapat dicegah dan paling mematikan di dunia, bertanggung jawab atas sekitar 8 juta kematian setiap tahun. WHO menyatakan bahwa merokok merupakan faktor risiko utama untuk minimal 6 dari 8 penyebab kematian utama di dunia, termasuk kanker paru, PPOK, penyakit jantung iskemik, stroke, diabetes tipe 2, dan berbagai kanker lainnya. *Global Burden of Disease Study 2019* melaporkan bahwa tembakau bertanggung jawab atas 7,69 juta kematian global pada 2019, menempatkannya sebagai faktor risiko kedua terbesar setelah hipertensi sistolik (GBD 2019 *Risk Factors Collaborators*, 2020).

Indonesia memiliki salah satu prevalensi merokok tertinggi di dunia, khususnya pada laki-laki dewasa. Riskesdas (2018) melaporkan prevalensi merokok pada penduduk ≥ 10 tahun sebesar 28,8%, dengan perbedaan dramatis antara laki-laki (62,9%) dan perempuan (4,8%). Yang sangat mengkhawatirkan adalah meningkatnya prevalensi merokok pada remaja usia 10–18 tahun (9,1% pada 2018 dibanding 7,2% pada 2013), mengindikasikan bahwa generasi baru perokok sedang terbentuk.

Industri tembakau di Indonesia memiliki kekuatan ekonomi dan politik yang signifikan, dengan cukai rokok menyumbang

sekitar 10% dari total pendapatan pajak negara dan mempekerjakan jutaan orang di sektor perkebunan, produksi, dan distribusi. Ketegangan antara kepentingan ekonomi industri tembakau dan kepentingan kesehatan masyarakat menciptakan tantangan unik dalam implementasi kebijakan pengendalian tembakau yang efektif. Meskipun Indonesia telah menandatangani WHO *Framework Convention on Tobacco Control* (FCTC), Indonesia adalah satu dari sedikit negara yang belum meratifikasinya sebuah hambatan signifikan bagi implementasi kebijakan pengendalian tembakau berbasis bukti seperti peningkatan pajak, kemasan polos (*plain packaging*), dan larangan iklan total.

b. Pola Makan Tidak Sehat

Pola makan yang tidak seimbang merupakan faktor risiko utama berbagai penyakit kronis. Konsumsi makanan tinggi lemak jenuh, lemak trans, gula, garam, dan makanan ultra-proses dapat meningkatkan risiko obesitas, hipertensi, diabetes melitus tipe 2, penyakit jantung, dan beberapa jenis kanker. Sebaliknya, rendahnya konsumsi buah, sayuran, biji-bijian utuh, dan sumber protein sehat dapat menyebabkan kekurangan zat gizi yang berperan dalam menjaga kesehatan tubuh. Perubahan pola konsumsi masyarakat modern yang cenderung memilih makanan cepat saji dan minuman berpemanis turut berkontribusi terhadap meningkatnya prevalensi penyakit tidak menular di berbagai negara.

Diet memainkan peran sentral dalam epidemiologi penyakit tidak menular baik kelebihan maupun kekurangan zat gizi tertentu berkontribusi pada risiko berbagai penyakit kronik. GBD *Diet Collaborators* (2019) memperkirakan bahwa diet suboptimal bertanggung jawab atas sekitar 11 juta kematian dan 255 juta DALY secara global pada 2017. Komponen diet yang paling konsisten dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit tidak menular mencakup asupan natrium tinggi (hipertensi, stroke), asupan lemak jenuh dan trans tinggi (dislipidemia, PKV), asupan gula tambahan tinggi (obesitas, diabetes, karies gigi), dan rendahnya konsumsi buah, sayur, dan serat.

Konsep '*western diet*' atau 'diet modern' yang kaya lemak jenuh, gula tambahan, garam, dan produk pangan ultra-proses

(*ultra-processed foods*/UPF) semakin menyebar di negara-negara berkembang termasuk Indonesia seiring urbanisasi dan globalisasi sistem pangan. Monteiro *et al.* (2019) dalam *NOVA Food Classification System* mendefinisikan UPF sebagai 'formulasi industri yang dibuat sebagian besar atau seluruhnya dari zat-zat yang diekstraksi dari makanan atau berasal dari konstituen makanan, dengan sedikit atau tanpa makanan utuh.' Konsumsi UPF yang tinggi dikaitkan secara konsisten dengan peningkatan risiko obesitas, diabetes tipe 2, PKV, kanker, dan kematian prematur dalam berbagai studi kohort dan meta-analisis.

Di Indonesia, pola makan tradisional yang kaya nasi, sayur, tempe, dan ikan sedang bertransisi menuju pola yang lebih tinggi UPF, minuman berpemanis, dan makanan cepat saji terutama di populasi urban dan remaja. Analisis data Susenas menunjukkan bahwa konsumsi gula dan natrium melebihi batas yang direkomendasikan pada mayoritas populasi Indonesia, sementara konsumsi buah dan sayur masih jauh di bawah rekomendasi WHO (400g/hari). Kebijakan pelabelan pangan dengan *Front-of-Pack Nutrition Label* (FOPNL) yang sedang dalam proses pengembangan di Indonesia merupakan langkah penting dalam membantu konsumen membuat pilihan pangan yang lebih sehat.

c. Kurang Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang tidak memadai menjadi salah satu faktor risiko penting penyakit tidak menular. Gaya hidup sedentari atau kurang bergerak dapat menyebabkan peningkatan berat badan, penurunan kebugaran jantung dan paru, serta gangguan metabolisme tubuh. Kurangnya aktivitas fisik meningkatkan risiko obesitas, hipertensi, diabetes melitus tipe 2, penyakit jantung koroner, osteoporosis, dan beberapa jenis kanker. Sebaliknya, aktivitas fisik yang dilakukan secara rutin membantu menjaga berat badan ideal, meningkatkan sensitivitas insulin, memperbaiki fungsi jantung, serta meningkatkan kesehatan mental.

Inaktivitas fisik (*physical inactivity*) merupakan faktor risiko ke-4 terbesar untuk kematian global menurut WHO, berkontribusi pada sekitar 3,2 juta kematian per tahun. Inaktivitas fisik secara independen meningkatkan risiko diabetes tipe 2, PKV, beberapa jenis kanker, osteoporosis, dan depresi. WHO merekomendasikan

minimal 150–300 menit aktivitas fisik intensitas sedang atau 75–150 menit intensitas tinggi per minggu untuk dewasa.

Di Indonesia, urbanisasi dan mekanisasi pekerjaan telah secara dramatis mengurangi aktivitas fisik dalam kehidupan sehari-hari. Riskesdas 2018 melaporkan bahwa 33,5% penduduk Indonesia ≥ 10 tahun termasuk dalam kategori kurang aktif. Pola ini semakin memburuk selama pandemi COVID-19 dengan pembatasan mobilitas dan peningkatan kerja dari rumah. Sallis *et al.* (2021) mendokumentasikan penurunan aktivitas fisik global yang signifikan selama pandemi, dengan dampak yang tidak merata populasi yang sudah tidak aktif sebelum pandemi cenderung menjadi semakin tidak aktif.

d. Konsumsi Alkohol Berlebihan

Konsumsi alkohol secara berlebihan dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk penyakit hati kronis, sirosis, hipertensi, penyakit jantung, stroke, kanker, dan gangguan kesehatan mental. Alkohol juga dapat memperburuk berbagai kondisi kesehatan yang sudah ada sebelumnya serta meningkatkan risiko kecelakaan dan cedera. Meskipun beberapa penelitian menunjukkan manfaat terbatas konsumsi alkohol dalam jumlah sangat kecil pada kondisi tertentu, sebagian besar bukti ilmiah menunjukkan bahwa risiko kesehatan akibat konsumsi alkohol lebih besar dibandingkan manfaat yang mungkin diperoleh.

e. Stres dan Perilaku Psikososial

Stres kronis, gangguan tidur, depresi, kecemasan, dan tekanan psikososial lainnya juga berperan dalam meningkatkan risiko penyakit tidak menular. Paparan stres yang berkepanjangan dapat memengaruhi sistem hormonal dan kardiovaskular sehingga meningkatkan tekanan darah, kadar gula darah, serta risiko penyakit jantung dan gangguan kesehatan mental. Perubahan gaya hidup modern yang ditandai dengan tekanan pekerjaan, urbanisasi, dan perubahan sosial menyebabkan faktor psikososial semakin mendapat perhatian dalam epidemiologi penyakit tidak menular.

2. Faktor Risiko Lingkungan

Faktor risiko lingkungan mencakup berbagai kondisi fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan tempat seseorang hidup yang dapat memengaruhi risiko terjadinya penyakit tidak menular. Lingkungan

yang tidak sehat dapat meningkatkan paparan terhadap berbagai faktor yang merugikan kesehatan dalam jangka panjang.

a. Polusi Udara

Polusi udara merupakan salah satu faktor risiko lingkungan yang paling signifikan dalam penyakit tidak menular. Paparan jangka panjang terhadap partikel halus (*particulate matter*), gas beracun, dan polutan lainnya dapat meningkatkan risiko penyakit paru kronis, kanker paru, penyakit jantung koroner, stroke, dan kematian dini. Polusi udara dapat berasal dari kendaraan bermotor, industri, pembakaran bahan bakar fosil, pembakaran sampah, maupun penggunaan bahan bakar padat di rumah tangga. Dampak polusi udara terhadap kesehatan masyarakat semakin meningkat seiring dengan urbanisasi dan industrialisasi.

b. Paparan Bahan Kimia Berbahaya

Paparan terhadap bahan kimia tertentu dalam lingkungan kerja maupun lingkungan umum dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit kronis. Bahan kimia seperti asbestos, pestisida, logam berat, benzena, dan bahan karsinogenik lainnya dapat menyebabkan kanker, gangguan saraf, penyakit paru, dan gangguan reproduksi. Risiko ini sering ditemukan pada pekerja industri, pertanian, pertambangan, maupun masyarakat yang tinggal di sekitar sumber pencemaran lingkungan.

c. Lingkungan Sosial dan Ekonomi

Status sosial ekonomi memiliki pengaruh yang besar terhadap risiko penyakit tidak menular. Individu dengan tingkat pendidikan rendah, pendapatan terbatas, dan akses kesehatan yang kurang memadai cenderung memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit kronis. Kondisi sosial ekonomi memengaruhi akses terhadap makanan sehat, fasilitas olahraga, pelayanan kesehatan, serta informasi kesehatan. Ketimpangan sosial juga dapat menyebabkan perbedaan beban penyakit yang signifikan antar kelompok masyarakat.

d. Urbanisasi dan Perubahan Gaya Hidup

Urbanisasi yang cepat sering diikuti oleh perubahan pola hidup masyarakat, termasuk meningkatnya konsumsi makanan cepat saji, berkurangnya aktivitas fisik, meningkatnya stres, serta paparan polusi lingkungan. Kondisi ini berkontribusi terhadap

meningkatnya prevalensi obesitas, hipertensi, diabetes, dan penyakit kardiovaskular di wilayah perkotaan.

- e. **Lingkungan Fisik yang Tidak Mendukung Aktivitas Sehat**
Ketersediaan ruang terbuka hijau, fasilitas olahraga, jalur pejalan kaki, dan sarana transportasi aktif dapat memengaruhi tingkat aktivitas fisik masyarakat. Lingkungan yang tidak mendukung aktivitas fisik sering kali menyebabkan masyarakat menjalani gaya hidup sedentari yang meningkatkan risiko penyakit tidak menular.

3. Faktor Risiko Genetik

Faktor genetik adalah karakteristik biologis yang diwariskan dari orang tua kepada anak melalui materi genetik. Faktor ini dapat memengaruhi kerentanan seseorang terhadap penyakit tertentu dan berinteraksi dengan faktor perilaku maupun lingkungan dalam menentukan risiko penyakit. Meskipun faktor genetik tidak dapat diubah, pemahaman mengenai predisposisi genetik sangat penting untuk identifikasi kelompok berisiko tinggi dan pelaksanaan pencegahan dini.

- a. **Riwayat Keluarga**
Riwayat keluarga merupakan indikator penting adanya faktor genetik yang dapat meningkatkan risiko penyakit tidak menular. Individu yang memiliki anggota keluarga dengan hipertensi, diabetes, penyakit jantung, atau kanker tertentu cenderung memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit yang sama. Namun demikian, peningkatan risiko tersebut tidak hanya disebabkan oleh faktor genetik, tetapi juga oleh kesamaan pola hidup dan lingkungan dalam keluarga.
- b. **Kelainan Genetik dan Mutasi Gen**
Beberapa penyakit tidak menular berkaitan langsung dengan mutasi gen tertentu yang meningkatkan risiko penyakit. Sebagai contoh, mutasi gen BRCA1 dan BRCA2 diketahui meningkatkan risiko kanker payudara dan kanker ovarium. Selain itu, beberapa bentuk hiperkolesterolemia familial dapat menyebabkan peningkatan kadar kolesterol sejak usia muda dan meningkatkan risiko penyakit jantung koroner.
- c. **Interaksi Genetik dan Lingkungan**
Sebagian besar penyakit tidak menular tidak disebabkan oleh faktor genetik tunggal, melainkan oleh interaksi antara genetik dan lingkungan. Individu yang memiliki predisposisi genetik terhadap

diabetes, misalnya, mungkin tidak akan mengalami penyakit tersebut apabila menerapkan pola hidup sehat. Sebaliknya, paparan faktor risiko perilaku dan lingkungan dapat mempercepat munculnya penyakit pada individu yang memiliki kerentanan genetik. Konsep ini menunjukkan bahwa faktor genetik bukanlah takdir yang tidak dapat diubah, melainkan faktor yang dapat dikelola melalui modifikasi gaya hidup dan lingkungan.

Dalam epidemiologi penyakit tidak menular, ketiga kelompok faktor risiko tersebut tidak bekerja secara terpisah, tetapi saling berinteraksi dan memengaruhi satu sama lain. Sebagai contoh, seseorang yang memiliki predisposisi genetik terhadap hipertensi mungkin akan lebih cepat mengalami penyakit apabila memiliki pola makan tinggi garam, kurang aktivitas fisik, dan tinggal di lingkungan yang penuh tekanan psikososial. Interaksi multifaktor inilah yang menyebabkan pencegahan penyakit tidak menular memerlukan pendekatan komprehensif yang melibatkan individu, keluarga, masyarakat, dan pemerintah. Upaya pencegahan tidak cukup hanya berfokus pada perubahan perilaku individu, tetapi juga harus menciptakan lingkungan yang mendukung gaya hidup sehat.

C. Transisi Epidemiologi

Transisi epidemiologi (*epidemiological transition*) adalah perubahan pola penyakit, penyebab kematian, dan status kesehatan masyarakat yang terjadi seiring dengan perkembangan sosial, ekonomi, demografi, teknologi, dan sistem kesehatan suatu negara. Konsep ini menjelaskan pergeseran dari dominasi penyakit menular, masalah gizi, serta tingginya angka kematian ibu dan anak menuju dominasi penyakit tidak menular, penyakit degeneratif, dan masalah kesehatan kronis.

Teori transisi epidemiologi pertama kali diperkenalkan oleh Abdel Omran pada tahun 1971. Menurut teori tersebut, perubahan pola penyakit merupakan konsekuensi dari proses pembangunan yang menyebabkan peningkatan kualitas hidup, perbaikan sanitasi, kemajuan teknologi kesehatan, peningkatan status gizi, serta perubahan perilaku masyarakat. Seiring meningkatnya harapan hidup, masyarakat menjadi lebih rentan terhadap penyakit kronis yang umumnya muncul pada usia dewasa dan lanjut usia.

Transisi epidemiologi merupakan salah satu fenomena penting dalam kesehatan masyarakat karena memengaruhi prioritas pembangunan kesehatan, alokasi sumber daya, strategi pelayanan kesehatan, dan kebijakan kesehatan nasional. Pemahaman terhadap proses ini sangat penting dalam merancang sistem kesehatan yang mampu menghadapi perubahan pola penyakit di masa depan.

1. Latar Belakang Terjadinya Transisi Epidemiologi

Perubahan pola penyakit tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai faktor yang berkembang dalam masyarakat. Kemajuan ekonomi dan pembangunan sosial meningkatkan akses masyarakat terhadap makanan, pendidikan, perumahan, dan pelayanan kesehatan. Pada saat yang sama, kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memungkinkan pengendalian penyakit menular melalui imunisasi, antibiotik, perbaikan sanitasi, serta penyediaan air bersih. Selain itu, perubahan struktur penduduk akibat menurunnya angka kematian dan meningkatnya angka harapan hidup menyebabkan proporsi penduduk usia lanjut semakin besar. Kelompok usia lanjut memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit kronis seperti hipertensi, diabetes melitus, penyakit jantung, kanker, dan penyakit neurodegeneratif. Akibatnya, pola penyakit dalam masyarakat bergeser dari penyakit akut menuju penyakit kronis yang memerlukan pengelolaan jangka panjang.

2. Teori Tahapan Transisi Epidemiologi Menurut Omran

- a. Era Pestilensi dan Kelaparan (*The Age of Pestilence and Famine*)

Tahap pertama ditandai oleh tingginya angka kematian akibat penyakit menular, wabah, malnutrisi, dan kelaparan. Pada periode ini, harapan hidup penduduk relatif rendah, biasanya kurang dari 40 tahun. Sanitasi yang buruk, keterbatasan pengetahuan kesehatan, dan rendahnya akses terhadap pelayanan kesehatan menyebabkan penyakit menular menjadi penyebab utama kematian. Penyakit seperti kolera, cacar, pes, tifus, malaria, dan tuberkulosis sering menyebabkan wabah besar yang mengurangi jumlah penduduk secara signifikan. Kondisi ini banyak ditemukan pada masyarakat praindustri dan negara-negara yang masih berada pada tahap pembangunan awal.

- b. Era Menurunnya Pandemi (*The Age of Receding Pandemics*)
Tahap kedua ditandai dengan penurunan angka kematian akibat penyakit menular sebagai hasil dari perbaikan sanitasi, penyediaan air bersih, peningkatan gizi, dan kemajuan kesehatan masyarakat. Wabah penyakit mulai dapat dikendalikan sehingga angka harapan hidup meningkat secara signifikan. Pada tahap ini, angka kematian menurun lebih cepat dibandingkan angka kelahiran sehingga terjadi pertumbuhan penduduk yang pesat. Berbagai program kesehatan masyarakat seperti imunisasi, pengendalian penyakit infeksi, dan peningkatan pelayanan kesehatan berperan besar dalam mempercepat transisi menuju tahap berikutnya.
- c. Era Penyakit Degeneratif dan Penyakit Buatan Manusia (*The Age of Degenerative and Man-Made Diseases*)
Tahap ketiga ditandai dengan dominasi penyakit tidak menular sebagai penyebab utama kematian. Penyakit jantung koroner, stroke, kanker, diabetes melitus, penyakit ginjal kronis, dan penyakit paru kronis mulai menggantikan penyakit menular sebagai masalah kesehatan utama. Perubahan pola konsumsi, urbanisasi, industrialisasi, penggunaan teknologi modern, serta meningkatnya prevalensi perilaku tidak sehat seperti merokok, konsumsi makanan tinggi lemak dan gula, serta kurang aktivitas fisik menjadi faktor utama yang mendorong meningkatnya penyakit kronis. Pada tahap ini, angka harapan hidup meningkat hingga lebih dari 60 tahun.
- d. Era Penundaan Penyakit Degeneratif (*The Age of Delayed Degenerative Diseases*)
Tahap keempat ditandai dengan kemajuan teknologi medis yang memungkinkan deteksi dini, pencegahan, dan pengobatan penyakit kronis secara lebih efektif. Penyakit degeneratif masih menjadi penyebab utama kematian, tetapi kematian akibat penyakit tersebut dapat ditunda hingga usia yang lebih lanjut. Perkembangan teknologi diagnostik, terapi farmakologis, bedah modern, serta peningkatan kesadaran masyarakat terhadap gaya hidup sehat menyebabkan angka harapan hidup terus meningkat. Banyak negara maju saat ini berada pada tahap ini.
- e. Era Penyakit Baru dan Tantangan Kesehatan Global

Beberapa ahli mengembangkan teori Omran dengan menambahkan tahap kelima yang ditandai oleh munculnya penyakit infeksi baru (*emerging infectious diseases*), penyakit yang muncul kembali (*re-emerging diseases*), resistensi antimikroba, perubahan iklim, serta berbagai ancaman kesehatan global lainnya. Pandemi COVID-19 menunjukkan bahwa meskipun penyakit tidak menular mendominasi beban penyakit global, ancaman penyakit menular tetap dapat muncul dan memberikan dampak yang sangat besar terhadap kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, sistem kesehatan modern harus mampu menghadapi beban ganda penyakit menular dan tidak menular secara bersamaan.

3. Faktor-Faktor yang Mendorong Transisi Epidemiologi

- a. Kemajuan Pelayanan Kesehatan
Perkembangan pelayanan kesehatan berkontribusi besar terhadap penurunan angka kematian akibat penyakit menular. Penemuan antibiotik, vaksin, teknologi diagnostik, dan peningkatan akses pelayanan kesehatan memungkinkan berbagai penyakit yang sebelumnya mematikan menjadi lebih mudah dicegah dan diobati.
- b. Perbaikan Sanitasi dan Lingkungan
Penyediaan air bersih, sistem pembuangan limbah yang baik, peningkatan kebersihan lingkungan, dan pengendalian vektor telah berhasil menurunkan kejadian berbagai penyakit infeksi. Perbaikan lingkungan merupakan salah satu faktor utama yang mempercepat penurunan angka kematian akibat penyakit menular.
- c. Peningkatan Status Sosial Ekonomi
Pertumbuhan ekonomi meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui perbaikan pendidikan, perumahan, akses pangan, dan pelayanan kesehatan. Kondisi ini berkontribusi terhadap menurunnya risiko penyakit menular dan meningkatnya usia harapan hidup.
- d. Urbanisasi dan Industrialisasi
Urbanisasi dan industrialisasi mengubah pola hidup masyarakat. Di satu sisi, perkembangan ekonomi meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Namun di sisi lain, perubahan pola

makan, meningkatnya konsumsi makanan olahan, berkurangnya aktivitas fisik, serta meningkatnya stres menyebabkan peningkatan risiko penyakit tidak menular.

e. Perubahan Demografi

Penurunan angka kelahiran dan meningkatnya harapan hidup menyebabkan struktur penduduk bergeser menuju populasi yang lebih tua. Proses penuaan penduduk (*population ageing*) meningkatkan prevalensi penyakit kronis dan kebutuhan pelayanan kesehatan jangka panjang.

4. Transisi Epidemiologi di Indonesia

Indonesia saat ini berada dalam fase transisi epidemiologi yang ditandai oleh munculnya beban ganda penyakit (*double burden of disease*). Beban ganda penyakit (*double burden of disease*) menggambarkan situasi di mana suatu negara atau komunitas secara bersamaan menghadapi beban penyakit menular yang belum tuntas diatasi dan lonjakan penyakit tidak menular. Indonesia merupakan salah satu contoh paling jelas dari fenomena ini: tingginya beban TB (beban ke-2 dunia), HIV/AIDS yang masih dalam epidemi terkonsentrasi, malaria yang masih endemis di Papua, berjalan bersamaan dengan meningkatnya prevalensi diabetes, hipertensi, stroke, dan kanker yang dipicu oleh urbanisasi dan perubahan gaya hidup yang pesat.

Data GBD 2019 untuk Indonesia menunjukkan bahwa dari 10 penyebab utama kehilangan DALY, stroke (no.1), penyakit jantung iskemik (no.2), dan diabetes (no.4) berdampingan dengan TB (no.3) dan infeksi saluran pernapasan bawah (no.6) gambaran nyata dari *double burden*. Implikasi bagi sistem kesehatan sangat signifikan: program pengendalian TB yang memerlukan pendekatan berbeda dari program pengendalian diabetes, namun keduanya harus dijalankan secara bersamaan dengan sumber daya yang terbatas.

Selain *double burden*, Indonesia juga menghadapi apa yang disebut '*triple burden*' atau bahkan '*quadruple burden*': masalah gizi (stunting pada anak bersamaan dengan obesitas pada dewasa), penyakit menular, penyakit tidak menular, dan kini ditambah dampak kesehatan perubahan iklim. Riskesdas 2018 mencatat bahwa 30,8% balita mengalami stunting sementara 21,8% orang dewasa mengalami *overweight*/obesitas manifestasi nyata dari *triple burden* malnutrisi di

mana defisiensi dan kelebihan gizi terjadi dalam populasi yang sama, bahkan seringkali dalam keluarga yang sama.

5. Dampak Transisi Epidemiologi terhadap Sistem Kesehatan

Transisi epidemiologi membawa berbagai konsekuensi terhadap sistem kesehatan. Pelayanan kesehatan yang sebelumnya berfokus pada penyakit akut dan infeksi kini harus beradaptasi untuk menangani penyakit kronis yang membutuhkan pengobatan jangka panjang. Hal ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan tenaga kesehatan, fasilitas kesehatan, obat-obatan, teknologi diagnostik, serta pembiayaan kesehatan. Selain itu, penyakit tidak menular sering kali menyebabkan disabilitas jangka panjang yang berdampak pada produktivitas ekonomi dan kualitas hidup masyarakat. Oleh karena itu, sistem kesehatan harus mengembangkan pendekatan yang lebih komprehensif dengan menekankan promosi kesehatan, pencegahan penyakit, deteksi dini, serta manajemen penyakit kronis.

Dalam perkembangan terkini, banyak negara berkembang termasuk Indonesia menghadapi kondisi yang dikenal sebagai *triple burden of disease*, yaitu keberadaan tiga kelompok masalah kesehatan secara bersamaan:

- a) Penyakit menular yang masih belum sepenuhnya terkendali.
- b) Penyakit tidak menular yang terus meningkat.
- c) Munculnya kembali penyakit lama serta penyakit infeksi baru (*emerging dan re-emerging diseases*).

Kondisi ini semakin diperumit oleh masalah resistensi antimikroba, perubahan iklim, urbanisasi, dan mobilitas penduduk yang tinggi. Triple burden of disease menjadi tantangan besar bagi pembangunan kesehatan di abad ke-21.

D. Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tidak Menular

Pencegahan dan pengendalian penyakit tidak menular (PTM) merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi faktor risiko, mencegah timbulnya penyakit, mendeteksi penyakit secara dini, mengendalikan progresivitas penyakit, serta mencegah terjadinya komplikasi dan kematian. Berbeda dengan penyakit menular yang pengendaliannya berfokus pada pemutusan rantai penularan, pengendalian penyakit tidak menular lebih menitikberatkan pada

modifikasi faktor risiko, perubahan perilaku, peningkatan kualitas lingkungan, serta pengelolaan penyakit secara berkelanjutan.

Penyakit tidak menular seperti penyakit jantung, stroke, kanker, diabetes melitus, penyakit ginjal kronis, dan penyakit paru kronis merupakan penyebab utama kematian dan disabilitas di dunia. Sebagian besar penyakit tersebut berkembang dalam waktu yang lama dan berkaitan erat dengan faktor risiko yang sebenarnya dapat dicegah. Oleh karena itu, strategi pencegahan menjadi komponen utama dalam menurunkan beban penyakit tidak menular di masyarakat.

Pencegahan dan pengendalian penyakit tidak menular bertujuan untuk menurunkan angka kesakitan (*morbidity*), angka kematian (*mortality*), angka kecacatan (*disability*), serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Selain itu, upaya ini juga bertujuan mengurangi beban ekonomi akibat biaya pengobatan yang tinggi dan kehilangan produktivitas akibat penyakit kronis. Secara lebih luas, pengendalian penyakit tidak menular mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya target pengurangan sepertiga kematian prematur akibat penyakit tidak menular melalui pencegahan dan pengobatan yang efektif serta peningkatan kesehatan mental dan kesejahteraan masyarakat.

1. Tingkatan Pencegahan Penyakit Tidak Menular

Dalam epidemiologi, pencegahan penyakit tidak menular dilakukan melalui beberapa tingkatan yang saling melengkapi, yaitu pencegahan primordial, primer, sekunder, dan tersier.

a. Pencegahan Primordial

Pencegahan primordial merupakan upaya mencegah munculnya faktor risiko penyakit sebelum faktor risiko tersebut berkembang dalam masyarakat. Pendekatan ini berfokus pada penciptaan lingkungan yang mendukung perilaku hidup sehat sejak dini. Contohnya adalah pembangunan ruang terbuka hijau, penyediaan jalur pejalan kaki dan jalur sepeda, kebijakan sekolah sehat, pengaturan iklan makanan tidak sehat kepada anak-anak, serta regulasi pengendalian konsumsi tembakau. Pencegahan primordial bertujuan menciptakan kondisi sosial dan lingkungan yang dapat mencegah terbentuknya perilaku berisiko di masa depan.

b. Pencegahan Primer

Pencegahan primer bertujuan mencegah terjadinya penyakit pada individu yang masih sehat dengan cara mengendalikan faktor risiko yang dapat dimodifikasi. Strategi ini menjadi fondasi utama pengendalian penyakit tidak menular karena sebagian besar faktor risikonya berasal dari perilaku dan lingkungan. Upaya pencegahan primer meliputi penghentian kebiasaan merokok, penerapan pola makan sehat dan seimbang, peningkatan aktivitas fisik, menjaga berat badan ideal, pengendalian stres, pembatasan konsumsi gula, garam, dan lemak, serta menghindari konsumsi alkohol berlebihan. Apabila faktor risiko dapat dikendalikan sejak awal, maka kemungkinan berkembangnya penyakit kronis dapat dikurangi secara signifikan.

c. Pencegahan Sekunder

Pencegahan sekunder bertujuan mendeteksi penyakit pada tahap awal sebelum muncul komplikasi sehingga pengobatan dapat dilakukan lebih cepat dan hasilnya lebih optimal. Pendekatan ini dilakukan melalui kegiatan skrining, pemeriksaan kesehatan berkala, dan deteksi dini terhadap kelompok berisiko. Contoh pencegahan sekunder meliputi pemeriksaan tekanan darah untuk mendeteksi hipertensi, pemeriksaan kadar gula darah untuk mendeteksi diabetes melitus, pemeriksaan kolesterol darah, skrining kanker serviks dengan IVA atau Pap smear, mammografi untuk kanker payudara, serta pemeriksaan kesehatan berkala bagi kelompok usia lanjut. Deteksi dini memungkinkan intervensi dilakukan sebelum penyakit berkembang menjadi lebih berat.

d. Pencegahan Tersier

Pencegahan tersier bertujuan mengurangi dampak penyakit yang telah terjadi, mencegah komplikasi, meminimalkan kecacatan, dan meningkatkan kualitas hidup penderita. Pada tahap ini, fokus utama adalah pengelolaan penyakit secara berkelanjutan melalui terapi medis, rehabilitasi, dan dukungan psikososial. Sebagai contoh, rehabilitasi pasien pascastroke bertujuan mengembalikan fungsi tubuh dan meningkatkan kemandirian pasien. Pada penderita diabetes melitus, pengendalian kadar gula darah secara ketat dilakukan untuk mencegah komplikasi seperti gagal ginjal, kebutaan, dan amputasi. Dengan pengelolaan yang baik, penderita penyakit kronis dapat tetap menjalani kehidupan yang produktif.

2. Pengendalian Faktor Risiko Perilaku

a. Pengendalian Konsumsi Tembakau

Merokok merupakan faktor risiko utama berbagai penyakit tidak menular seperti penyakit jantung koroner, stroke, kanker paru, dan penyakit paru obstruktif kronis. Oleh karena itu, pengendalian konsumsi tembakau menjadi prioritas utama dalam program pencegahan penyakit tidak menular. Strategi yang dapat dilakukan meliputi peningkatan cukai rokok, penerapan kawasan tanpa rokok, pelarangan iklan dan promosi produk tembakau, pencantuman peringatan kesehatan bergambar pada kemasan rokok, serta penyediaan layanan berhenti merokok. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kebijakan pengendalian tembakau yang komprehensif mampu menurunkan prevalensi merokok dan risiko penyakit terkait tembakau.

b. Perbaikan Pola Makan

Pola makan sehat merupakan komponen penting dalam pencegahan penyakit tidak menular. Masyarakat dianjurkan untuk meningkatkan konsumsi buah, sayuran, kacang-kacangan, ikan, dan biji-bijian utuh, serta mengurangi konsumsi makanan tinggi gula, garam, lemak jenuh, dan lemak trans. Perbaikan pola makan tidak hanya membantu mencegah obesitas, tetapi juga berperan dalam menurunkan risiko hipertensi, diabetes melitus tipe 2, penyakit jantung, dan beberapa jenis kanker. Edukasi gizi, pelabelan makanan, dan kebijakan pangan sehat menjadi bagian penting dalam mendukung perubahan pola konsumsi masyarakat.

c. Peningkatan Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang teratur memiliki manfaat besar dalam menjaga kesehatan tubuh dan mencegah penyakit kronis. Aktivitas fisik membantu mengendalikan berat badan, meningkatkan fungsi jantung dan paru, memperbaiki metabolisme glukosa, serta mengurangi risiko berbagai penyakit tidak menular. Organisasi kesehatan internasional merekomendasikan aktivitas fisik intensitas sedang minimal

150 menit per minggu atau aktivitas berat minimal 75 menit per minggu bagi orang dewasa. Upaya peningkatan aktivitas fisik dapat dilakukan melalui penyediaan fasilitas olahraga, pembangunan lingkungan yang ramah pejalan kaki, serta kampanye gaya hidup aktif.

3. Pengendalian Faktor Risiko Lingkungan

Lingkungan yang sehat berperan besar dalam mencegah penyakit tidak menular. Pengendalian polusi udara, penyediaan ruang terbuka hijau, pengelolaan limbah yang baik, pengurangan paparan bahan kimia berbahaya, dan peningkatan keselamatan kerja merupakan beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi risiko penyakit kronis. Selain lingkungan fisik, lingkungan sosial yang mendukung perilaku sehat juga sangat penting. Ketersediaan fasilitas kesehatan, akses terhadap pangan sehat, kesempatan berolahraga, serta dukungan komunitas dapat membantu masyarakat menerapkan gaya hidup sehat secara berkelanjutan.

4. Skrining dan Deteksi Dini Penyakit Tidak Menular

Deteksi dini merupakan strategi yang sangat efektif untuk menemukan penyakit sebelum gejala berat atau komplikasi muncul. Banyak penyakit tidak menular berkembang secara perlahan dan sering kali tidak menunjukkan gejala pada tahap awal. Program skrining dapat dilakukan melalui pemeriksaan tekanan darah, kadar gula darah, indeks massa tubuh, kolesterol, pemeriksaan kanker serviks, kanker payudara, serta pemeriksaan kesehatan berkala pada kelompok berisiko tinggi. Semakin dini penyakit ditemukan, semakin besar peluang keberhasilan pengobatan dan pencegahan komplikasi.

5. WHO 'Best Buys': Intervensi Paling Cost-Effective

WHO mengidentifikasi serangkaian intervensi '*Best Buys*' tindakan yang sangat *cost-effective* dalam mengurangi beban penyakit tidak menular yang dapat diimplementasikan bahkan dalam konteks sumber daya terbatas. Untuk merokok: peningkatan pajak tembakau (setidaknya 75% dari harga eceran), larangan iklan, promosi, dan sponsor tembakau total, kemasan polos (*plain packaging*), kawasan bebas rokok komprehensif, dan layanan berhenti merokok. Untuk

alkohol: pajak yang lebih tinggi, pembatasan iklan, pembatasan ketersediaan. Untuk diet: subsidi buah dan sayur, pajak minuman berpemanis, pembatasan iklan makanan tidak sehat kepada anak, pelabelan pangan depan kemasan.

Analisis ekonomi menunjukkan bahwa implementasi seluruh intervensi Best Buys secara global akan memerlukan investasi tambahan sekitar USD 18 miliar per tahun, tetapi akan menghasilkan keuntungan ekonomi sekitar USD 350 miliar per tahun dari pengurangan kematian prematur, kecacatan, dan biaya perawatan rasio manfaat-biaya sekitar 20:1. Di Indonesia, peningkatan cukai rokok telah diidentifikasi sebagai intervensi tunggal paling cost-effective untuk mengurangi beban PTM, namun implementasinya menghadapi resistensi politik dari industri tembakau.

6. Program Nasional Pengendalian PTM di Indonesia

Kementerian Kesehatan RI mengimplementasikan program pengendalian PTM melalui pendekatan Posbindu PTM (Pos Pembinaan Terpadu Penyakit Tidak Menular) pos pelayanan terpadu yang terintegrasi dalam komunitas untuk deteksi dini faktor risiko penyakit tidak menular. Posbindu penyakit tidak menular menggunakan paket intervensi minimal yang mencakup pengukuran berat badan, tinggi badan, tekanan darah, gula darah, dan konseling faktor risiko. Jumlah Posbindu penyakit tidak menular telah berkembang pesat, dengan lebih dari 71.000 Posbindu aktif pada 2021.

Program Gerakan Masyarakat Hidup Sehat (GERMAS) yang diluncurkan pada 2016 merupakan program lintas sektoral yang bertujuan mengubah paradigma dari kuratif ke preventif dan promotif, dengan fokus pada peningkatan aktivitas fisik, konsumsi buah dan sayur, dan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS). Meskipun konsepnya komprehensif, efektivitas GERMAS dalam mengubah perilaku kesehatan masyarakat secara bermakna masih perlu dievaluasi lebih sistematis menggunakan metodologi epidemiologi yang ketat.

BAB VI

SURVEILANS EPIDEMIOLOGI

A. Konsep dan Tujuan *Surveilans* Epidemiologi

Surveilans epidemiologi adalah proses pengumpulan, pengolahan, analisis, interpretasi, dan penyebaran data kesehatan yang dilakukan secara sistematis, terus-menerus, dan berkesinambungan untuk mendukung perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi program kesehatan masyarakat. *Surveilans* tidak hanya berfokus pada pengumpulan data, tetapi juga memastikan bahwa informasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dan tindakan kesehatan yang tepat.

Didefinisikan secara klasik oleh Langmuir (1963), *surveilans* adalah pengamatan yang terus-menerus terhadap distribusi dan determinan penyakit dan tren penyakit dalam suatu populasi, untuk tujuan pengendalian yang efektif. Definisi modern yang lebih komprehensif dirumuskan oleh WHO (2022) sebagai pengumpulan, kolasi, analisis, dan diseminasi data yang sistematis dan berkelanjutan tentang berbagai kondisi kesehatan, untuk tujuan perencanaan, implementasi, dan evaluasi kesehatan masyarakat.' Dua elemen kritis dalam definisi ini adalah: (1) keberlanjutan *surveilans* bukan penelitian episodik tetapi proses yang tidak pernah berhenti; dan (2) orientasi pada tindakan data *surveilans* harus diterjemahkan menjadi tindakan kesehatan masyarakat.

1. Konsep Dasar *Surveilans* Epidemiologi

Konsep utama *surveilans* epidemiologi adalah menyediakan informasi yang akurat, tepat waktu, dan relevan untuk mendukung tindakan kesehatan masyarakat. *Surveilans* bukan sekadar kegiatan pencatatan atau pelaporan kasus penyakit, melainkan suatu siklus kegiatan yang melibatkan pengumpulan data, analisis, interpretasi, penyebaran informasi, dan penggunaan informasi tersebut untuk tindakan kesehatan.

Surveilans didasarkan pada prinsip bahwa setiap perubahan pola kejadian penyakit atau masalah kesehatan harus dapat dideteksi secara dini. Dengan demikian, sistem kesehatan dapat mengidentifikasi ancaman kesehatan sebelum berkembang menjadi masalah yang lebih besar. Konsep ini menjadikan *surveilans* sebagai komponen penting dalam sistem kewaspadaan dini dan respons terhadap penyakit maupun masalah kesehatan masyarakat lainnya.

Selain itu, *surveilans* merupakan proses yang berkelanjutan (*continuous process*). Data dikumpulkan secara rutin dalam periode tertentu sehingga memungkinkan pemantauan tren penyakit dari waktu ke waktu. Dengan adanya data yang berkesinambungan, perubahan epidemiologi suatu penyakit dapat diamati secara lebih akurat.

2. Tujuan *Surveilans* Epidemiologi

Surveilans epidemiologi memiliki berbagai tujuan yang berkaitan dengan upaya perlindungan dan peningkatan kesehatan masyarakat.

a. Mendeteksi Masalah Kesehatan Secara Dini

Tujuan utama *surveilans* adalah mendeteksi perubahan pola penyakit atau masalah kesehatan sedini mungkin. Deteksi dini memungkinkan tindakan pencegahan dan pengendalian dilakukan sebelum masalah berkembang menjadi wabah atau krisis kesehatan yang lebih besar. Sebagai contoh, peningkatan jumlah kasus demam berdarah dengue dalam suatu wilayah dapat segera diketahui melalui sistem *surveilans* sehingga program pemberantasan sarang nyamuk dapat dilakukan lebih cepat.

b. Memantau Tren dan Pola Penyakit

Surveilans memungkinkan pemantauan kejadian penyakit dari waktu ke waktu. Melalui data yang dikumpulkan secara berkelanjutan, petugas kesehatan dapat mengetahui apakah suatu penyakit mengalami peningkatan, penurunan, atau tetap stabil dalam suatu populasi. Informasi ini sangat penting dalam mengevaluasi efektivitas program kesehatan dan mengidentifikasi perubahan epidemiologi yang terjadi dalam masyarakat.

c. Mengidentifikasi Kelompok Berisiko Tinggi

Data *surveilans* dapat digunakan untuk menentukan kelompok masyarakat yang memiliki risiko lebih tinggi mengalami penyakit tertentu. Identifikasi kelompok berisiko memungkinkan intervensi

- kesehatan dilakukan secara lebih terarah dan efisien. Sebagai contoh, *surveilans* tuberkulosis dapat menunjukkan bahwa kelompok usia produktif atau masyarakat dengan kondisi sosial ekonomi tertentu memiliki risiko lebih tinggi sehingga program pengendalian dapat difokuskan pada kelompok tersebut.
- d. Menentukan Prioritas Program Kesehatan
Keterbatasan sumber daya kesehatan menuntut adanya prioritas dalam pelaksanaan program kesehatan. Data *surveilans* membantu pemerintah dan organisasi kesehatan menentukan masalah kesehatan yang paling mendesak untuk ditangani. Dengan demikian, alokasi sumber daya dapat dilakukan secara lebih efektif dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.
 - e. Mendukung Perencanaan Program Kesehatan
Informasi yang diperoleh dari *surveilans* menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan dan program kesehatan. Data mengenai distribusi penyakit, faktor risiko, serta kelompok rentan dapat digunakan untuk merancang intervensi yang tepat sasaran. Perencanaan berbasis data *surveilans* akan menghasilkan program kesehatan yang lebih efektif dibandingkan perencanaan yang hanya didasarkan pada asumsi.
 - f. Mengevaluasi Program Kesehatan
Surveilans juga berfungsi sebagai alat evaluasi untuk menilai keberhasilan suatu program kesehatan. Penurunan angka kejadian penyakit setelah pelaksanaan program tertentu dapat menunjukkan bahwa intervensi tersebut berjalan efektif. Sebaliknya, apabila tidak terjadi perubahan yang signifikan, maka program perlu dievaluasi dan diperbaiki agar mencapai hasil yang diharapkan.
 - g. Mendukung Sistem Kewaspadaan Dini (*Early Warning System*)
Surveilans berperan penting dalam sistem kewaspadaan dini terhadap penyakit menular, wabah, bencana kesehatan, maupun ancaman kesehatan baru. Sistem ini memungkinkan pemerintah dan tenaga kesehatan mengambil langkah respons yang cepat untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Keberadaan sistem kewaspadaan dini menjadi semakin penting dalam era globalisasi yang ditandai oleh tingginya mobilitas penduduk dan cepatnya penyebaran penyakit lintas negara.

h. Mendukung Penelitian dan Pengembangan Kebijakan

Data *surveilans* merupakan sumber informasi yang sangat berharga bagi penelitian epidemiologi dan pengembangan kebijakan kesehatan. Peneliti dapat menggunakan data *surveilans* untuk mengidentifikasi faktor risiko penyakit, mengevaluasi efektivitas intervensi, serta memprediksi tren penyakit di masa depan. Hasil penelitian tersebut kemudian dapat digunakan sebagai dasar ilmiah dalam penyusunan kebijakan kesehatan yang lebih efektif dan berbasis bukti (*evidence-based policy*).

3. Peran *Surveilans* dalam Epidemiologi Modern

Dalam epidemiologi modern, *surveilans* tidak hanya digunakan untuk memantau penyakit menular, tetapi juga mencakup penyakit tidak menular, cedera, faktor risiko perilaku, kesehatan lingkungan, kesehatan kerja, serta berbagai isu kesehatan masyarakat lainnya. Perkembangan teknologi informasi memungkinkan sistem *surveilans* menjadi lebih cepat, akurat, dan terintegrasi. Selain itu, munculnya ancaman kesehatan global seperti pandemi, resistensi antimikroba, perubahan iklim, dan penyakit baru menjadikan *surveilans* sebagai komponen utama dalam sistem keamanan kesehatan global (*global health security*). Oleh karena itu, penguatan sistem *surveilans* menjadi salah satu prioritas utama dalam pembangunan kesehatan di berbagai negara.

B. Jenis-Jenis *Surveilans* Epidemiologi

Tidak ada satu sistem *surveilans* yang cocok untuk semua tujuan dan kondisi. Berbagai jenis *surveilans* telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan yang berbeda dalam konteks sumber daya, penyakit, dan populasi yang beragam. Pemahaman tentang kelebihan dan keterbatasan setiap jenis *surveilans* esensial untuk merancang sistem *surveilans* yang efektif dan efisien.

1. *Surveilans* Pasif

Surveilans pasif mengandalkan pelaporan sukarela dari fasilitas kesehatan kepada otoritas kesehatan tanpa ada upaya proaktif untuk mencari kasus. Petugas kesehatan di puskesmas, klinik, dan rumah sakit mengisi formulir pelaporan standar dan mengirimkannya ke tingkat yang

lebih tinggi (dinas kesehatan kabupaten/kota, provinsi, nasional) sesuai alur yang ditentukan.

Keunggulan *surveilans* pasif adalah biayanya yang sangat rendah infrastruktur yang dibutuhkan hanyalah formulir pelaporan dan mekanisme pengiriman laporan yang sudah ada. Karena mencakup seluruh jaringan fasilitas kesehatan, *surveilans* pasif berpotensi memberikan data yang representatif secara geografis. Keterbatasan utamanya adalah underreporting yang signifikan: hanya kasus yang mencari layanan kesehatan yang dilaporkan, hanya sebagian dari mereka yang dilaporkan oleh petugas, dan hanya sebagian laporan yang benar-benar dikirim ke tingkat yang lebih tinggi. Di Indonesia, diperkirakan kelengkapan pelaporan SKDR dari seluruh puskesmas rata-rata sekitar 70–80%, dengan variasi yang besar antardaerah.

Faktor-faktor yang memengaruhi kualitas *surveilans* pasif mencakup: (1) beban kerja petugas pelaporan seringkali dilihat sebagai tugas tambahan di samping pelayanan pasien; (2) ketersediaan formulir dan aksesibilitas sistem pelaporan; (3) pemahaman petugas tentang definisi kasus dan pentingnya pelaporan; (4) umpan balik yang diterima petugas ketika petugas tidak menerima umpan balik tentang laporan yang mereka kirim, motivasi untuk melaporkan dengan akurat menurun; dan (5) ketersediaan sumber daya diagnostik untuk konfirmasi kasus.

2. *Surveilans* Aktif

Surveilans aktif melibatkan upaya proaktif dari petugas atau sistem kesehatan untuk mencari dan menghitung kasus secara sistematis, alih-alih hanya menunggu laporan. Ini dapat dilakukan melalui berbagai mekanisme: kunjungan berkala ke fasilitas kesehatan untuk review rekam medis, kontak telepon reguler dengan petugas kesehatan, screening komunitas, atau kunjungan rumah ke kontak dari kasus yang telah teridentifikasi.

Surveilans aktif digunakan ketika sensitivitas deteksi yang tinggi sangat kritis misalnya untuk penyakit yang sangat berbahaya dan memerlukan respons cepat (demam Ebola, polio), atau ketika program sedang dalam fase akselerasi menuju eliminasi atau eradikasi dan setiap kasus harus teridentifikasi. Program eradikasi polio menggunakan *surveilans* aktif Acute Flaccid Paralysis (AFP) yang mewajibkan setiap kasus kelumpuhan mendadak pada anak <15 tahun dilaporkan dan diinvestigasi untuk menyingkirkan polio. *Surveilans* aktif AFP ini

merupakan komponen kritis program eradikasi polio global yang berhasil menurunkan kasus polio dari 350.000 pada 1988 menjadi hanya beberapa puluh kasus pada 2022 (WHO, 2022).

3. *Surveilans Sentinel*

Surveilans sentinel menggunakan jaringan terpilih dari fasilitas kesehatan atau individu yang secara sistematis dan intensif melaporkan informasi tentang kondisi kesehatan tertentu. Alih-alih mencakup seluruh populasi, *surveilans* sentinel memilih 'sentinel sites' yang representatif dan memastikan kualitas data yang lebih tinggi dari sentinel sites tersebut.

Surveilans influenza sentinel merupakan contoh terbaik dari pendekatan ini. Di Indonesia, *surveilans* influenza sentinel berbasis laboratorium (*sentinel influenza surveillance/SIS*) yang dikoordinasikan Kementerian Kesehatan RI mencakup jaringan rumah sakit dan puskesmas sentinel di berbagai provinsi yang secara konsisten mengumpulkan spesimen dari pasien dengan *influenza-like illness* (ILI) dan *severe acute respiratory infection* (SARI). Data dari sentinel sites ini digunakan untuk mendeteksi sirkulasi virus influenza, mengidentifikasi pergeseran antigenik, dan memberikan data untuk formulasi vaksin influenza musiman global melalui WHO *Global Influenza Surveillance and Response System* (GISRS).

Surveilans HIV sentinel pada populasi kunci (penasun, pekerja seks, LSL) juga merupakan contoh penting di Indonesia. Karena *surveilans* universal HIV pada seluruh populasi tidak praktis, *surveilans* sentinel pada populasi berisiko tinggi memberikan estimasi yang lebih akurat tentang prevalensi dan tren HIV di kelompok yang paling mungkin terinfeksi dan menularkan HIV. Data *surveilans* HIV sentinel menjadi dasar estimasi beban HIV nasional dan perencanaan program intervensi yang tepat sasaran.

4. *Surveilans Sindromik*

Surveilans sindromik (*syndromic surveillance*) adalah pendekatan *surveilans* yang menggunakan data klinis berbasis sindrom (kumpulan gejala) alih-alih diagnosis yang dikonfirmasi untuk mendeteksi sinyal anomali yang mungkin mengindikasikan wabah atau ancaman kesehatan masyarakat. Tujuannya bukan menghasilkan data

epidemiologi yang presisi, tetapi memberikan peringatan dini yang lebih cepat dari *surveilans* berbasis diagnosis konvensional.

Sumber data untuk *surveilans* sindromik dapat mencakup: rekam medis elektronik dari instalasi gawat darurat (ICD *code* untuk gejala, bukan diagnosis definitif), data penjualan obat bebas (*over-the-counter/OTC drugs*) dari apotek, data absensi sekolah/kerja, dan bahkan data pencarian internet. Selama pandemi COVID-19, beberapa negara menggunakan data dari aplikasi pelacak gejala seperti COVID Symptom Tracker (UK Biobank) untuk memantau tren gejala yang kompatibel dengan COVID-19 secara real-time di tingkat populasi, mendahului konfirmasi laboratorium.

Di Indonesia, *Early Warning Alert Response* (EWAR) dan sistem Kewaspadaan Dini dan Respons (SKDR) mengintegrasikan elemen *surveilans* sindromik dengan *surveilans* penyakit konvensional. SKDR mewajibkan puskesmas melaporkan jumlah kasus sindrom tertentu (demam berdarah suspek, ILI, diare berdarah, dll.) setiap minggu melalui sistem SMS atau aplikasi, memungkinkan deteksi peningkatan abnormal yang mungkin mengindikasikan KLB sebelum konfirmasi laboratorium tersedia.

5. *Surveilans* Berbasis Laboratorium

Surveilans berbasis laboratorium menggunakan data hasil pemeriksaan laboratorium sebagai komponen kunci sistem *surveilans*. Ini dapat mencakup *surveilans* strain atau serotipe patogen tertentu (misalnya *surveilans* serotipe Salmonella untuk identifikasi kluster wabah tifus, atau *surveilans* genotipe HIV untuk memantau pola penularan), *surveilans* resistensi antimikroba (mengirimkan isolat bakteri dari pasien ke laboratorium referensi untuk uji kepekaan antimikroba), atau *surveilans* genomik patogen yang semakin banyak digunakan untuk investigasi wabah.

Resistensi Antimikroba memerlukan *surveilans* laboratorium yang sistematis karena tidak dapat dideteksi dari data klinis saja. *Surveilans* AMR di Indonesia dilakukan melalui jaringan laboratorium rumah sakit yang berpartisipasi dalam Indonesia AMR *Surveillance* (iAMRSN) dan dilaporkan ke Kementerian Kesehatan RI. Data *surveilans* AMR nasional diperlukan untuk memandu panduan terapi empiris, memantau tren resistensi, dan mengevaluasi efektivitas program Antimicrobial Stewardship.

6. *Surveilans Digital dan Infodemiology*

Surveilans digital memanfaatkan data yang dihasilkan secara digital data pencarian internet, media sosial, rekam medis elektronik, data dari *wearable devices*, dan platform kesehatan digital untuk tujuan pemantauan kesehatan populasi. Pendekatan ini menjanjikan kecepatan (data tersedia hampir real-time), skala (dapat mencakup jutaan individu), dan granularitas (data pada tingkat sangat detail) yang tidak dapat dicapai oleh *surveilans* konvensional.

Brownstein *et al.* (2023) mengidentifikasi beberapa aplikasi kunci *surveilans* digital dalam epidemiologi: (1) *Google Trends* sebagai *proxy* untuk aktivitas penyakit (pencarian terkait 'flu', 'demam', dll.); (2) Twitter/X untuk pemantauan sentimen kesehatan dan deteksi wabah yang sedang berkembang; (3) platform ProMED dan HealthMap yang secara otomatis mengumpulkan laporan wabah dari berbagai sumber online; dan (4) CoVariants.org yang memvisualisasikan distribusi varian SARS-CoV-2 secara global berdasarkan data sekuensing.

Infodemiology dan *infoveillance* adalah subdisiplin yang mempelajari distribusi dan determinan kesehatan dan informasi kesehatan di internet untuk tujuan epidemiologi. Eysenbach (2020) mendefinisikan infodemiologi sebagai ilmu mendistribusikan dan menentukan informasi di internet untuk kepentingan kesehatan masyarakat dan kebijakan publik. Selama pandemi COVID-19, infodemologi juga merujuk pada studi tentang penyebaran disinformasi (*misinformation/disinformation*) tentang COVID-19 di media sosial 'infodemi' yang diakui WHO sebagai ancaman kesehatan masyarakat yang serius berjalan paralel dengan pandemi virus itu sendiri.

JENIS *SURVEILANS* DAN KONTEKS APLIKASINYA

SURVEILANS PASIF

Penggunaan: Pemantauan penyakit rutin; deteksi tren; laporan wajib
Kelebihan: Murah, cakupan luas, dapat dilakukan oleh semua fasilitas kesehatan
Keterbatasan: *Underreporting* signifikan; sensitivitas rendah

SURVEILANS AKTIF

Penggunaan: Fase eliminasi/eradikasi; penyakit sangat berbahaya; verifikasi wabah

Kelebihan: Sensitivitas tinggi; data lebih lengkap

Keterbatasan: Mahal; membutuhkan banyak sumber daya manusia

SURVEILANS SENTINEL

Penggunaan: Influenza; HIV pada populasi kunci; penyakit yang tidak terlaporkan baik

Kelebihan: Kualitas data tinggi dari sentinel sites; efisien biaya

Keterbatasan: Tidak representatif seluruh populasi; bergantung kualitas sentinel

SURVEILANS SINDROMIK

Penggunaan: Deteksi dini wabah; pemantauan real-time; respons cepat

Kelebihan: Sangat cepat; tidak bergantung konfirmasi laboratorium

Keterbatasan: Spesifisitas rendah; banyak alarm palsu

SURVEILANS BERBASIS LABORATORIUM

Penggunaan: AMR; genotipe/serotipe; investigasi kluster wabah

Kelebihan: Data sangat spesifik dan objektif

Keterbatasan: Memerlukan infrastruktur laboratorium; lambat; biaya tinggi

SURVEILANS DIGITAL

Penggunaan: Deteksi sangat dini; pemantauan populasi besar; infodemi

Kelebihan: Real-time; skala besar; biaya rendah per data point

Keterbatasan: Bias seleksi; kualitas data tidak terstandar; privasi

C. Sistem Informasi Kesehatan

Sistem Informasi Kesehatan adalah suatu sistem yang terdiri atas berbagai komponen yang saling terintegrasi untuk mengumpulkan, mengelola, mengolah, menganalisis, menyimpan, dan menyebarkan data serta informasi kesehatan guna mendukung pengambilan keputusan

di bidang kesehatan. Sistem ini berfungsi sebagai sarana untuk menyediakan informasi yang akurat, tepat waktu, lengkap, dan relevan bagi perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi program kesehatan.

Dalam konteks kesehatan masyarakat, Sistem Informasi Kesehatan menjadi tulang punggung manajemen kesehatan karena seluruh kebijakan, program, dan intervensi kesehatan memerlukan data yang valid sebagai dasar pengambilan keputusan. Tanpa sistem informasi yang baik, perencanaan program kesehatan berisiko tidak sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan dapat menyebabkan penggunaan sumber daya yang tidak efisien.

Menurut *World Health Organization*, Sistem Informasi Kesehatan merupakan mekanisme yang mengintegrasikan pengumpulan, pengolahan, pelaporan, dan penggunaan informasi kesehatan untuk meningkatkan efektivitas sistem kesehatan dan status kesehatan masyarakat. Dengan demikian, sistem informasi kesehatan tidak hanya berfungsi sebagai alat pencatatan data, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam pembangunan kesehatan.

1. Tujuan Sistem Informasi Kesehatan

Sistem Informasi Kesehatan memiliki berbagai tujuan yang mendukung penyelenggaraan pelayanan kesehatan dan pembangunan kesehatan masyarakat.

a. Menyediakan Informasi untuk Pengambilan Keputusan

Tujuan utama Sistem Informasi Kesehatan adalah menyediakan informasi yang akurat dan tepat waktu sebagai dasar pengambilan keputusan di berbagai tingkat pelayanan kesehatan, mulai dari fasilitas kesehatan hingga tingkat nasional. Informasi yang tersedia memungkinkan pengambil kebijakan menentukan prioritas masalah kesehatan, merencanakan intervensi, dan mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif.

b. Mendukung Perencanaan Program Kesehatan

Data yang tersedia dalam Sistem Informasi Kesehatan digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan kesehatan masyarakat dan menyusun program yang sesuai dengan kondisi lapangan. Perencanaan yang berbasis data akan menghasilkan program yang lebih tepat sasaran dan efisien.

c. Mendukung Monitoring dan Evaluasi

Sistem Informasi Kesehatan memungkinkan pemantauan pelaksanaan program kesehatan secara berkelanjutan. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk menilai apakah program berjalan sesuai target dan memberikan hasil yang diharapkan.

d. Mendukung *Surveilans* Epidemiologi

Data yang tersedia dalam Sistem Informasi Kesehatan menjadi sumber utama bagi kegiatan *surveilans* epidemiologi. Melalui sistem ini, kejadian penyakit, faktor risiko, dan masalah kesehatan masyarakat dapat dipantau secara berkelanjutan.

e. Meningkatkan Kualitas Pelayanan Kesehatan

Informasi yang lengkap dan akurat membantu tenaga kesehatan memberikan pelayanan yang lebih efektif, efisien, dan berorientasi pada kebutuhan pasien. Sistem informasi yang baik juga mendukung kesinambungan pelayanan kesehatan.

2. Sumber Data dalam Sistem Informasi Kesehatan

Data kesehatan dapat diperoleh dari berbagai sumber yang saling melengkapi untuk memberikan gambaran kondisi kesehatan masyarakat secara menyeluruh.

a. Data Fasilitas Pelayanan Kesehatan

Rumah sakit, puskesmas, klinik, laboratorium, dan fasilitas kesehatan lainnya merupakan sumber utama data kesehatan. Data yang dihasilkan mencakup diagnosis penyakit, pelayanan kesehatan, penggunaan obat, tindakan medis, dan berbagai indikator pelayanan lainnya.

b. Registrasi Vital

Registrasi vital mencakup pencatatan kelahiran, kematian, perkawinan, dan peristiwa penting lainnya yang berkaitan dengan status penduduk. Data ini sangat penting untuk menghitung indikator demografi dan kesehatan masyarakat.

c. Survei Kesehatan

Survei kesehatan digunakan untuk memperoleh data yang tidak tersedia dalam sistem pelayanan kesehatan rutin. Survei dapat memberikan informasi mengenai status gizi, perilaku kesehatan,

faktor risiko penyakit, dan kondisi kesehatan masyarakat secara umum.

d. Sistem *Surveilans* Epidemiologi

Sistem *surveilans* menyediakan data mengenai kejadian penyakit, wabah, faktor risiko, dan masalah kesehatan yang memerlukan pemantauan secara berkelanjutan.

e. Sensus Penduduk

Data sensus memberikan informasi mengenai jumlah penduduk, distribusi umur, jenis kelamin, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan karakteristik sosial ekonomi lainnya yang diperlukan dalam analisis kesehatan masyarakat.

3. Sistem Informasi Kesehatan di Indonesia

Indonesia memiliki sistem *surveilans* kesehatan yang telah berkembang secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir, meskipun masih menghadapi tantangan dalam hal konsistensi data, kelengkapan, ketepatan waktu, dan kapasitas analisis. Arsitektur sistem *surveilans* Indonesia mencerminkan struktur desentralisasi sistem kesehatan: pengumpulan data di tingkat puskesmas dan fasilitas kesehatan, agregasi dan analisis di tingkat dinas kesehatan kabupaten/kota dan provinsi, serta koordinasi kebijakan di tingkat nasional (Kementerian Kesehatan RI).

a. SKDR: Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons

Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons (SKDR) merupakan komponen inti *surveilans* epidemiologi Indonesia. SKDR mewajibkan pelaporan mingguan dari seluruh puskesmas dan beberapa rumah sakit untuk 24 penyakit dan sindrom prioritas, termasuk DBD, malaria, pneumonia berat, ISPA, diare, tifoid, hepatitis A dan E, campak, difteri, pertusis, tetanus neonatal, meningitis, dan AFP.

Transformasi SKDR dari sistem berbasis kertas ke platform digital telah secara signifikan meningkatkan ketepatan waktu dan aksesibilitas data. Aplikasi SKDR berbasis web dan mobile memungkinkan puskesmas untuk mengisi dan mengirimkan laporan mingguan secara online, dan data langsung masuk ke dashboard nasional yang dapat diakses oleh pengelola program di berbagai tingkatan. Notifikasi otomatis dikirimkan ketika jumlah

kasus melebihi threshold alert yang telah ditetapkan, memfasilitasi respons yang lebih cepat terhadap sinyal wabah.

Meskipun demikian, SKDR masih menghadapi tantangan signifikan. Kelengkapan pelaporan yang bervariasi antardaerah, kualitas data yang tidak konsisten, kapasitas analisis yang terbatas di tingkat kabupaten/kota, dan kesenjangan antara data yang dikumpulkan dan tindakan yang diambil merupakan area yang perlu terus diperbaiki. Pandemi COVID-19 mengekspos kelemahan ini secara dramatis sistem yang dirancang untuk penyakit menular rutin harus diadaptasi dengan cepat untuk mengakomodasi kebutuhan data yang jauh lebih besar dan lebih kompleks untuk respons pandemi.

b. Riskesdas dan Survei Berbasis Populasi

Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) yang dilaksanakan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Balitbangkes) Kementerian Kesehatan RI merupakan survei berbasis populasi berkala yang menyediakan data representatif nasional tentang status kesehatan, faktor risiko, dan pemanfaatan layanan kesehatan. Riskesdas telah dilaksanakan pada 2007, 2010, 2013, dan 2018, menjadi sumber data epidemiologi paling komprehensif dan paling banyak dirujuk untuk Indonesia.

Riskesdas 2018 menggunakan desain *cross-sectional* dengan *stratified multistage random sampling* yang menghasilkan sampel representatif dari 300.000 rumah tangga di seluruh 514 kabupaten/kota. Data yang dikumpulkan mencakup status gizi (pengukuran antropometri, biomarker gizi), penyakit yang dilaporkan (diagnosis dokter), faktor risiko perilaku (merokok, aktivitas fisik, konsumsi alkohol, diet), kondisi lingkungan (sanitasi, sumber air), dan pemanfaatan layanan kesehatan. Riskesdas menyediakan disagregasi data hingga tingkat provinsi, memungkinkan perbandingan antardaerah yang sangat berharga untuk perencanaan program berbasis data.

Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) yang dilaksanakan secara tahunan sejak 2019 merupakan survei yang lebih spesifik fokus pada status gizi anak balita dan ibu, dengan pengambilan sampel darah untuk biomarker gizi. SSGI memberikan data yang lebih frekuen dan lebih terfokus dibanding Riskesdas untuk pemantauan target penurunan stunting nasional. SSGI 2022 melaporkan

prevalensi stunting 21,6%, menunjukkan penurunan yang cukup signifikan dari 24,4% (SSGI 2021) meskipun masih jauh dari target 14% pada 2024.

c. Sistem Informasi Kesehatan Terintegrasi

Fragmentasi sistem informasi kesehatan merupakan salah satu tantangan utama *surveilans* di Indonesia. Berbagai kementerian, program, dan lembaga mengoperasikan sistem informasi yang terpisah-pisah dengan interoperabilitas yang terbatas: SIMPUS (puskesmas), SIMRS (rumah sakit), PCare-BPJS (pelayanan primer JKN), SIRS (registri rumah sakit), SatuSehat (platform integrasi nasional yang sedang dikembangkan), SIHA (HIV/AIDS), SITB (TB), SISMAL (malaria), dan berbagai sistem vertikal program lainnya.

Platform SatuSehat yang diluncurkan Kementerian Kesehatan RI pada 2022 sebagai pengganti dari Indonesia Health Information System (IHIS) sebelumnya bertujuan mengintegrasikan seluruh ekosistem data kesehatan Indonesia dalam satu platform interoperable. SatuSehat menggunakan standar HL7 FHIR (*Fast Healthcare Interoperability Resources*) untuk memungkinkan pertukaran data antar-sistem yang berbeda. Jika berhasil diimplementasikan secara penuh, SatuSehat akan memungkinkan analisis data kesehatan yang jauh lebih komprehensif dan real-time dibandingkan yang saat ini dimungkinkan.

D. Pemanfaatan Data *Surveilans* untuk Kebijakan

Data *surveilans* merupakan informasi kesehatan yang diperoleh melalui proses pengumpulan, pengolahan, analisis, interpretasi, dan diseminasi data secara sistematis dan berkelanjutan. Informasi yang dihasilkan dari sistem *surveilans* tidak hanya digunakan untuk mengetahui situasi kesehatan masyarakat, tetapi juga menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan kesehatan yang efektif, efisien, dan berbasis bukti (*evidence-based policy*).

Dalam konteks kesehatan masyarakat, kebijakan yang baik harus didasarkan pada data yang akurat dan relevan. Data *surveilans* memungkinkan pengambil keputusan memahami besarnya masalah kesehatan, kelompok populasi yang terdampak, faktor risiko yang berkontribusi, serta tren perkembangan suatu penyakit dari waktu ke

waktu. Dengan demikian, kebijakan yang dihasilkan dapat lebih tepat sasaran dan mampu memberikan dampak yang optimal bagi masyarakat.

Pemanfaatan data *surveilans* semakin penting di era modern karena tantangan kesehatan semakin kompleks, mulai dari penyakit menular, penyakit tidak menular, resistensi antimikroba, perubahan iklim, hingga munculnya penyakit baru (*emerging infectious diseases*). Oleh karena itu, data *surveilans* menjadi fondasi utama dalam sistem pengambilan keputusan kesehatan di tingkat lokal, nasional, maupun global.

1. Peran Data *Surveilans* dalam Proses Pengambilan Kebijakan

Data *surveilans* memiliki peran strategis dalam seluruh tahapan proses kebijakan kesehatan. Mulai dari identifikasi masalah kesehatan, penentuan prioritas program, perencanaan intervensi, pelaksanaan program, hingga evaluasi kebijakan, seluruhnya memerlukan dukungan informasi yang berasal dari sistem *surveilans*. Melalui data *surveilans*, pemerintah dapat mengetahui kondisi kesehatan masyarakat secara objektif sehingga keputusan yang diambil tidak hanya berdasarkan asumsi atau persepsi. Kebijakan yang berbasis data memiliki peluang lebih besar untuk berhasil karena disusun berdasarkan kebutuhan nyata yang terjadi di lapangan. Selain itu, data *surveilans* membantu memastikan bahwa sumber daya kesehatan yang terbatas dapat dialokasikan secara tepat kepada masalah kesehatan yang memiliki dampak terbesar terhadap masyarakat (Archer et al., 2023).

2. Identifikasi dan Penetapan Prioritas Masalah Kesehatan

Salah satu manfaat utama data *surveilans* adalah membantu mengidentifikasi masalah kesehatan yang menjadi prioritas untuk ditangani. Tidak semua masalah kesehatan dapat ditangani secara bersamaan karena keterbatasan anggaran, tenaga kesehatan, dan fasilitas pelayanan kesehatan. Data *surveilans* memungkinkan pengambil kebijakan mengetahui penyakit atau masalah kesehatan yang memiliki angka kejadian, angka kematian, atau dampak sosial ekonomi yang tinggi. Berdasarkan informasi tersebut, pemerintah dapat menentukan prioritas intervensi yang paling mendesak dan memberikan manfaat terbesar bagi masyarakat. Sebagai contoh, apabila data *surveilans* menunjukkan peningkatan kasus hipertensi dan diabetes melitus secara konsisten dalam beberapa tahun terakhir, maka pemerintah dapat

memperkuat program pencegahan penyakit tidak menular melalui promosi gaya hidup sehat, skrining kesehatan, dan peningkatan pelayanan kesehatan primer.

Pandemi COVID-19 memberikan contoh nyata mengenai pentingnya data *surveilans* dalam proses pengambilan kebijakan. Informasi mengenai jumlah kasus, angka reproduksi penyakit, tingkat rawat inap, cakupan vaksinasi, dan pola penyebaran penyakit menjadi dasar dalam penentuan berbagai kebijakan kesehatan masyarakat. Studi yang dilakukan oleh UK Health Security Agency menunjukkan bahwa hasil analisis *surveilans* secara langsung memengaruhi keputusan pemerintah daerah dalam menentukan strategi pengendalian wabah, pengalokasian sumber daya kesehatan, dan pelaksanaan intervensi kesehatan masyarakat selama pandemi. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem *surveilans* yang kuat mampu meningkatkan ketepatan dan kecepatan respons kebijakan terhadap ancaman kesehatan (Willgert et al., 2023).

3. Dasar Penyusunan Program dan Intervensi Kesehatan

Data *surveilans* berfungsi sebagai dasar dalam merancang program kesehatan yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Informasi mengenai distribusi penyakit berdasarkan umur, jenis kelamin, wilayah geografis, dan faktor risiko memungkinkan perencanaan program dilakukan secara lebih spesifik dan efektif. Sebagai contoh, apabila *surveilans* menunjukkan tingginya kasus stunting pada daerah tertentu, maka pemerintah dapat merancang program intervensi gizi yang difokuskan pada wilayah tersebut. Demikian pula apabila ditemukan peningkatan kasus tuberkulosis pada kelompok usia produktif, maka program pengendalian dapat diarahkan pada kelompok yang paling berisiko. Pendekatan ini memungkinkan penggunaan sumber daya kesehatan secara lebih efisien dan meningkatkan keberhasilan program kesehatan masyarakat.

Data *surveilans* juga memiliki peran penting dalam sistem kewaspadaan dini (*early warning system*) terhadap berbagai ancaman kesehatan. Peningkatan kasus penyakit yang terdeteksi melalui sistem *surveilans* dapat menjadi sinyal awal terjadinya wabah atau kejadian luar biasa (*outbreak*). Informasi tersebut memungkinkan pemerintah dan institusi kesehatan mengambil langkah respons secara cepat sebelum masalah berkembang menjadi lebih besar. Tindakan yang dapat

dilakukan antara lain investigasi lapangan, penguatan pelayanan kesehatan, distribusi logistik kesehatan, edukasi masyarakat, hingga pelaksanaan tindakan pengendalian penyakit. Kecepatan respons sangat bergantung pada kualitas dan ketepatan waktu data *surveilans* yang tersedia. Oleh karena itu, sistem *surveilans* yang kuat merupakan komponen penting dalam perlindungan kesehatan masyarakat.

Selain digunakan untuk merancang kebijakan, data *surveilans* juga digunakan untuk memantau efektivitas kebijakan yang telah dilaksanakan. Melalui analisis tren penyakit sebelum dan sesudah suatu intervensi dilakukan, pemerintah dapat menilai apakah kebijakan tersebut berhasil mencapai tujuan yang diharapkan. Sebagai contoh, setelah penerapan program imunisasi massal, data *surveilans* dapat digunakan untuk memantau penurunan angka kejadian penyakit yang dapat dicegah dengan vaksin. Apabila terjadi penurunan kasus secara signifikan, maka program dapat dianggap berhasil. Sebaliknya, apabila tidak terjadi perubahan yang berarti, maka diperlukan evaluasi dan perbaikan strategi program. Dengan demikian, *surveilans* tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantauan masalah kesehatan, tetapi juga sebagai instrumen evaluasi kebijakan kesehatan secara berkelanjutan.

4. Pemanfaatan Data *Surveilans* pada Penyakit Menular dan Tidak Menular

Dalam pengendalian penyakit menular, data *surveilans* digunakan untuk memantau distribusi penyakit, mendeteksi wabah, mengidentifikasi kelompok rentan, serta mengevaluasi efektivitas program pencegahan dan pengendalian. Contohnya adalah *surveilans* tuberkulosis yang digunakan untuk menentukan wilayah dengan beban kasus tinggi, *surveilans* HIV/AIDS untuk mengidentifikasi kelompok berisiko, serta *surveilans* demam berdarah dengue untuk memantau peningkatan kasus dan menentukan waktu pelaksanaan kegiatan pengendalian vektor. Selama pandemi COVID-19, data *surveilans* menjadi dasar dalam penentuan kebijakan pembatasan sosial, strategi vaksinasi, penguatan kapasitas rumah sakit, serta distribusi sumber daya kesehatan di berbagai wilayah.

Surveilans penyakit tidak menular memberikan informasi mengenai prevalensi, distribusi faktor risiko, serta tren penyakit kronis dalam masyarakat. Data tersebut digunakan untuk merancang kebijakan pencegahan dan pengendalian penyakit tidak menular yang lebih efektif

(Rajkumar et al., 2024). Sebagai contoh, meningkatnya prevalensi obesitas, hipertensi, dan diabetes melitus dapat mendorong pemerintah untuk memperkuat kebijakan promosi aktivitas fisik, pengendalian konsumsi gula dan garam, penguatan Posbindu PTM, serta program deteksi dini penyakit tidak menular. Data *surveilans* juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelompok masyarakat yang memiliki risiko tinggi sehingga intervensi dapat dilakukan secara lebih terarah.

BAB VII

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT

MENULAR UTAMA

A. Tuberkulosis, HIV/AIDS, dan Malaria

Tuberkulosis (TB), HIV/AIDS, dan malaria merupakan tiga penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global dan nasional. Ketiga penyakit ini memberikan kontribusi besar terhadap angka kesakitan (*morbidity*), kematian (*mortality*), disabilitas, serta kerugian sosial ekonomi, terutama di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah. Meskipun berbagai kemajuan telah dicapai dalam pencegahan, diagnosis, dan pengobatan, ketiga penyakit tersebut masih menjadi prioritas dalam agenda kesehatan global, termasuk dalam target *Sustainable Development Goals* (SDGs) dan program kesehatan nasional di Indonesia.

Menurut WHO, tuberkulosis kembali menjadi penyakit infeksi yang menyebabkan kematian tertinggi di dunia setelah pandemi COVID-19 mereda. Pada tahun 2023 diperkirakan terdapat 10,8 juta kasus TB baru secara global dengan sekitar 1,25 juta kematian. Kondisi ini menunjukkan bahwa TB masih menjadi ancaman kesehatan global yang sangat serius. Sementara itu, UNAIDS melaporkan bahwa pada tahun 2024 terdapat sekitar 40,8 juta orang hidup dengan HIV di seluruh dunia, dengan 1,3 juta infeksi baru dan sekitar 630.000 kematian terkait AIDS. Walaupun angka kematian akibat AIDS terus menurun dibandingkan dua dekade sebelumnya berkat terapi antiretroviral (*Antiretroviral Therapy/ART*), HIV masih menjadi salah satu penyakit menular dengan dampak kesehatan masyarakat yang signifikan.

Malaria juga tetap menjadi penyakit tropis yang penting, terutama di wilayah Afrika Sub-Sahara, Asia Selatan, dan sebagian wilayah Asia Tenggara. WHO menegaskan bahwa malaria masih menyebabkan ratusan juta kasus setiap tahun dan terus menjadi

tantangan besar akibat perubahan iklim, resistensi obat, resistensi insektisida, serta keterbatasan pendanaan program pengendalian malaria.

1. Tuberkulosis

Tuberkulosis adalah penyakit infeksi menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini umumnya menyerang paru-paru (*tuberkulosis paru*), tetapi dapat pula menyerang organ lain seperti kelenjar getah bening, tulang, ginjal, usus, dan otak (*tuberkulosis ekstraparu*). Bakteri TB memiliki karakteristik pertumbuhan yang lambat dan mampu bertahan dalam tubuh manusia dalam keadaan laten selama bertahun-tahun tanpa menimbulkan gejala. Individu dengan infeksi laten dapat berkembang menjadi TB aktif apabila sistem kekebalan tubuh mengalami penurunan.

Tuberkulosis ditularkan melalui udara (*airborne transmission*) ketika penderita TB paru aktif mengeluarkan percikan droplet yang mengandung bakteri saat batuk, bersin, berbicara, atau bernyanyi. Orang yang menghirup droplet tersebut dapat terinfeksi dan mengalami TB laten maupun TB aktif. Risiko penularan meningkat pada lingkungan yang padat penduduk, ventilasi buruk, status gizi rendah, kemiskinan, serta pada individu dengan gangguan sistem imun seperti penderita HIV/AIDS.

Tuberkulosis masih menjadi salah satu penyebab utama kematian akibat penyakit infeksi di dunia. WHO melaporkan bahwa pada tahun 2023 terdapat sekitar 10,8 juta kasus TB baru secara global. Delapan negara menyumbang sebagian besar kasus TB dunia, termasuk India, Indonesia, Tiongkok, Filipina, dan Pakistan. Indonesia secara konsisten termasuk negara dengan beban TB tertinggi di dunia. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap tingginya beban TB meliputi kemiskinan, malnutrisi, kepadatan hunian, diabetes melitus, merokok, serta infeksi HIV yang meningkatkan risiko berkembangnya TB aktif.

Pengendalian TB dilakukan melalui strategi deteksi dini kasus, pengobatan yang adekuat, pelacakan kontak, pencegahan infeksi, serta pemberian terapi pencegahan TB pada kelompok berisiko tinggi. Vaksin BCG (*Bacillus Calmette–Guérin*) masih digunakan secara luas untuk melindungi bayi dari bentuk TB berat seperti meningitis TB dan TB milier. Strategi global *End TB Strategy* yang dikembangkan WHO menargetkan penurunan insidensi dan kematian akibat TB melalui

penguatan pelayanan kesehatan, peningkatan cakupan diagnosis, serta penanganan faktor sosial yang berkontribusi terhadap penularan penyakit.

Indonesia merupakan negara dengan beban TBC terbesar kedua di dunia setelah India. WHO (2023) memperkirakan insidensi TBC di Indonesia sebesar 969.000 kasus (354 per 100.000 penduduk) dengan angka kematian sekitar 144.000 jiwa per tahun pada 2022. Angka notifikasi TBC nasional sebesar 724.000 pada 2022 Treatment Coverage Rate sekitar 75% masih jauh dari target 90% yang diperlukan untuk mencapai eliminasi. Terdapat kesenjangan deteksi kasus ('missing million') yang signifikan: diperkirakan ratusan ribu kasus TBC setiap tahun tidak terdeteksi dan tidak diobati, sehingga terus menularkan kepada orang-orang di sekitarnya.

a. Patogenesis dan Spektrum Klinis TBC

Infeksi *M. tuberculosis* tidak selalu berujung pada penyakit aktif. Setelah paparan, sekitar 90–95% individu yang terinfeksi mengembangkan infeksi TBC laten (LTBI) kondisi di mana bakteri dorman dan tidak menular, tetapi dapat reaktivasi menjadi TBC aktif di kemudian hari, terutama ketika sistem imun melemah. Hanya sekitar 5–10% individu dengan LTBI yang mengembangkan TBC aktif dalam hidupnya, dengan risiko terbesar dalam dua tahun pertama setelah infeksi.

Faktor-faktor yang meningkatkan risiko reaktivasi LTBI menjadi TBC aktif meliputi: infeksi HIV (risiko 20–30 kali lebih tinggi); penggunaan imunosupresan termasuk kortikosteroid dan agen biologis anti-TNF; diabetes melitus (risiko 2–3 kali lebih tinggi); malnutrisi protein-energi; merokok; konsumsi alkohol berlebihan; gagal ginjal kronis; dan usia sangat muda atau tua. Memahami spektrum dari LTBI ke TBC aktif sangat penting untuk intervensi pencegahan yang ditargetkan pada kelompok berisiko tinggi.

Secara klinik, TBC paru yang memengaruhi 85–90% kasus bermanifestasi dengan batuk produktif yang berlangsung >2 minggu, demam sore hari, keringat malam, penurunan berat badan, dan hemoptisis. TBC ekstraparu (limfadenitis, TBC pleura, meningitis TB, TBC milier, TBC tulang, dll.) menyumbang 10–15% kasus dan lebih sulit terdiagnosis. Diagnosis TBC definitif memerlukan konfirmasi bakteriologis melalui pemeriksaan dahak

mikroskopi, kultur, atau tes cepat molekuler (TCM) seperti Xpert MTB/RIF.

b. Tantangan Utama: TBC-HIV, TBC-MDR, dan TBC Anak

Koinfeksi TBC-HIV merupakan kombinasi yang paling mematikan dalam dunia penyakit menular. WHO (2023) melaporkan bahwa pada 2022, sekitar 167.000 dari total 1,3 juta kematian TBC terjadi pada ODHIV. HIV melemahkan respons imun seluler yang merupakan pertahanan utama terhadap *M. tuberculosis*, sehingga ODHIV memiliki risiko 20–30 kali lebih tinggi mengembangkan TBC aktif dibanding HIV-negatif. Di Indonesia, Ko-infeksi TBC-HIV terkonsentrasi di Papua dan Jawa, dan merupakan salah satu tantangan program pengendalian TBC nasional yang paling sulit.

TBC resistan obat (TBC-RO) merupakan krisis dalam krisis ancaman yang dapat membatalkan pencapaian program pengendalian TBC global jika tidak ditangani secara serius. WHO (2023) memperkirakan 450.000 kasus TBC multidrug-resistant (TBC-MDR) resistan terhadap setidaknya rifampisin dan isoniazid, dua obat lini pertama paling penting dan 40.000 kasus pre-extensively drug resistant (pre-XDR) pada 2022. Indonesia termasuk dalam 30 negara prioritas TBC-MDR dunia, dengan estimasi sekitar 24.000 kasus TBC-MDR per tahun. Pengobatan TBC-MDR jauh lebih lama (6–9 bulan vs 6 bulan untuk TBC sensitif), lebih mahal, dan lebih toksik, dengan tingkat keberhasilan pengobatan yang lebih rendah.

TBC pada anak sering tidak terdiagnosis dan dilaporkan karena presentasi klinis yang tidak khas dan sulitnya konfirmasi bakteriologis (anak kecil umumnya paucibacillary). WHO (2023) memperkirakan sekitar 1,25 juta kasus TBC pada anak (<15 tahun) pada 2022, termasuk 203.000 kematian sebagian besar pada anak <5 tahun. Dalam program TBC Indonesia, deteksi dan pengobatan TBC anak merupakan salah satu komponen yang paling memerlukan penguatan, mengingat TBC anak memiliki dampak jangka panjang pada tumbuh kembang dan sangat dapat dicegah melalui pemberian profilaksis TBC pada anak kontak serumah dengan kasus TBC aktif.

c. Strategi *End TB* dan Program Eliminasi TBC Indonesia

WHO End TB Strategy menargetkan penurunan insidensi TBC sebesar 90% dan kematian akibat TBC sebesar 95% antara 2015 dan 2035, dengan milestone antara pada 2025 (50% penurunan insidensi, 75% penurunan kematian). Strategi ini mengandalkan tiga pilar: (1) perawatan terintegrasi dan pencegahan yang berpusat pada pasien; (2) kebijakan dan sistem pendukung yang berani; dan (3) intensifikasi penelitian dan inovasi.

Program Nasional Penanggulangan TBC Indonesia (PNPT) selaras dengan End TB Strategy dan menargetkan eliminasi TBC (insidensi <65 per 100.000) pada 2030. Strategi nasional mencakup peningkatan penemuan kasus aktif (*active case finding/ACF*) melalui skrining sistematis di komunitas berisiko tinggi, penggunaan TCM Xpert MTB/RIF yang lebih luas sebagai alat diagnostik utama, manajemen TBC berbasis komunitas (*Community-Based TB Care*), penguatan pengobatan pencegahan TBC (TPT) pada kontak erat dan ODHIV, serta peningkatan kapasitas laboratorium untuk diagnosis TBC-MDR dan sekuensing genomik untuk pemantauan resistensi.

2. HIV/AIDS

HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) adalah virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia, khususnya sel limfosit CD4. Apabila tidak diobati, infeksi HIV akan berkembang menjadi AIDS (*Acquired Immunodeficiency Syndrome*), yaitu kondisi ketika sistem imun mengalami kerusakan berat sehingga tubuh rentan terhadap berbagai infeksi oportunistik dan kanker tertentu. Penularan HIV terjadi melalui kontak dengan cairan tubuh yang mengandung virus, terutama darah, sperma, cairan vagina, cairan rektal, dan air susu ibu. Jalur penularan utama meliputi: Hubungan seksual tanpa pengaman dengan individu yang terinfeksi HIV, penggunaan jarum suntik secara bergantian, transfusi darah yang terkontaminasi dan penularan dari ibu ke anak selama kehamilan, persalinan, atau menyusui. HIV tidak menular melalui kontak sosial biasa seperti berjabat tangan, berbagi makanan, atau gigitan nyamuk.

a. Epidemiologi HIV/AIDS Global dan Regional

UNAIDS (2023) melaporkan bahwa pada akhir 2022, terdapat 39 juta orang yang hidup dengan HIV (ODHIV) di seluruh dunia, dengan sekitar 1,3 juta infeksi HIV baru dan 630.000 kematian

terkait AIDS. Kemajuan signifikan telah dicapai dibandingkan puncak epidemi: infeksi baru HIV telah berkurang 59% sejak 1995 dan kematian terkait AIDS berkurang 69% sejak puncaknya pada 2004 sebagian besar berkat ekspansi akses terapi antiretroviral (ARV) secara global.

Secara regional, Afrika Sub-Sahara menanggung beban HIV yang tidak proporsional: 65% dari seluruh ODHIV global dan 67% dari seluruh kematian terkait AIDS terjadi di kawasan ini. Namun, Asia-Pasifik termasuk Indonesia merupakan kawasan dengan pertumbuhan epidemi HIV yang masih terus berlanjut, sementara epidemi di Afrika Sub-Sahara sudah dalam tren penurunan. UNAIDS (2023) memperingatkan bahwa epidemi HIV global semakin terkonsentrasi pada kelompok populasi kunci: LSL (laki-laki yang berhubungan seks dengan laki-laki), penasun (pengguna napza suntik), pekerja seks, waria, dan mitra seksual mereka kini menyumbang lebih dari 55% infeksi HIV baru global.

Di Indonesia, Kementerian Kesehatan RI melaporkan sekitar 526.841 kumulatif kasus HIV yang terdeteksi hingga 2022, dengan sekitar 29.000 kasus baru per tahun. Namun, estimasi UNAIDS menempatkan total ODHIV Indonesia pada sekitar 526.000 angka yang jauh lebih tinggi dari yang terdeteksi, mengindikasikan massive undetected burden. Epidemi HIV Indonesia dikategorikan sebagai '*concentrated epidemic*' prevalensi HIV pada populasi umum rendah (<1%) tetapi sangat tinggi pada kelompok populasi kunci: LSL (>3%), penasun, pekerja seks, dan waria di beberapa kota.

b. Target 95-95-95 dan Status Pencapaiannya

UNAIDS menetapkan target 95-95-95 untuk 2025 sebagai strategi untuk mengakhiri AIDS sebagai ancaman kesehatan masyarakat: 95% ODHIV mengetahui status HIV-nya, 95% dari yang tahu mendapatkan ARV, dan 95% dari yang mendapat ARV mencapai *viral suppression* (*viral load* tak terdeteksi). Pencapaian target ini akan memberikan manfaat ganda: ODHIV dengan *viral suppression* hidup lebih sehat dan sekaligus tidak dapat menularkan HIV (konsep U=U: *Undetectable = Untransmittable*).

Secara global, UNAIDS (2023) melaporkan kemajuan menuju 95-95-95 pada 2022: 86% ODHIV mengetahui statusnya, 76% dari seluruh ODHIV mendapat ARV, dan 71% dari seluruh ODHIV

mencapai viral suppression setara dengan angka 86-89-93 di antara mereka yang diketahui, mendapat ARV, dan tersupresi. Sementara beberapa negara di Afrika Timur dan Selatan sudah mencapai 95-95-95, banyak negara lain termasuk Indonesia masih jauh dari target.

Indonesia menghadapi tantangan besar dalam mencapai 95-95-95. Diperkirakan hanya sekitar 53% ODHIV yang mengetahui statusnya angka yang sangat jauh dari target 95%. Hambatan utama mencakup: stigma dan diskriminasi yang masih kuat di komunitas dan fasilitas kesehatan, kurangnya kesempatan testing bagi populasi kunci yang takut terekspos, terbatasnya jangkauan layanan testing khususnya di daerah terpencil, dan hukum serta kebijakan yang mengkriminalisasi perilaku berisiko yang mendorong orang menghindari layanan. Dari yang sudah terdiagnosis, akses ARV masih terhambat oleh berbagai faktor administratif dan logistik.

c. Pencegahan HIV: Pendekatan Komprehensif

Pencegahan HIV yang efektif memerlukan kombinasi intervensi biomedis, perilaku, dan struktural yang saling melengkapi. Pendekatan '*combination prevention*' ini mengakui bahwa tidak ada intervensi tunggal yang cukup untuk menghentikan epidemi HIV strategi yang berbeda diperlukan untuk konteks epidemi dan populasi yang berbeda.

Intervensi biomedis mencakup: ARV sebagai pencegahan (*Treatment as Prevention/TasP*) berdasarkan konsep $U=U$; *Pre-Exposure Prophylaxis* (PrEP) menggunakan ARV sebelum paparan berisiko, terbukti mengurangi risiko HIV hingga 99% jika digunakan secara konsisten; *Post-Exposure Prophylaxis* (PEP) menggunakan ARV dalam 72 jam setelah paparan berisiko; *Male Medical Circumcision* (MMC) yang terbukti mengurangi risiko transmisi HIV heteroseksual pada pria sekitar 60%; dan program Harm Reduction untuk penasun termasuk layanan jarum suntik steril dan terapi rumatan metadon (PTRM/PTRB). Di Indonesia, PrEP mulai tersedia melalui pilot program sejak 2019, namun cakupannya masih sangat terbatas.

Intervensi struktural yang mengatasi faktor-faktor sosial, hukum, dan ekonomi yang mendorong kerentanan terhadap HIV semakin diakui sebagai komponen esensial respons HIV. Dekriminalisasi perilaku berisiko, perlindungan hak asasi manusia

ODHIV dan populasi kunci, penanggulangan kemiskinan, dan peningkatan akses pendidikan merupakan intervensi struktural yang diperlukan untuk menciptakan lingkungan yang memungkinkan populasi kunci mengakses layanan pencegahan dan pengobatan tanpa rasa takut akan stigma, diskriminasi, atau hukuman.

d. Terapi Antiretroviral: Kemajuan dan Tantangan

Perkembangan ARV sejak pertengahan 1990-an telah mengubah HIV dari penyakit fatal menjadi kondisi kronik yang dapat dikelola. ODHIV yang mulai ARV dini, patuh pada pengobatan, dan mencapai viral suppression dapat memiliki harapan hidup yang hampir setara dengan orang tanpa HIV. Hal ini merupakan salah satu kemajuan terbesar dalam sejarah medis modern.

Panduan WHO saat ini merekomendasikan '*test and treat*' semua ODHIV harus ditawarkan ARV segera setelah diagnosis, tanpa menunggu penurunan jumlah CD4. Rekomendasi ini didasarkan pada bukti kuat dari studi HPTN 052 (Cohen *et al.*, 2021) yang menunjukkan bahwa inisiasi ARV dini mengurangi mortalitas dan morbiditas ODHIV serta mengurangi transmisi HIV sebesar 96%. Lini pertama ARV saat ini umumnya mencakup regimen berbasis *dolutegravir* (DTG) *inhibitor integrase* yang sangat poten, memiliki profil tolerabilitas yang baik, dan hambatan genetik resistansi yang tinggi.

Tantangan utama dalam program ARV Indonesia mencakup ketergantungan pada sumber donor luar (Global Fund, PEPFAR) yang rentan terhadap perubahan kebijakan; rantai distribusi obat yang tidak selalu handal; tantangan *retention in care* menjaga agar ODHIV tetap terhubung dengan layanan dan patuh pada ARV jangka panjang; dan stigma yang mendorong ODHIV menghindari layanan. Data Kemenkes RI menunjukkan bahwa *tingkat loss to follow-up* dari program ARV Indonesia masih cukup tinggi, mengancam keberhasilan program dalam mencapai *viral suppression*.

STRATEGI KOMPREHENSIF PENGENDALIAN HIV/AIDS INDONESIA

PILAR 1 PENCEGAHAN INFEKSI BARU

- Promosi perilaku seksual aman (kondom, pengurangan jumlah mitra)
- Program *Harm Reduction*: jarum steril, PTRM untuk penasun
- PrEP untuk kelompok berisiko sangat tinggi
- Pencegahan transmisi ibu-ke-bayi (PMTCT): ARV selama kehamilan
- *Male Medical Circumcision* di wilayah dengan prevalensi tinggi

PILAR 2 PENINGKATAN TESTING DAN AKSES ARV

- Tes HIV komunitas dan *mobile testing* untuk populasi kunci
- *Index testing*: tes kontak seksual dan jarum ODHIV yang terdeteksi
- *Self-testing* HIV untuk meningkatkan *uptake testing*
- *Same-day ARV initiation*: mulai ARV hari yang sama setelah diagnosis
- *Differentiated Service Delivery*: *multi-month dispensing*, *community ART*

PILAR 3 PENGUATAN SISTEM DUKUNGAN

- Penguatan peran komunitas (*Community Health Worker*, *Peer Educator*)
- Pengurangan stigma: pelatihan sensitif HIV untuk tenaga kesehatan
- Perlindungan hukum dan advokasi hak asasi ODHIV
- Integrasi layanan HIV dengan layanan TB, KIA, dan PTM

PILAR 4 PEMANTAUAN DAN EVALUASI

- *Surveilans* biologis dan perilaku berkala pada populasi kunci
- Pemantauan viral load untuk memantau kualitas program ARV
- Sistem informasi HIV terintegrasi (SIHA)

3. Malaria

Malaria adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh parasit genus *Plasmodium* yang ditularkan melalui gigitan nyamuk betina *Anopheles* yang terinfeksi. Spesies utama penyebab malaria pada manusia meliputi *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*,

Plasmodium malariae, *Plasmodium ovale*, dan *Plasmodium knowlesi*. Di Indonesia, *P. falciparum* dan *P. vivax* merupakan penyebab malaria yang paling sering ditemukan. Penularan malaria terjadi ketika nyamuk Anopheles yang terinfeksi menggigit manusia dan memasukkan parasit ke dalam aliran darah. Setelah masuk ke tubuh, parasit berkembang di hati dan kemudian menginfeksi sel darah merah. Selain melalui gigitan nyamuk, malaria dapat ditularkan melalui transfusi darah, transplantasi organ, atau dari ibu ke janin, meskipun kasusnya relatif jarang.

a. Beban Global dan Status di Indonesia

Malaria masih menjadi masalah kesehatan utama di banyak negara tropis dan subtropis. WHO melaporkan bahwa pada 2022 terdapat 249 juta kasus malaria di seluruh dunia meningkat dari 233 juta pada 2019 sebelum pandemi dengan 608.000 kematian, 76% di antaranya adalah anak-anak <5 tahun di Afrika Sub-Sahara. Empat negara Nigeria, Kongo, Uganda, dan Mozambik menyumbang lebih dari separuh dari seluruh kasus dan kematian malaria global.

Indonesia memiliki situasi malaria yang sangat heterogen secara geografis. Papua dan Papua Barat menanggung sekitar 80% dari seluruh beban malaria nasional, sementara sebagian besar Jawa, Bali, dan sebagian Sumatera sudah bebas malaria. Annual Parasite Incidence (API) nasional Indonesia turun dari 1,75 per 1.000 penduduk pada 2015 menjadi 0,87 per 1.000 pada 2022 namun API di Papua Barat masih di atas 40 per 1.000 penduduk, menunjukkan heterogenitas yang ekstrem. Indonesia menargetkan eliminasi malaria di seluruh kabupaten/kota pada 2030, dan secara kumulatif sudah lebih dari 300 dari 514 kabupaten/kota telah mencapai sertifikat eliminasi malaria.

b. Biologi Parasit dan Siklus Penularan

Lima spesies *Plasmodium* menginfeksi manusia: *Plasmodium falciparum* paling berbahaya, menyebabkan malaria berat dan hampir seluruh kematian akibat malaria; *Plasmodium vivax* paling luas distribusinya di dunia, memiliki kemampuan membentuk *hipnozoit* (stadium dorman di hati) yang menyebabkan relaps berbulan-bulan hingga bertahun-tahun setelah infeksi primer; *Plasmodium malariae* menyebabkan infeksi yang lebih ringan tetapi dapat persisten puluhan tahun; *Plasmodium ovale* mirip *Plasmodium vivax*, memiliki hipnozoit, distribusi terbatas di Afrika Barat; dan *Plasmodium knowlesi* zoonosis primata yang kini diakui

sebagai penyebab malaria manusia yang signifikan di Asia Tenggara, termasuk Kalimantan Indonesia.

Siklus penularan malaria melibatkan dua inang: manusia (*host* perantara tempat perkembangbiakan aseksual) dan nyamuk *Anopheles* betina (*host* definitif tempat perkembangbiakan seksual dan *sporogoni*). Manusia terinfeksi ketika nyamuk *Anopheles* yang mengandung *sporozoit* menggigit dan menyuntikkan *sporozoit* ke dalam aliran darah. Di Indonesia, spesies vektor utama bervariasi berdasarkan ekologi daerah: *Anopheles barbirostris* dan *Anopheles sundaicus* di Jawa, *Anopheles farauti* di Papua, dan berbagai spesies lain di pulau-pulau berbeda.

Karakteristik ekologi vektor tempat perindukan (*breeding sites*), perilaku menggigit (waktu, preferensi inang), dan kerentanan terhadap insektisida sangat menentukan strategi pengendalian yang tepat untuk setiap wilayah. Resistensi *Anopheles* terhadap insektisida *pyrethroid* yang digunakan pada kelambu berinsektisida (*Long-Lasting Insecticidal Nets/LLIN*) dan *Indoor Residual Spraying* (IRS) semakin menjadi ancaman yang perlu dipantau melalui *surveilans* resistensi insektisida yang sistematis.

c. Diagnosis, Pengobatan, dan Pencegahan Malaria

Diagnosis malaria yang cepat dan akurat merupakan prasyarat pengobatan yang tepat. WHO merekomendasikan konfirmasi parasitologis (mikroskopi atau *Rapid Diagnostic Test/RDT*) sebelum pengobatan pendekatan '*test and treat*' yang menggantikan pengobatan presumtif empiris lama. Mikroskopi tetap merupakan standar emas untuk konfirmasi spesies dan hitung parasit, sementara RDT berbasis antigen HRP2/pLDH memungkinkan diagnosis cepat di lapangan tanpa keahlian mikroskopi khusus.

Pengobatan malaria tanpa komplikasi menggunakan *Artemisinin-Based Combination Therapy* (ACT): DHP (*Dihydroartemisinin-Piperaquine*) adalah lini pertama untuk *plasmodium falciparum* di Indonesia. Untuk *plasmodium vivax*, selain ACT atau klorokuin (di daerah tanpa resistansi), *primaquin* diperlukan selama 14 hari untuk eradikasi *hipnozoit* dan pencegahan *relaps*. Malaria berat memerlukan *artesunate intravena* sebagai lini pertama. Resistensi parsial terhadap artemisinin yang pertama kali terdeteksi di Mekong dan kini mulai terdeteksi di Afrika merupakan ancaman yang terus dipantau oleh WHO.

Pencegahan malaria mencakup intervensi vektor (distribusi LLIN, IRS, manajemen *breeding sites*), kemoprofilaksis bagi wisatawan dan kelompok khusus (ibu hamil, bayi di daerah endemis), dan terbaru vaksin malaria. Vaksin RTS,S/AS01 (Mosquirix) dan R21/Matrix-M telah mendapat rekomendasi WHO untuk digunakan secara luas pada anak di daerah endemis malaria Afrika sejak 2021 dan 2023 masing-masing. Meskipun efektivitasnya parsial (40–79%), vaksin malaria merupakan tonggak bersejarah dan diharapkan dapat memberikan perlindungan tambahan bagi anak-anak yang paling rentan.

B. Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi

Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi (PD3I) adalah kelompok penyakit infeksi yang dapat dicegah atau dikurangi risiko penularan, kesakitan, kecacatan, dan kematiannya melalui pemberian vaksin. Imunisasi merupakan salah satu intervensi kesehatan masyarakat yang paling efektif dan hemat biaya (*cost-effective*) dalam sejarah kesehatan global. Menurut WHO, imunisasi mencegah sekitar 4–5 juta kematian setiap tahun akibat penyakit seperti difteri, tetanus, pertusis, influenza, dan campak. Oleh karena itu, program imunisasi menjadi komponen utama dalam upaya peningkatan kesehatan masyarakat dan pencapaian target *Sustainable Development Goals* (SDGs) bidang kesehatan (WHO, 2024).

Imunisasi bekerja dengan merangsang sistem kekebalan tubuh untuk mengenali dan melawan mikroorganisme penyebab penyakit tanpa menimbulkan penyakit itu sendiri. Setelah vaksin diberikan, tubuh akan membentuk antibodi dan memori imunologis sehingga apabila di kemudian hari terpapar agen infeksi yang sebenarnya, tubuh dapat memberikan respons yang lebih cepat dan efektif. Selain memberikan perlindungan individual, imunisasi juga berkontribusi pada terbentuknya imunitas kelompok (*herd immunity*) yang mampu melindungi individu yang belum atau tidak dapat divaksinasi (Fine et al., 2021).

Di Indonesia, program imunisasi nasional merupakan salah satu prioritas pembangunan kesehatan yang bertujuan menurunkan angka kesakitan, kecacatan, dan kematian akibat penyakit menular. Program ini terus berkembang seiring dengan penambahan jenis vaksin baru yang terbukti efektif dalam mencegah berbagai penyakit infeksi yang

berdampak besar terhadap kesehatan masyarakat (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

1. Konsep Epidemiologi Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi

Dalam epidemiologi, penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi memiliki karakteristik khusus karena kejadian penyakit sangat dipengaruhi oleh tingkat cakupan vaksinasi dalam populasi. Semakin tinggi cakupan imunisasi, semakin rendah jumlah individu rentan yang dapat menjadi sumber penularan. Sebaliknya, penurunan cakupan imunisasi dapat menyebabkan akumulasi individu rentan dan meningkatkan risiko terjadinya wabah.

Konsep ini terlihat jelas pada penyakit campak yang memiliki nilai *Basic Reproduction Number* (R_0) sangat tinggi, yaitu berkisar antara 12–18. Artinya, satu penderita campak dapat menularkan penyakit kepada 12–18 orang lain dalam populasi yang tidak memiliki kekebalan. Oleh karena itu, cakupan vaksinasi campak harus mencapai sekitar 95% untuk membentuk imunitas kelompok yang efektif (WHO, 2024).

Pandemi COVID-19 memberikan pelajaran penting mengenai dampak gangguan program imunisasi. WHO dan UNICEF melaporkan bahwa sekitar 25 juta anak di dunia tidak mendapatkan imunisasi dasar pada tahun 2021, jumlah tertinggi sejak tahun 2009. Kondisi ini meningkatkan risiko munculnya kembali wabah campak, polio, dan penyakit lain yang sebelumnya telah berhasil dikendalikan (WHO & UNICEF, 2022).

2. Jenis-Jenis Penyakit yang Dapat Dicegah dengan Imunisasi

a. Tuberkulosis (BCG)

Tuberkulosis merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*. Vaksin BCG (*Bacillus Calmette-Guérin*) diberikan kepada bayi untuk mencegah bentuk TB berat, terutama meningitis tuberkulosis dan TB milier. Meskipun efektivitas vaksin terhadap TB paru dewasa bervariasi, vaksin BCG terbukti sangat efektif dalam mencegah komplikasi berat pada anak-anak (WHO, 2024). Indonesia masih termasuk negara dengan beban TB tertinggi di dunia sehingga imunisasi BCG tetap menjadi bagian penting dari program imunisasi nasional.

b. Hepatitis B

Hepatitis B adalah penyakit infeksi hati yang disebabkan oleh virus Hepatitis B (*Hepatitis B Virus/HBV*). Penularan dapat terjadi melalui darah, hubungan seksual, penggunaan jarum suntik bersama, maupun dari ibu kepada bayi saat persalinan. Infeksi kronis Hepatitis B dapat berkembang menjadi sirosis hati dan kanker hati (*hepatocellular carcinoma*). WHO memperkirakan sekitar 254 juta orang hidup dengan infeksi Hepatitis B kronis pada tahun 2022. Pemberian vaksin Hepatitis B dalam 24 jam pertama setelah kelahiran merupakan strategi paling efektif untuk mencegah transmisi vertikal dari ibu ke bayi (WHO, 2024).

c. Difteri

Difteri adalah penyakit infeksi akut yang disebabkan oleh *Corynebacterium diphtheriae*. Penyakit ini menyerang saluran pernapasan bagian atas dan menghasilkan toksin yang dapat menyebabkan kerusakan jantung, saraf, dan organ lainnya. Meskipun telah tersedia vaksin yang efektif selama puluhan tahun, wabah difteri masih dapat terjadi apabila cakupan imunisasi menurun. Indonesia pernah mengalami Kejadian Luar Biasa (KLB) difteri pada beberapa provinsi akibat adanya kelompok masyarakat yang belum memperoleh imunisasi lengkap (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

d. Pertusis (Batuk Rejan)

Pertusis atau batuk rejan disebabkan oleh bakteri *Bordetella pertussis*. Penyakit ini sangat menular dan dapat menyebabkan komplikasi berat pada bayi, termasuk pneumonia, kejang, ensefalopati, dan kematian. WHO memperkirakan masih terjadi jutaan kasus pertusis setiap tahun di seluruh dunia. Vaksin pertusis diberikan dalam kombinasi dengan vaksin difteri dan tetanus melalui vaksin DPT atau DPT-HB-Hib (WHO, 2024).

e. Tetanus

Tetanus disebabkan oleh toksin yang diproduksi oleh *Clostridium tetani*. Bakteri ini dapat masuk ke tubuh melalui luka yang terkontaminasi. Penyakit ini ditandai dengan kejang otot yang berat dan memiliki tingkat kematian yang tinggi apabila tidak ditangani dengan baik. Imunisasi tetanus sangat

penting tidak hanya bagi anak-anak tetapi juga bagi wanita usia subur dan ibu hamil untuk mencegah tetanus neonatorum. Berkat program imunisasi maternal dan neonatal, angka kejadian tetanus neonatorum telah menurun secara signifikan di banyak negara berkembang (WHO, 2024).

f. *Poliomyelitis* (Polio)

Polio adalah penyakit yang disebabkan oleh *Poliovirus* dan dapat menyebabkan kelumpuhan permanen. Sebelum program imunisasi global dilaksanakan, polio merupakan salah satu penyebab utama kecacatan pada anak-anak. Melalui inisiatif global pemberantasan polio (*Global Polio Eradication Initiative*), jumlah kasus polio telah menurun lebih dari 99% sejak tahun 1988. Saat ini hanya beberapa negara yang masih melaporkan transmisi poliovirus liar. Namun, risiko munculnya kasus polio masih ada apabila cakupan imunisasi menurun (WHO, 2024).

g. Campak dan Rubela

Campak merupakan penyakit virus yang sangat menular dan dapat menyebabkan komplikasi serius seperti pneumonia, diare berat, ensefalitis, kebutaan, dan kematian. Rubela umumnya menyebabkan penyakit ringan, tetapi infeksi pada ibu hamil dapat mengakibatkan *Congenital Rubella Syndrome* (CRS) yang menyebabkan kelainan bawaan serius pada janin. Vaksin campak-rubela (MR) menjadi salah satu komponen penting dalam program imunisasi nasional karena mampu mencegah dua penyakit sekaligus. WHO melaporkan bahwa vaksin campak telah mencegah lebih dari 60 juta kematian secara global sejak tahun 2000 (WHO, 2024).

h. *Pneumonia Pneumokokus*

Pneumonia yang disebabkan oleh *Streptococcus pneumoniae* merupakan salah satu penyebab utama kematian anak balita di dunia. Selain *pneumonia*, bakteri ini juga dapat menyebabkan meningitis dan sepsis. Pemberian vaksin *Pneumococcal Conjugate Vaccine* (PCV) terbukti mampu menurunkan angka kejadian penyakit pneumokokus invasif secara signifikan. Oleh karena itu, vaksin PCV telah dimasukkan ke dalam program imunisasi nasional Indonesia sejak beberapa tahun terakhir (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

i. Rotavirus

Rotavirus merupakan penyebab utama diare berat pada bayi dan anak-anak. Sebelum vaksin tersedia, hampir seluruh anak di dunia pernah terinfeksi rotavirus sebelum usia lima tahun. WHO merekomendasikan vaksin rotavirus sebagai bagian dari imunisasi rutin karena terbukti mampu menurunkan angka rawat inap dan kematian akibat diare berat pada anak (WHO, 2024).

j. *Human Papillomavirus* (HPV)

Human Papillomavirus (HPV) merupakan penyebab utama kanker serviks pada perempuan. Selain itu, HPV juga berhubungan dengan berbagai kanker lain seperti kanker anus, penis, vulva, dan orofaring. WHO meluncurkan strategi global eliminasi kanker serviks yang menargetkan cakupan vaksinasi HPV sebesar 90% pada anak perempuan sebelum usia 15 tahun. Vaksin HPV terbukti aman dan sangat efektif dalam mencegah infeksi tipe HPV berisiko tinggi penyebab kanker serviks (WHO, 2023).

3. Imunitas Kawanan (*Herd Immunity*)

Imunitas kawanan (*herd immunity*) terjadi ketika proporsi yang cukup besar dari populasi memiliki kekebalan terhadap suatu penyakit sehingga transmisi penyakit menjadi sulit terjadi. Kondisi ini memberikan perlindungan tidak langsung kepada individu yang belum dapat menerima vaksin, seperti bayi yang terlalu muda, individu dengan gangguan imun, atau mereka yang memiliki kontraindikasi medis terhadap vaksin. Fine, Eames, dan Heymann (2021) menjelaskan bahwa keberhasilan imunitas kawanan tidak hanya ditentukan oleh besarnya cakupan vaksinasi, tetapi juga oleh distribusi kekebalan dalam populasi. Jika terdapat kelompok masyarakat dengan cakupan vaksinasi rendah, wabah tetap dapat terjadi meskipun cakupan nasional tampak tinggi.

Meskipun imunisasi telah terbukti efektif, berbagai tantangan masih dihadapi dalam pelaksanaannya. Tantangan tersebut meliputi keragu-raguan terhadap vaksin (*vaccine hesitancy*), penyebaran misinformasi, hambatan geografis, keterbatasan tenaga kesehatan, gangguan rantai dingin vaksin (*cold chain system*), serta dampak pandemi COVID-19 yang menyebabkan penurunan cakupan imunisasi di berbagai negara. WHO menekankan bahwa pemulihan cakupan imunisasi rutin melalui program *catch-up immunization* menjadi

prioritas global untuk mencegah terjadinya wabah penyakit yang sebenarnya dapat dicegah dengan vaksin (WHO, 2024).

C. Penyakit Emerging dan Re-emerging

Penyakit *emerging* (*emerging infectious diseases*) adalah penyakit infeksi yang baru muncul pada suatu populasi atau penyakit yang sebelumnya telah ada tetapi mengalami peningkatan insidensi, perluasan wilayah geografis, atau perubahan karakteristik epidemiologis dalam beberapa dekade terakhir. Sementara itu, penyakit *re-emerging* adalah penyakit yang sebelumnya berhasil dikendalikan atau mengalami penurunan kejadian, namun kembali meningkat dan menjadi masalah kesehatan masyarakat. Konsep ini menjadi semakin penting dalam epidemiologi modern karena dunia menghadapi peningkatan ancaman penyakit menular akibat globalisasi, perubahan lingkungan, urbanisasi, mobilitas penduduk, perubahan iklim, dan interaksi manusia dengan hewan yang semakin intensif. Menurut WHO, sekitar 75% penyakit infeksi baru yang muncul pada manusia berasal dari hewan (*zoonosis*), sehingga hubungan antara kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan lingkungan menjadi faktor penting dalam memahami kemunculan penyakit baru. Pandemi COVID-19 menjadi contoh nyata bagaimana penyakit *emerging* dapat berkembang menjadi krisis kesehatan global dalam waktu yang sangat singkat (WHO, 2024).

Penyakit *emerging* dan *re-emerging* memiliki beberapa karakteristik yang membedakannya dari penyakit menular yang telah lama dikenal. Pertama, penyakit ini sering kali memiliki pola epidemiologi yang belum sepenuhnya dipahami sehingga menyulitkan proses deteksi dan pengendalian pada tahap awal. Kedua, sebagian besar penyakit *emerging* bersifat zoonotik dan melibatkan perpindahan patogen dari hewan ke manusia (*spillover event*). Ketiga, penyakit ini dapat menyebar dengan cepat akibat meningkatnya mobilitas manusia, perdagangan internasional, dan transportasi global. Selain itu, banyak penyakit *emerging* menunjukkan kemampuan adaptasi genetik yang tinggi melalui mutasi atau rekombinasi sehingga dapat menghasilkan varian baru yang lebih menular atau lebih sulit dikendalikan. Sebaliknya, penyakit *re-emerging* sering muncul akibat menurunnya cakupan imunisasi, resistensi antimikroba, perubahan lingkungan, konflik sosial, atau melemahnya sistem kesehatan masyarakat (Morens & Fauci, 2024).

1. Faktor Penyebab Munculnya Penyakit *Emerging*

a. Perubahan Ekologi dan Lingkungan

Perubahan lingkungan seperti deforestasi, alih fungsi lahan, eksploitasi sumber daya alam, dan hilangnya habitat satwa liar dapat meningkatkan kontak antara manusia dan hewan pembawa patogen. Kondisi ini menciptakan peluang terjadinya perpindahan mikroorganisme dari hewan ke manusia. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan berkontribusi terhadap munculnya penyakit zoonotik baru seperti Ebola, Nipah, dan berbagai jenis coronavirus. Perubahan ekosistem juga dapat memengaruhi distribusi vektor penyakit seperti nyamuk dan kutu.

b. Perubahan Iklim

Perubahan iklim global memengaruhi distribusi geografis berbagai penyakit menular. Peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, banjir, dan kekeringan dapat memperluas habitat vektor penyakit seperti nyamuk *Aedes* dan *Anopheles*. Akibatnya, penyakit seperti demam berdarah dengue, malaria, chikungunya, dan virus Zika dapat muncul di wilayah yang sebelumnya tidak endemis. WHO mengidentifikasi perubahan iklim sebagai salah satu ancaman kesehatan global terbesar pada abad ke-21 (WHO, 2023).

c. Urbanisasi dan Kepadatan Penduduk

Urbanisasi yang cepat sering kali menyebabkan kepadatan penduduk tinggi, sanitasi yang buruk, dan meningkatnya kontak antarindividu. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang ideal untuk penyebaran penyakit menular. Kota-kota besar dengan mobilitas penduduk yang tinggi menjadi pusat penyebaran berbagai penyakit *emerging* karena memungkinkan transmisi berlangsung dengan cepat dalam populasi yang besar.

d. Globalisasi dan Mobilitas Internasional

Perjalanan internasional memungkinkan seseorang yang terinfeksi membawa patogen ke negara lain dalam waktu beberapa jam. Fenomena ini mempercepat penyebaran penyakit lintas negara dan lintas benua. Pandemi COVID-19 menunjukkan bagaimana jaringan transportasi global dapat

mempercepat penyebaran penyakit dari satu wilayah ke seluruh dunia hanya dalam hitungan minggu.

e. Resistensi Antimikroba

Resistensi antimikroba (*Antimicrobial Resistance/AMR*) menjadi faktor penting dalam munculnya penyakit *re-emerging*. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional menyebabkan mikroorganisme berkembang menjadi lebih kebal terhadap pengobatan yang tersedia. WHO memperkirakan bahwa resistensi antimikroba secara langsung menyebabkan sekitar 1,27 juta kematian pada tahun 2019 dan berkontribusi terhadap hampir 5 juta kematian lainnya (Murray et al., 2022).

2. Contoh Penyakit *Emerging*

a. COVID-19

COVID-19 yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2 merupakan contoh paling signifikan dari penyakit *emerging* pada abad ke-21. Penyakit ini pertama kali dilaporkan di Wuhan pada akhir tahun 2019 dan kemudian berkembang menjadi pandemi global. WHO mencatat lebih dari 770 juta kasus dan jutaan kematian secara global selama pandemi. Selain dampak kesehatan, COVID-19 juga menimbulkan krisis ekonomi, sosial, pendidikan, dan politik di berbagai negara (WHO, 2024).

b. *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS)

SARS disebabkan oleh coronavirus SARS-CoV dan pertama kali muncul di Guangdong pada tahun 2002. Penyakit ini menyebar ke lebih dari 25 negara dan menyebabkan lebih dari 8.000 kasus dengan tingkat kematian sekitar 10%. Meskipun berhasil dikendalikan pada tahun 2004, SARS menjadi peringatan penting mengenai potensi pandemi coronavirus.

c. *Middle East Respiratory Syndrome* (MERS)

MERS disebabkan oleh MERS-CoV dan pertama kali diidentifikasi di Arab Saudi pada tahun 2012. Penyakit ini memiliki tingkat kematian yang jauh lebih tinggi dibandingkan COVID-19 dan dikaitkan dengan penularan dari unta kepada manusia.

d. Penyakit Virus Nipah

Virus Nipah merupakan zoonosis yang berasal dari kelelawar buah dan pertama kali diidentifikasi di Malaysia pada tahun

1998. Penyakit ini dapat menyebabkan ensefalitis berat dengan tingkat kematian yang tinggi. Karena belum tersedia vaksin maupun terapi spesifik yang efektif, Nipah dianggap sebagai salah satu penyakit prioritas yang berpotensi menimbulkan pandemi di masa depan.

e. Virus Zika

Virus Zika menjadi perhatian global pada tahun 2015–2016 ketika terjadi wabah besar di kawasan Amerika Latin. Infeksi pada ibu hamil terbukti berkaitan dengan mikrosefali dan berbagai kelainan kongenital lainnya pada bayi.

3. Contoh Penyakit *Re-emerging*

a. Tuberkulosis

Tuberkulosis merupakan contoh klasik penyakit *re-emerging*. Meskipun telah tersedia pengobatan yang efektif sejak pertengahan abad ke-20, penyakit ini kembali meningkat akibat epidemi HIV/AIDS, resistensi obat, kemiskinan, dan keterbatasan akses layanan kesehatan. Munculnya TB resistan obat (*Drug-Resistant Tuberculosis*) menjadi tantangan besar dalam upaya eliminasi TB global.

b. Campak

Campak adalah penyakit yang sebenarnya dapat dicegah dengan imunisasi. Namun dalam beberapa tahun terakhir terjadi peningkatan wabah campak di berbagai negara akibat penurunan cakupan vaksinasi dan meningkatnya keragu-raguan terhadap vaksin (*vaccine hesitancy*). WHO melaporkan peningkatan signifikan kasus campak pascapandemi COVID-19 karena gangguan program imunisasi rutin.

c. Polio

Polio hampir berhasil diberadikasi secara global, tetapi masih ditemukan kasus di beberapa wilayah akibat rendahnya cakupan imunisasi dan munculnya *circulating vaccine-derived poliovirus* (cVDPV). Kondisi ini menunjukkan bahwa penyakit yang hampir dieliminasi dapat muncul kembali apabila program imunisasi tidak dipertahankan.

d. Demam Berdarah *Dengue*

Demam berdarah *dengue* mengalami peningkatan signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Urbanisasi, perubahan iklim,

dan perluasan habitat nyamuk *Aedes aegypti* menyebabkan penyakit ini muncul kembali dengan distribusi geografis yang semakin luas. WHO memperkirakan sekitar setengah populasi dunia kini tinggal di daerah yang berisiko terhadap dengue (WHO, 2024).

Meningkatnya jumlah penyakit zoonotik mendorong berkembangnya pendekatan *One Health*, yaitu konsep yang mengintegrasikan kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan lingkungan dalam satu kerangka kerja yang saling terkait. Pendekatan *One Health* menekankan kolaborasi lintas sektor antara tenaga kesehatan, dokter hewan, ahli lingkungan, epidemiolog, peneliti, dan pembuat kebijakan. Pendekatan ini terbukti efektif dalam pengendalian berbagai penyakit zoonotik seperti rabies, avian influenza, leptospirosis, dan Nipah (Zinsstag et al., 2022). Di Indonesia, pendekatan *One Health* semakin penting mengingat tingginya keanekaragaman hayati, intensitas interaksi manusia-hewan, serta risiko munculnya zoonosis baru.

Selain itu, *surveilans* epidemiologi merupakan komponen utama dalam deteksi dini penyakit *emerging* dan *re-emerging*. Sistem surveilans yang kuat memungkinkan identifikasi kasus secara cepat sehingga tindakan pengendalian dapat dilakukan sebelum terjadi penyebaran luas. WHO saat ini mengembangkan konsep *Collaborative Surveillance* yang mengintegrasikan data klinis, laboratorium, genomik, veteriner, dan lingkungan untuk memperkuat kesiapsiagaan terhadap ancaman kesehatan global (Archer et al., 2023). Selain *surveilans*, kesiapsiagaan epidemiologi juga mencakup penguatan laboratorium, kapasitas respons cepat, pengembangan vaksin, komunikasi risiko, serta kerja sama internasional dalam menghadapi ancaman penyakit baru.

D. Strategi Pengendalian Penyakit Menular

Pengendalian penyakit menular merupakan serangkaian upaya yang dirancang untuk mencegah terjadinya infeksi, mengurangi penularan, menurunkan angka kesakitan dan kematian, serta membatasi dampak sosial ekonomi yang ditimbulkan oleh suatu penyakit. Dalam epidemiologi, strategi pengendalian penyakit menular didasarkan pada pemahaman mengenai rantai penularan penyakit (*chain of infection*), yang meliputi agen penyebab penyakit, reservoir, pintu keluar agen, cara penularan, pintu masuk, dan pejamu rentan (*susceptible host*).

Pengendalian dapat dilakukan dengan memutus salah satu atau beberapa mata rantai tersebut sehingga proses transmisi penyakit dapat dihentikan atau diminimalkan. Menurut WHO (2024), keberhasilan pengendalian penyakit menular tidak hanya bergantung pada intervensi medis, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor sosial, ekonomi, lingkungan, budaya, dan kapasitas sistem kesehatan. Oleh karena itu, strategi pengendalian modern menekankan pendekatan yang komprehensif, multidisiplin, dan berbasis bukti (*evidence-based public health*).

1. *Surveilans* Epidemiologi dan Deteksi Dini

Surveilans epidemiologi merupakan fondasi utama dalam pengendalian penyakit menular karena memungkinkan pengumpulan, analisis, interpretasi, dan penyebaran data kesehatan secara sistematis untuk mendukung pengambilan keputusan. Melalui *surveilans* yang efektif, peningkatan kasus dapat dideteksi lebih awal sehingga tindakan pengendalian dapat segera dilakukan sebelum terjadi penyebaran yang lebih luas. Sistem *surveilans* modern tidak hanya mengandalkan laporan kasus dari fasilitas kesehatan, tetapi juga memanfaatkan data laboratorium, *surveilans* genomik, *surveilans* lingkungan, dan teknologi digital. WHO melalui konsep *Collaborative Surveillance* menekankan pentingnya integrasi berbagai sumber data untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini terhadap wabah, penyakit *emerging*, maupun penyakit *re-emerging* (Archer et al., 2023). Di Indonesia, *surveilans* epidemiologi menjadi dasar dalam pengendalian penyakit prioritas seperti tuberkulosis, HIV/AIDS, malaria, demam berdarah dengue, serta penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi.

2. *One Health*: Kesehatan Manusia, Hewan, dan Ekosistem

Beberapa penyakit menular ditularkan melalui vektor seperti nyamuk, lalat, kutu, dan hewan lainnya sehingga pengendalian vektor menjadi bagian penting dari strategi pencegahan. Upaya ini meliputi pemberantasan sarang nyamuk, penggunaan kelambu berinsektisida, penyemprotan residu insektisida, pengelolaan lingkungan, dan pengendalian reservoir penyakit. Selain itu, pendekatan *One Health* semakin penting karena sebagian besar penyakit infeksi baru berasal dari hewan (*zoonosis*). Pendekatan ini mengintegrasikan kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan lingkungan dalam satu sistem yang

saling berkaitan untuk mengendalikan penyakit seperti rabies, influenza burung, leptospirosis, Nipah, dan antraks (Zinsstag et al., 2022).

Pendekatan *One Health* mengakui bahwa kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan kesehatan ekosistem merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Lebih dari 60% penyakit infeksi pada manusia bersifat zoonotik, dan lebih dari 75% penyakit infeksi baru yang muncul berasal dari hewan. Tanpa mempertimbangkan antarmuka manusia-hewan-ekosistem, upaya pengendalian penyakit menular pada manusia saja tidak akan cukup.

FAO, OIE (kini WOA), dan WHO telah mengembangkan kerangka *One Health* yang komprehensif, termasuk *Global Framework for Progressive Control of Zoonotic Diseases* (GF-TADs) dan *Joint Plan of Action on One Health 2022–2026*. Di Indonesia, Komisi Zoonosis Nasional yang melibatkan Kementerian Kesehatan, Kementerian Pertanian, dan KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) merupakan platform koordinasi *One Health* untuk pencegahan dan pengendalian zoonosis.

Zinsstag et al. (2022) mendokumentasikan bukti komprehensif bahwa pendekatan *One Health* lebih *cost-effective* dalam pengendalian rabies dibanding pendekatan terpisah pada kesehatan manusia dan hewan. Vaksinasi massal anjing komponen veteriner dari pendekatan *One Health* terbukti jauh lebih efektif dalam mencegah rabies pada manusia dibanding hanya mengandalkan PEP (*post-exposure prophylaxis*) pada manusia. WHO menargetkan eliminasi rabies yang ditularkan melalui anjing pada manusia di 150 negara pada 2030 melalui pendekatan *One Health*.

3. Resistensi Antimikroba sebagai Ancaman Sistemik

Resistensi antimikroba (*Antimicrobial Resistance/AMR*) merupakan ancaman besar terhadap keberhasilan pengendalian penyakit menular. AMR terjadi ketika mikroorganisme berkembang menjadi kebal terhadap obat yang sebelumnya efektif untuk mengobatinya. Fenomena ini dipercepat oleh penggunaan antibiotik yang tidak rasional pada manusia, hewan, maupun sektor pertanian. Murray et al. (2022) memperkirakan bahwa resistensi antimikroba secara langsung menyebabkan sekitar 1,27 juta kematian pada tahun 2019 dan berkontribusi terhadap hampir 4,95 juta kematian lainnya di seluruh dunia. Untuk mengatasi masalah ini, WHO dan berbagai negara

mengembangkan program *Antimicrobial Stewardship* yang bertujuan memastikan penggunaan antimikroba secara rasional dan bertanggung jawab. Di Indonesia, Rencana Aksi Nasional Pengendalian Resistensi Antimikroba (RAN-AMR) menekankan penguatan surveilans resistensi, peningkatan kesadaran masyarakat, pengendalian penggunaan antibiotik, serta pengembangan penelitian terkait AMR.

Rencana Aksi Nasional Pengendalian Resistensi Antimikroba (RAN-AMR) Indonesia 2020–2024 mengidentifikasi lima pilar: penguatan kesadaran, *surveilans* AMR, penggunaan antimikroba bijak pada manusia, penggunaan antimikroba bijak pada hewan/tanaman, dan penelitian-pengembangan. Implementasi *Antimicrobial Stewardship Program* (ASP) di rumah sakit yang mengoptimalkan pemilihan, dosis, rute, dan durasi penggunaan antimikroba merupakan komponen kritis yang terbukti mengurangi penggunaan antimikroba hingga 20–30% tanpa menurunkan kualitas klinis.

4. Imunisasi dan Pembentukan *Herd Immunity*

Imunisasi merupakan salah satu intervensi kesehatan masyarakat yang paling efektif dan hemat biaya dalam mencegah penyakit menular. Vaksin bekerja dengan merangsang sistem kekebalan tubuh sehingga mampu mengenali dan melawan agen infeksi sebelum menyebabkan penyakit yang berat. WHO memperkirakan bahwa program imunisasi mampu mencegah sekitar 4–5 juta kematian setiap tahun di seluruh dunia. Keberhasilan eradikasi cacar (*smallpox*) dan hampir tercapainya eradikasi polio menunjukkan besarnya kontribusi imunisasi dalam kesehatan masyarakat global. Selain memberikan perlindungan individu, vaksinasi juga menciptakan imunitas kelompok (*herd immunity*), yaitu kondisi ketika sebagian besar populasi memiliki kekebalan sehingga transmisi penyakit menjadi sulit terjadi. Oleh karena itu, cakupan imunisasi yang tinggi dan merata menjadi syarat penting dalam mencegah terjadinya wabah penyakit seperti campak, difteri, pertusis, dan polio (Fine et al., 2021).

5. Diagnosis Cepat, Pengobatan Efektif, dan Pengendalian Infeksi

Deteksi dini kasus melalui diagnosis yang cepat dan akurat merupakan langkah penting dalam memutus rantai penularan penyakit menular. Semakin cepat suatu penyakit teridentifikasi dan diobati, semakin kecil kemungkinan penyakit tersebut menyebar ke individu lain.

Kemajuan teknologi diagnostik seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR), Tes Cepat Molekuler (TCM), *Rapid Diagnostic Test* (RDT), dan *Next Generation Sequencing* (NGS) telah meningkatkan kemampuan sistem kesehatan dalam mendeteksi penyakit secara lebih dini. Selain diagnosis dan pengobatan, pengendalian infeksi melalui isolasi pasien, karantina kontak erat, penggunaan alat pelindung diri, penerapan kebersihan tangan, sterilisasi alat kesehatan, dan penguatan program Pencegahan dan Pengendalian Infeksi (PPI) di fasilitas kesehatan menjadi strategi penting untuk mengurangi risiko penularan penyakit baik di masyarakat maupun di rumah sakit.

BAB VIII

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR UTAMA

A. Penyakit Kardiovaskular

Penyakit kardiovaskular adalah istilah kolektif untuk kelompok penyakit yang memengaruhi jantung dan pembuluh darah. Kelompok ini mencakup penyakit jantung koroner (penyakit jantung iskemik), stroke (serebrovaskular), gagal jantung, penyakit jantung hipertensif, penyakit arteri perifer, kardiomiopati, aritmia, dan penyakit jantung kongenital. Penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian nomor satu secara global sejak beberapa dekade dan masih mempertahankan posisi tersebut meskipun terdapat kemajuan besar dalam pengobatan.

Roth *et al.* (2020) melaporkan bahwa penyakit kardiovaskular menyebabkan 18,6 juta kematian pada 2019, 32% dari seluruh kematian global. Stroke dan penyakit jantung iskemik bersama-sama bertanggung jawab atas 85% kematian penyakit kardiovaskular. Meskipun kematian penyakit kardiovaskular per kapita (*age-standardized*) telah menurun di negara berpenghasilan tinggi berkat kemajuan pengobatan, jumlah absolut kematian penyakit kardiovaskular global terus meningkat akibat pertumbuhan populasi dan penuaan demografis, khususnya di negara berpenghasilan rendah-menengah.

1. Epidemiologi Penyakit Kardiovaskular di Indonesia

Di Indonesia, penyakit kardiovaskular merupakan penyebab kematian terbesar. *Sample Registration System* (SRS) Indonesia 2018 melaporkan bahwa stroke bertanggung jawab atas 18,5% dari seluruh kematian, penyakit jantung koroner 12,9%, dan gagal jantung/kardiomiopati sekitar 5% bersama-sama mencapai lebih dari 35% total kematian nasional. GBD 2019 memperkirakan 651.481 kematian akibat penyakit kardiovaskular di Indonesia pada 2019, dengan

penyakit jantung iskemik (330.000) dan stroke (282.000) sebagai penyumbang terbesar.

Tren yang mengkhawatirkan adalah semakin mudanya usia onset penyakit kardiovaskular di Indonesia. Data berbasis fasilitas dari berbagai rumah sakit menunjukkan peningkatan proporsi pasien *infark miokard akut* (IMA) berusia <45 tahun selama satu dekade terakhir. Faktor yang berkontribusi mencakup meningkatnya prevalensi faktor risiko penyakit kardiovaskular pada usia lebih muda: obesitas pada remaja, prevalensi merokok yang tinggi pada pria muda, dan prevalensi hipertensi serta diabetes yang meningkat di semua kelompok usia. Onset penyakit kardiovaskular pada usia produktif memiliki dampak ekonomi dan sosial yang sangat besar bagi individu, keluarga, dan sistem kesehatan.

Beban penyakit kardiovaskular pada program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) sangat signifikan. BPJS Kesehatan secara konsisten melaporkan bahwa penyakit jantung merupakan klaim terbesar secara nilai melebihi Rp 10 triliun per tahun lebih besar dari kanker, gagal ginjal, dan stroke sekalipun. Realitas ini memiliki implikasi langsung bagi keberlanjutan fiskal JKN dan menegaskan urgensi investasi dalam pencegahan penyakit kardiovaskular sebagai strategi kesehatan dan ekonomi yang paling *cost-effective*.

2. Faktor Risiko Kardiovaskular: Dari Tradisional ke Kontemporer

Pemahaman tentang faktor risiko penyakit kardiovaskular secara fundamental dibentuk oleh *Framingham Heart Study* yang dimulai pada 1948. Studi kohort prospektif monumental ini mengidentifikasi faktor risiko penyakit kardiovaskular tradisional yang kini dikenal luas: hipertensi, dislipidemia (LDL tinggi, HDL rendah, trigliserida tinggi), merokok, diabetes melitus, usia, jenis kelamin (pria atau wanita pasca-menopause), dan riwayat keluarga. D'Agostino *et al.* (2022) merayakan 75 tahun *Framingham Heart Study* dengan dokumentasi bagaimana studi ini terus menghasilkan temuan baru yang mengubah praktik klinik kardiovaskular.

Hipertensi merupakan faktor risiko penyakit kardiovaskular paling signifikan secara populasi. NCD-RisC (2021) melaporkan bahwa proporsi orang dewasa dengan hipertensi di seluruh dunia relatif tidak berubah antara 1990 dan 2019 (sekitar 30–35%), namun jumlah absolut

meningkat dari 331 juta menjadi 1,28 miliar mencerminkan pertumbuhan dan penuaan populasi global. Di Indonesia, Riskesdas 2018 melaporkan prevalensi hipertensi 34,1% pada dewasa ≥ 18 tahun, namun hanya sekitar 36% yang terdiagnosis, 29% mendapat pengobatan, dan 10% mencapai tekanan darah terkontrol gambaran '*hypertension cascade*' yang sangat mengkhawatirkan.

Faktor risiko penyakit kardiovaskular non-tradisional mendapat semakin banyak perhatian dalam dekade terakhir. Polusi udara khususnya PM2.5 kini diakui sebagai faktor risiko kardiovaskular yang sangat signifikan secara populasi: GBD 2019 menempatkannya sebagai faktor risiko penyakit kardiovaskular terbesar ketiga secara global setelah tekanan darah sistolik tinggi dan LDL tinggi. Di Indonesia, polusi PM2.5 dari emisi kendaraan, industri, dan kebakaran hutan/gambut berkontribusi signifikan terhadap beban penyakit kardiovaskular, terutama di kota-kota besar dan daerah yang terpapar asap kebakaran musiman.

Faktor psikososial depresi, stres kronis, kelelahan kerja (burnout), isolasi sosial semakin diakui sebagai faktor risiko penyakit kardiovaskular yang independen. Osler *et al.* (2020) mendokumentasikan bahwa depresi meningkatkan risiko penyakit jantung koroner sebesar 60% secara independen dari faktor risiko tradisional. Mekanisme biologis meliputi aktivasi sistem saraf simpatis, peningkatan inflamasi (*C-reactive protein*, IL-6), disfungsi *platelet*, dan efek perilaku (perokok aktif, tidak patuh pengobatan, diet buruk). Faktor reproduksi pada perempuan riwayat *preeklampsia*, diabetes gestasional, menopause dini juga terkait dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular jangka panjang yang signifikan.

3. Model Penilaian Risiko Kardiovaskular

Estimasi risiko kardiovaskular individual merupakan langkah penting dalam keputusan terapi preventif. Model penilaian risiko mengkombinasikan faktor risiko utama untuk memperkirakan probabilitas kejadian penyakit kardiovaskular dalam 10 tahun ke depan, memungkinkan stratifikasi pasien menjadi risiko rendah, menengah, dan tinggi sehingga intervensi dapat disesuaikan.

Framingham Risk Score dikembangkan untuk populasi Amerika Utara dan memprediksi risiko PJK 10 tahun berdasarkan usia, jenis kelamin, kolesterol total, HDL, tekanan darah sistolik, status pengobatan

antihipertensi, diabetes, dan merokok. SCORE2 dan SCORE2-OP dikembangkan dari data observasional populasi Eropa oleh ESC dan divalidasi untuk berbagai setting Eropa. *Pooled Cohort Equations* (PCE) dikembangkan oleh ACC/AHA menggunakan pooling data dari empat kohort AS dan direkomendasikan dalam panduan kardiologi Amerika.

Penting untuk diakui bahwa model risiko yang dikembangkan dari populasi Barat mungkin tidak akurat ketika diterapkan pada populasi Indonesia, mengingat perbedaan dalam distribusi faktor risiko, genetik, dan komposisi makanan. Penelitian validasi model risiko kardiovaskular pada populasi Indonesia menggunakan data kohort prospektif berbasis populasi Indonesia masih sangat terbatas dan menjadi prioritas penelitian epidemiologi kardiovaskular nasional yang mendesak.

4. Pencegahan Kardiovaskular: Strategi Multi-Level

Pencegahan penyakit kardiovaskular dapat dikategorikan dalam empat tingkatan. Pencegahan primordial bertujuan mencegah terbentuknya faktor risiko penyakit kardiovaskular dalam populasi melalui kebijakan dan intervensi sosial: regulasi kandungan garam dan lemak trans dalam makanan olahan, pajak rokok dan minuman berpemanis, desain kota yang mendukung aktivitas fisik (*walkable cities*, *bike lanes*), dan regulasi iklan makanan tidak sehat kepada anak-anak. Pencegahan primer bertujuan mencegah kejadian penyakit kardiovaskular pertama pada individu yang belum memiliki penyakit kardiovaskular tetapi memiliki faktor risiko: modifikasi gaya hidup (diet, aktivitas fisik, berhenti merokok) dan farmakoterapi (antihipertensi, statin) pada individu dengan risiko tinggi.

Pencegahan sekunder bertujuan mencegah kejadian penyakit kardiovaskular berulang pada individu yang sudah memiliki penyakit kardiovaskular (serangan jantung atau stroke sebelumnya): aspirin dosis rendah, statin intensitas tinggi, inhibitor ACE atau ARB, *beta-blocker* *pasca-infarct*, dan rehabilitasi kardiovaskular komprehensif. Pencegahan tersier bertujuan meminimalkan kecacatan dan memaksimalkan kualitas hidup pada individu dengan penyakit kardiovaskular yang sudah berat: manajemen gagal jantung, rehabilitasi pasca-stroke, dan manajemen aritmia.

B. Diabetes Melitus

Diabetes melitus merupakan kelompok penyakit metabolik kronis yang ditandai oleh peningkatan kadar glukosa darah (*hiperglikemia*) akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, atau kombinasi keduanya. Insulin adalah hormon yang diproduksi oleh sel beta pankreas dan berfungsi mengatur penggunaan glukosa sebagai sumber energi bagi tubuh. Ketika produksi insulin tidak mencukupi atau tubuh tidak dapat menggunakan insulin secara efektif, kadar glukosa dalam darah meningkat dan dapat menimbulkan berbagai komplikasi jangka panjang pada berbagai organ tubuh. Diabetes melitus termasuk salah satu penyakit tidak menular yang pertumbuhannya paling cepat di dunia. Hal tersebut dipengaruhi oleh perubahan pola hidup, urbanisasi, obesitas, kurang aktivitas fisik, serta penuaan populasi.

1. Klasifikasi Diabetes Melitus

a. Diabetes Melitus Tipe 1

Diabetes melitus tipe 1 merupakan penyakit autoimun yang terjadi ketika sistem kekebalan tubuh menyerang dan merusak sel beta pankreas yang memproduksi insulin. Akibatnya, tubuh mengalami kekurangan insulin secara absolut sehingga penderita memerlukan terapi insulin seumur hidup. Penyakit ini umumnya muncul pada anak-anak, remaja, atau dewasa muda, meskipun dapat terjadi pada semua kelompok usia. Faktor genetik dan lingkungan berperan dalam proses terjadinya penyakit ini.

b. Diabetes Melitus Tipe 2

Diabetes melitus tipe 2 merupakan bentuk diabetes yang paling banyak ditemukan, mencakup sekitar 90–95% dari seluruh kasus diabetes. Penyakit ini terjadi akibat resistensi insulin, yaitu kondisi ketika sel-sel tubuh tidak merespons insulin secara optimal, disertai penurunan kemampuan pankreas menghasilkan insulin. Faktor risiko utama diabetes tipe 2 meliputi obesitas, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, usia lanjut, riwayat keluarga, hipertensi, dan dislipidemia.

c. Diabetes Melitus Gestasional

Diabetes melitus gestasional adalah gangguan toleransi glukosa yang pertama kali ditemukan selama kehamilan. Kondisi ini meningkatkan risiko komplikasi kehamilan dan persalinan serta meningkatkan kemungkinan ibu dan anak mengalami diabetes tipe 2 pada masa mendatang.

d. Diabetes Tipe Lain

Selain ketiga jenis utama tersebut, terdapat bentuk diabetes lain yang disebabkan oleh kelainan genetik, penyakit pankreas, gangguan hormonal, infeksi tertentu, atau penggunaan obat-obatan seperti kortikosteroid.

2. Faktor Risiko Diabetes Melitus

Faktor risiko diabetes melitus dapat dibedakan menjadi faktor yang tidak dapat dimodifikasi dan faktor yang dapat dimodifikasi. Faktor yang tidak dapat dimodifikasi meliputi usia, riwayat keluarga, etnis, dan faktor genetik. Sementara itu, faktor yang dapat dimodifikasi mencakup obesitas, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, merokok, konsumsi alkohol berlebihan, hipertensi, dan gangguan metabolisme lemak. Obesitas, khususnya obesitas sentral yang ditandai dengan penumpukan lemak di daerah perut, merupakan faktor risiko terpenting untuk diabetes tipe 2. Jaringan lemak berlebih dapat mengganggu sensitivitas insulin sehingga meningkatkan risiko terjadinya resistensi insulin dan hiperglikemia.

3. Diagnosis dan Kriteria Diagnostik

Diagnosis diabetes berdasarkan *American Diabetes Association* (ADA, 2023) dan WHO dapat ditegakkan menggunakan salah satu dari empat kriteria:

- a. Gula darah puasa (GDP) ≥ 126 mg/dL (7,0 mmol/L) setelah puasa minimal 8 jam
- b. Gula darah 2 jam setelah beban glukosa 75g (TTGO) ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L)
- c. HbA1c $\geq 6,5\%$ (48 mmol/mol) menggunakan metode yang terstandarisasi
- d. Gula darah sewaktu ≥ 200 mg/dL (11,1 mmol/L) dengan gejala hiperglikemia (poliuria, polidipsia, penurunan berat badan tanpa

sebab). Pada pasien tanpa gejala, diagnosis harus dikonfirmasi dengan tes kedua.

Prediabetes ditandai oleh GDP 100–125 mg/dL (*Impaired Fasting Glucose*/IFG), glukosa 2 jam TTGO 140–199 mg/dL (*Impaired Glucose Tolerance*/IGT), atau HbA1c 5,7–6,4% (39–47 mmol/mol). Prediabetes bukan hanya kondisi 'pra-penyakit' pada banyak individu, komplikasi mikrovaskular sudah mulai terjadi bahkan pada tahap prediabetes. Lebih penting, identifikasi prediabetes memberikan *window of opportunity* untuk intervensi pencegahan yang terbukti sangat efektif dalam mencegah atau menunda progresi ke DM tipe 2.

4. Komplikasi Diabetes dan Penanganannya

Komplikasi diabetes dibagi menjadi komplikasi mikrovaskular (akibat kerusakan pembuluh darah kecil) dan makrovaskular (akibat aterosklerosis dipercepat). Retinopati diabetik merupakan komplikasi mata akibat kerusakan kapiler retina dan merupakan penyebab utama kebutaan yang dapat dicegah pada usia kerja di banyak negara. Skrining retinopati diabetik melalui funduskopi/foto fundus secara berkala adalah standar perawatan yang sering terlewatkan. Nefropati diabetik kerusakan kapiler glomerulus adalah penyebab utama *End-Stage Renal Disease* (ESRD) yang memerlukan hemodialisis atau transplantasi ginjal. Mikroalbuminuria (30–300 mg albumin/gram kreatinin urin) merupakan penanda awal nefropati yang reversibel dengan pengendalian diabetes melitus yang ketat dan penggunaan ACE inhibitor/ARB.

Neuropati diabetik memengaruhi sistem saraf perifer (neuropati sensorimotorik, otonom) pada mayoritas penderita diabetes melitus dengan durasi panjang. Neuropati perifer menyebabkan hilangnya sensasi protektif kaki, meningkatkan risiko luka (ulkus kaki diabetik) yang tidak disadari, yang dapat berkembang menjadi infeksi berat dan berujung pada amputasi. Amputasi ekstremitas bawah akibat ulkus kaki diabetik merupakan komplikasi yang sangat memengaruhi kualitas hidup dan yang sebagian besar dapat dicegah melalui perawatan kaki yang tepat dan pengendalian diabetes melitus yang baik.

Komplikasi makrovaskular diabetes penyakit kardiovaskular, stroke, dan penyakit arteri perifer bertanggung jawab atas kematian pada sekitar 50% penderita diabetes melitus tipe 2. Penderita diabetes melitus memiliki risiko penyakit kardiovaskular 2–4 kali lebih tinggi dibandingkan individu tanpa diabetes melitus, bahkan setelah

pengendalian faktor risiko lain. Pengendalian multifaktor yang ketat hiperglikemia (target HbA1c <7%), hipertensi (target TD <130/80 mmHg), dan dislipidemia (statin intensitas tinggi) secara dramatis mengurangi risiko komplikasi makrovaskular, seperti yang ditunjukkan oleh studi UKPDS, ACCORD, dan ADVANCE.

5. Pencegahan dan Manajemen Diabetes Melitus Berbasis Komunitas

Bukti paling kuat untuk pencegahan diabetes melitus tipe 2 berasal dari *Diabetes Prevention Program* (DPP) di AS, *da Qing Diabetes Prevention Study* di China, dan *Finnish Diabetes Prevention Study* di Finlandia. Ketiga studi secara konsisten menunjukkan bahwa intervensi gaya hidup intensif (modifikasi diet dan peningkatan aktivitas fisik untuk menurunkan berat badan 5–7%) mengurangi insidensi diabetes melitus tipe 2 sebesar 58% pada individu dengan IGT. Program DPP Indonesia (INDODPP) yang sedang dikembangkan mengadaptasi DPP untuk konteks Indonesia dengan mempertimbangkan pola diet lokal, preferensi aktivitas fisik, dan faktor budaya.

Pengendalian diabetes dilakukan melalui pendekatan komprehensif yang mencakup edukasi pasien, pengaturan pola makan, aktivitas fisik teratur, pemantauan kadar glukosa darah, serta terapi farmakologis. Obat yang umum digunakan meliputi metformin, sulfonilurea, inhibitor SGLT2, agonis GLP-1, dan insulin. Pemilihan terapi disesuaikan dengan kondisi klinis, tingkat kontrol glikemik, serta adanya komplikasi atau penyakit penyerta. Selain pengobatan, pemeriksaan rutin terhadap tekanan darah, profil lipid, fungsi ginjal, kesehatan mata, dan kondisi kaki diabetik sangat penting untuk mencegah komplikasi jangka panjang. Pendekatan berbasis pelayanan kesehatan primer dan manajemen penyakit kronis menjadi strategi utama dalam menekan beban diabetes di masyarakat.

Manajemen diabetes melitus berbasis komunitas yang memindahkan sebagian besar perawatan rutin diabetes melitus dari rumah sakit ke puskesmas dan komunitas merupakan strategi esensial untuk meningkatkan cakupan dan aksesibilitas perawatan diabetes melitus di Indonesia. Program PROLANIS (Program Pengelolaan Penyakit Kronis) BPJS Kesehatan mendorong perawatan diabetes melitus dan hipertensi di fasilitas kesehatan tingkat pertama (FKTP) dengan monitoring bulanan. Namun, kualitas implementasi PROLANIS

masih sangat bervariasi, dan pencapaian target pengendalian klinis (HbA1c, tekanan darah, kolesterol) pada peserta PROLANIS masih jauh dari optimal di banyak daerah.

C. Kanker

Kanker merupakan kelompok penyakit yang ditandai oleh pertumbuhan dan pembelahan sel yang tidak terkendali akibat perubahan genetik pada sel tubuh. Sel kanker memiliki kemampuan untuk terus berkembang, menghindari mekanisme kematian sel normal (*apoptosis*), menyerang jaringan di sekitarnya, serta menyebar ke organ lain melalui proses metastasis. Berbeda dengan sel normal yang pertumbuhannya diatur secara ketat oleh tubuh, sel kanker berkembang secara abnormal sehingga mengganggu fungsi organ dan dapat menyebabkan kematian apabila tidak ditangani secara tepat.

Kanker saat ini menjadi salah satu penyebab utama kesakitan dan kematian di seluruh dunia. Menurut World Health Organization, kanker menyebabkan hampir 10 juta kematian pada tahun 2022 atau sekitar satu dari enam kematian secara global. Peningkatan angka kejadian kanker dipengaruhi oleh pertumbuhan populasi, penuaan penduduk, perubahan gaya hidup, urbanisasi, serta meningkatnya paparan berbagai faktor risiko lingkungan dan perilaku.

1. Beban Kanker Global dan di Indonesia

GLOBOCAN 2022 yang dipublikasikan oleh *International Agency for Research on Cancer* (IARC) melaporkan 20 juta kasus kanker baru dan 9,7 juta kematian akibat kanker di seluruh dunia pada 2022 kenaikan yang signifikan dari estimasi 2020. Lima jenis kanker dengan insidensi tertinggi secara global adalah kanker paru (12,4%), kanker kolorektal (9,6%), kanker payudara (11,6%), kanker prostat (7,3%), dan kanker lambung (5,0%). Kanker paru tetap menjadi penyebab kematian kanker terbanyak (18,7% dari seluruh kematian kanker), diikuti kanker kolorektal (9,3%), kanker hati (7,8%), kanker payudara (6,9%), dan kanker lambung (6,8%).

Untuk Indonesia, estimasi GLOBOCAN 2022 menunjukkan sekitar 408.661 kasus kanker baru dan 242.988 kematian meningkat dari estimasi 2020. Pola kanker di Indonesia menunjukkan dualisme gender yang jelas. Pada perempuan, kanker payudara mendominasi (16,6% dari

seluruh kasus kanker) diikuti kanker serviks uteri (9,2%), kanker kolorektal (8,2%), kanker ovarium (5,9%), dan kanker tiroid (5,3%). Pada laki-laki, kanker paru (13,1%), kanker kolorektal (10,5%), kanker hati (8,0%), kanker nasofaring (7,0%), dan kanker prostat (5,1%) mendominasi.

2. Penyebab dan Faktor Risiko Kanker

Dari perspektif epidemiologi, faktor-faktor yang berkontribusi pada risiko kanker dapat dikategorikan menjadi: (1) faktor gaya hidup yang dapat dimodifikasi menyumbang sekitar 40–50% dari seluruh kanker; (2) faktor infeksi menyumbang sekitar 15–20%; (3) faktor lingkungan dan pekerjaan sekitar 2–8%; dan (4) faktor herediter sekitar 5–10%. Interaksi antara predisposisi genetik dan faktor lingkungan/gaya hidup sangat kompleks dan menentukan risiko individual.

Merokok adalah faktor risiko kanker yang paling signifikan secara keseluruhan, bertanggung jawab atas sekitar 1/3 dari seluruh kematian kanker di negara maju. Selain kanker paru yang paling ikonik (80% kasus dikaitkan dengan merokok), merokok juga merupakan faktor risiko untuk kanker kepala-leher, esofagus, lambung, kandung kemih, ginjal, pankreas, serviks, dan leukemia mieloid akut. Di Indonesia, dengan prevalensi merokok pria dewasa tertinggi di dunia (>60%), beban kanker terkait merokok sangat besar dan berpotensi terus meningkat dalam beberapa dekade mendatang.

Agen infeksius bertanggung jawab atas sekitar 15% kanker secara global. *Human Papillomavirus* (HPV) terutama genotipe onkogenik HPV16 dan HPV18 bertanggung jawab atas hampir seluruh kasus kanker serviks, serta sejumlah besar kanker vagina, vulva, penis, anus, dan orofaring. *Helicobacter pylori* merupakan karsinogen klasifikasi I untuk kanker lambung dan MALT lymphoma, dan eradikasi *H. pylori* terbukti mencegah kanker lambung. Hepatitis B (HBV) dan C (HCV) kronik merupakan penyebab utama karsinoma hepatoseluler (KHS) kanker hati. Epstein-Barr Virus (EBV) terkait dengan karsinoma nasofaring kanker yang prevalensinya sangat tinggi di Indonesia (khususnya etnis tertentu) dibandingkan kebanyakan negara.

3. Jenis-Jenis Kanker yang Umum

a. Kanker Payudara

Kanker payudara merupakan kanker yang paling sering terjadi pada perempuan di seluruh dunia. Penyakit ini berasal

dari sel-sel jaringan payudara yang mengalami pertumbuhan abnormal. Faktor risiko meliputi usia, riwayat keluarga, obesitas, terapi hormon jangka panjang, dan faktor reproduksi. Deteksi dini melalui pemeriksaan payudara sendiri (SADARI), pemeriksaan klinis, dan mamografi dapat meningkatkan keberhasilan pengobatan secara signifikan.

Kanker payudara merupakan kanker dengan insidensi tertinggi pada perempuan Indonesia. Lebih dari 70% kasus terdiagnosis pada stadium lanjut (stadium III–IV) sebuah gambaran yang mencerminkan kurangnya kesadaran, keterlambatan pencarian pengobatan, dan keterbatasan fasilitas skrining. *Mammografi gold standard* untuk skrining kanker payudara pada perempuan 50–74 tahun sangat terbatas ketersediaannya di luar kota besar.

b. Kanker Serviks

Kanker serviks merupakan kanker yang berkembang pada leher rahim dan hampir seluruh kasusnya berkaitan dengan infeksi persisten HPV risiko tinggi, terutama tipe 16 dan 18. Kanker ini termasuk salah satu jenis kanker yang paling dapat dicegah melalui vaksinasi HPV dan skrining rutin menggunakan Pap smear atau tes HPV DNA.

Kanker serviks uteri merupakan kanker yang paling dapat dicegah secara komprehensif melalui kombinasi vaksinasi HPV dan skrining. WHO (2020) menetapkan target 90-70-90 untuk eliminasi kanker serviks: 90% anak perempuan divaksinasi HPV sebelum usia 15 tahun, 70% perempuan 35–45 tahun mendapat skrining berkualitas tinggi, dan 90% perempuan dengan lesi prakanker atau kanker mendapat penanganan. Di Indonesia, inisiasi vaksinasi HPV melalui program BIAS sejak 2016 merupakan langkah maju, namun cakupan skrining serviks masih sangat rendah (<10% dari target populasi). Pendekatan '*screen-and-treat*' menggunakan IVA (Inspeksi Visual dengan Asam Asetat) yang sederhana dan murah atau HPV DNA testing di fasilitas primer merupakan strategi yang realistis untuk meningkatkan cakupan skrining di negara berkembang.

c. Kanker Paru

Kanker paru merupakan penyebab kematian akibat kanker tertinggi di dunia. Sebagian besar kasus berkaitan dengan

kebiasaan merokok aktif maupun paparan asap rokok pasif. Risiko juga meningkat akibat polusi udara dan paparan zat karsinogenik tertentu di lingkungan kerja.

d. Kanker Kolorektal

Kanker kolorektal menyerang usus besar dan rektum. Faktor risiko utama meliputi pola makan tinggi lemak dan rendah serat, obesitas, kurang aktivitas fisik, merokok, serta riwayat keluarga. Skrining kolonoskopi terbukti efektif dalam mendeteksi lesi prakanker sebelum berkembang menjadi kanker. Kanker kolorektal menunjukkan tren peningkatan yang mengkhawatirkan di Indonesia seiring perubahan pola makan menuju diet tinggi daging merah, lemak, dan gula serta rendah serat. Kolonoskopi merupakan tes skrining terbaik untuk kanker kolorektal karena sekaligus dapat mendeteksi dan mengangkat polip (lesi pra-kanker), namun ketersediaan dan aksesibilitasnya sangat terbatas. Tes darah samar feses (*fecal occult blood test*/FOBT atau *fecal immunochemical test*/FIT) merupakan alternatif skrining berbasis populasi yang lebih praktis dan terjangkau.

e. Kanker Hati

Kanker hati sering berkaitan dengan infeksi kronis HBV dan HCV, sirosis hati, konsumsi alkohol berlebihan, serta penyakit hati berlemak nonalkohol (*Non-Alcoholic Fatty Liver Disease*/NAFLD). Di banyak negara Asia, termasuk Indonesia, infeksi hepatitis masih menjadi faktor risiko utama kanker hati.

f. Kanker Nasofaring

Kanker nasofaring memiliki distribusi geografis yang unik: insidensinya sangat tinggi di Asia Selatan dan Tenggara (termasuk Indonesia), khususnya pada kelompok etnis tertentu seperti orang Tionghoa dan Melayu. Faktor risiko mencakup infeksi EBV, konsumsi ikan asin yang mengandung nitrosamin, dan predisposisi genetik (HLA haplotype tertentu). Karena nasofaring tidak mudah diakses dan gejala awal (hidung tersumbat, gangguan pendengaran) tidak spesifik, kanker nasofaring sering terdiagnosis pada stadium lanjut. Indonesia merupakan salah satu negara dengan beban kanker nasofaring tertinggi di dunia.

Tabel 8.1 Faktor Risiko, Pencegahan, dan Skrining Jenis Kanker Utama di Indonesia

Jenis Kanker	Faktor Risiko Utama	Strategi Pencegahan	Modalitas Skrining
Paru	Merokok (80%), asbes, radon, polusi PM2.5	Penghentian merokok; kontrol polusi udara	LDCT tahunan pada perokok berat ≥ 50 tahun (negara maju)
Payudara	Genetik (BRCA1/2), hormonal, obesitas, alkohol	Aktivitas fisik; hindari alkohol; kontrol berat badan	Mammografi 2 tahunan (50–74 tahun); CBE; SADARI
Serviks	HPV onkogenik (>99%), merokok, HIV	Vaksin HPV; tidak merokok; praktik seks aman	Pap smear 3 tahunan; HPV test 5 tahunan; IVA
Kolorektal	Diet tinggi daging merah/lemak; rendah serat; obesitas	Diet sehat; aktivitas fisik; kontrol berat badan	FIT tahunan; kolonoskopi 10 tahunan (ab 50 tahun)
Hati	HBV kronis, HCV, alkohol, NAFLD, aflatoksin	Vaksin Hep B; hindari alkohol; terapi antiviral HCV	AFP + USG abdomen 6 bulanan (sirosis/HBV kronis)
Lambung	H. pylori, diet tinggi garam/asap, merokok	Eradikasi H. pylori; diet sehat	Endoskopi (populasi berisiko tinggi, Asia Timur)
Nasofaring	EBV, ikan asin, predisposisi genetik HLA	Kurangi konsumsi ikan asin	EBV DNA test; nasofaring endoskopi (berisiko tinggi)
Leukemia AML	Merokok, benzena,	Hindari benzena; tidak merokok	Tidak ada skrining populasi rutin

	kemoterapi sebelumnya		
--	--------------------------	--	--

D. Penyakit Paru Kronis

Penyakit pernapasan kronis merupakan kelompok penyakit tidak menular yang sering kurang mendapat perhatian dibandingkan penyakit kardiovaskular, diabetes, dan kanker, meskipun beban morbiditas dan mortalitasnya sangat signifikan. Penyakit paru obstruktif kronik dan asma merupakan dua kondisi paling penting dalam kelompok ini, dengan mekanisme patofisiologis yang berbeda namun berbagi beberapa faktor risiko dan berdampak dalam banyak pasien.

1. Penyakit Paru Obstruktif Kronik: Definisi, Epidemiologi, dan Faktor Risiko

Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) didefinisikan oleh *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD, 2023) sebagai kondisi heterogen yang ditandai oleh gejala pernapasan kronis (dyspnea, batuk, produksi sputum, eksaserbasi) akibat abnormalitas saluran napas (bronkitis, bronkiolitis) dan/atau alveoli (emfisema) yang menyebabkan obstruksi aliran udara yang persisten, seringkali progresif. Diagnosis PPOK memerlukan spirometri pasca-bronkodilator: nilai FEV1/FVC <0,70 (atau menggunakan lower limit of normal/LLN).

GBD 2019 memperkirakan bahwa 212 juta orang di seluruh dunia menderita PPOK pada 2019, dengan 3,23 juta kematian menjadikannya penyebab kematian ketiga terbesar secara global. Prevalensi PPOK diperkirakan 10–15% pada populasi dewasa ≥ 40 tahun di seluruh dunia. Di Indonesia, data prevalensi PPOK yang akurat sangat terbatas karena memerlukan spirometri untuk diagnosis definitif dan spirometri tidak tersedia luas di level layanan primer. Studi berbasis spirometri di beberapa kota Indonesia memperkirakan prevalensi PPOK sekitar 5,5–7,8% pada dewasa ≥ 40 tahun, jauh lebih tinggi dari yang terdiagnosis secara klinis.

Merokok merupakan faktor risiko utama PPOK di negara berpenghasilan tinggi, bertanggung jawab atas 70–80% kasus. Namun, di negara berkembang termasuk Indonesia, paparan biomass fuel untuk

memasak dan pemanas merupakan faktor risiko yang sangat signifikan terutama pada perempuan di pedesaan yang menghabiskan banyak waktu di dapur dengan ventilasi buruk. Paparan debu dan bahan kimia di tempat kerja (industri tekstil, pertambangan, pertanian) juga berkontribusi signifikan. Faktor lain yang semakin diakui mencakup: infeksi pernapasan berulang pada masa kanak-kanak, terhambatnya pertumbuhan paru (akibat malnutrisi intrauterin, prematuritas, atau infeksi pernapasan dini), dan predisposisi genetik (defisiensi alfa-1 antitripsin, walaupun langka).

Eksaserbasi PPOK episode peningkatan akut gejala pernapasan yang memerlukan perubahan terapi merupakan momen kritis dalam perjalanan penyakit yang dikaitkan dengan percepatan penurunan fungsi paru, peningkatan mortalitas, dan beban ekonomi yang besar (rawat inap). Eksaserbasi paling sering dipicu oleh infeksi saluran napas (virus pernapasan seperti rhinovirus, coronavirus, influenza; bakteri seperti *Haemophilus influenzae*, *Streptococcus pneumoniae*) dan polusi udara.

2. Manajemen Penyakit Paru Obstruktif Kronik Berbasis Bukti

Penghentian merokok merupakan intervensi tunggal paling efektif untuk memperlambat progresi PPOK satu-satunya yang terbukti mengubah perjalanan alami penyakit secara fundamental. Pada stadium berapapun, penghentian merokok memperlambat penurunan FEV1 dan mengurangi risiko eksaserbasi dan kematian. Farmakoterapi PPOK stabil mencakup bronkodilator kerja pendek (SABA, SAMA) untuk gejala, bronkodilator kerja panjang (LABA, LAMA) sebagai maintenance utama, dan inhalasi kortikosteroid (ICS) pada kasus tertentu dengan eksaserbasi sering atau eosinofilia darah tinggi.

Rehabilitasi pulmoner program terstruktur yang mencakup latihan fisik, edukasi, dan dukungan psikososial adalah intervensi non-farmakologis yang paling *cost-effective* untuk meningkatkan toleransi latihan dan kualitas hidup pada pasien PPOK sedang-berat. Sayangnya, rehabilitasi pulmoner sangat terbatas ketersediaannya di Indonesia, bahkan di rumah sakit tersier. Oksigenasi jangka panjang (LTOT) pada pasien dengan hipoksemia berat ($SpO_2 < 88\%$) terbukti meningkatkan harapan hidup pada PPOK berat. Vaksinasi influenza tahunan dan vaksinasi pneumokokus direkomendasikan untuk semua pasien PPOK untuk mengurangi risiko eksaserbasi infeksius.

3. Asma: Epidemiologi, Patogenesis, dan Manajemen

Asma adalah penyakit inflamasi saluran napas kronis yang ditandai oleh hiperresponsivitas bronkus terhadap berbagai stimulus (alergen, udara dingin, olahraga, asap, infeksi) dan gejala yang bervariasi dan reversibel (mengi, sesak napas, batuk, dada terasa berat). Berbeda dari PPOK yang obstruksinya persisten, obstruksi pada asma bersifat reversibel (spontan atau dengan bronkodilator). GBD 2019 memperkirakan 262 juta orang menderita asma di seluruh dunia dengan 461.000 kematian pada 2019. Di Indonesia, Riskesdas 2018 melaporkan prevalensi asma berdasarkan diagnosis dokter sebesar 2,4% (dari 1,5% pada 2013) pada penduduk semua usia kemungkinan underestimasi dari prevalensi aktual yang diperkirakan lebih tinggi. Asma paling sering onset pada masa kanak-kanak dan merupakan penyakit kronis tersering pada anak-anak.

Manajemen asma berdasarkan GINA (*Global Initiative for Asthma*, 2023) berfokus pada dua tujuan: mencapai kontrol asma yang baik (tidak ada gejala harian, tidak ada batasan aktivitas, tidak ada penggunaan reliever berlebihan, tidak ada eksaserbasi) dan meminimalkan risiko di masa depan (mencegah eksaserbasi, penurunan fungsi paru, dan efek samping pengobatan). Pilar terapi asma adalah *inhalasi kortikosteroid* (ICS) sebagai *controller* dan SABA sebagai reliever. GINA 2019 merekomendasikan pergeseran dari penggunaan SABA sebagai reliever tunggal menuju ICS/formoterol sebagai terapi reliever dan *maintenance* sebuah perubahan paradigma penting yang mengurangi ketergantungan pada SABA yang berlebihan dan meningkatkan keamanan.

BAB IX

FAKTOR SOSIAL DAN LINGKUNGAN DALAM EPIDEMIOLOGI

A. Determinan Sosial Kesehatan

Determinan sosial kesehatan (*Social Determinants of Health/SDH*) adalah kondisi sosial, ekonomi, budaya, politik, dan lingkungan yang memengaruhi status kesehatan individu maupun masyarakat. Determinan sosial kesehatan mencakup berbagai faktor yang membentuk kondisi kehidupan seseorang sejak lahir, tumbuh, bekerja, hidup, hingga memasuki usia lanjut. Faktor-faktor tersebut menentukan peluang seseorang untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal sekaligus memengaruhi risiko terjadinya penyakit, kecacatan, dan kematian.

Menurut *World Health Organization*, determinan sosial kesehatan merupakan penyebab mendasar (*the causes of the causes*) dari berbagai masalah kesehatan karena faktor-faktor tersebut memengaruhi distribusi sumber daya, kesempatan hidup, akses pelayanan kesehatan, serta paparan terhadap faktor risiko penyakit. Oleh karena itu, upaya peningkatan kesehatan masyarakat tidak cukup hanya melalui pelayanan medis, tetapi juga harus mencakup perbaikan kondisi sosial dan ekonomi yang memengaruhi kesehatan.

Dalam epidemiologi modern, determinan sosial kesehatan menjadi kerangka penting untuk memahami mengapa suatu kelompok masyarakat memiliki status kesehatan yang lebih baik atau lebih buruk dibandingkan kelompok lainnya. Ketimpangan sosial yang terjadi dalam masyarakat sering kali menghasilkan ketidakadilan kesehatan (*health inequities*), yaitu perbedaan status kesehatan yang sebenarnya dapat dicegah melalui kebijakan dan intervensi yang tepat.

1. Konsep Determinan Sosial Kesehatan dalam Epidemiologi

Epidemiologi tidak hanya mempelajari distribusi penyakit berdasarkan faktor biologis, tetapi juga menganalisis bagaimana kondisi sosial memengaruhi pola kejadian penyakit dalam populasi. Pendekatan ini berkembang seiring meningkatnya kesadaran bahwa sebagian besar masalah kesehatan dipengaruhi oleh faktor di luar sektor kesehatan.

Komisi Determinan Sosial Kesehatan WHO menjelaskan bahwa status kesehatan masyarakat dipengaruhi oleh determinan struktural dan determinan antara (*intermediary determinants*). Determinan struktural mencakup sistem politik, kebijakan publik, tingkat pendidikan, pekerjaan, dan distribusi pendapatan yang membentuk posisi sosial seseorang. Sementara itu, determinan antara meliputi kondisi tempat tinggal, lingkungan kerja, akses pangan, perilaku kesehatan, dukungan sosial, serta akses terhadap pelayanan kesehatan yang secara langsung memengaruhi kesehatan individu (WHO, 2023). Pendekatan determinan sosial kesehatan membantu menjelaskan mengapa kelompok masyarakat miskin cenderung memiliki angka kesakitan dan kematian yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang lebih sejahtera, meskipun tinggal di negara yang sama dan memiliki akses terhadap fasilitas kesehatan yang relatif serupa.

2. Komponen Utama Determinan Sosial Kesehatan

a. Status Sosial Ekonomi

Status sosial ekonomi merupakan salah satu determinan kesehatan yang paling kuat. Individu dengan pendapatan tinggi umumnya memiliki akses yang lebih baik terhadap makanan bergizi, perumahan layak, pendidikan berkualitas, lingkungan yang sehat, dan pelayanan kesehatan yang memadai. Sebaliknya, kemiskinan sering dikaitkan dengan tingginya risiko penyakit menular, penyakit tidak menular, malnutrisi, serta kematian dini. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kesenjangan pendapatan memiliki hubungan yang erat dengan perbedaan harapan hidup dan kualitas kesehatan masyarakat. Individu yang berada pada kelompok ekonomi rendah sering menghadapi keterbatasan dalam memenuhi kebutuhan dasar kesehatan sehingga lebih rentan mengalami berbagai masalah kesehatan.

b. Pendidikan

Pendidikan berpengaruh besar terhadap kemampuan individu dalam memahami informasi kesehatan, mengambil keputusan yang tepat, serta menerapkan perilaku hidup sehat. Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi umumnya memiliki literasi kesehatan yang lebih baik sehingga mampu memanfaatkan pelayanan kesehatan secara optimal. Pendidikan juga berkaitan dengan peluang memperoleh pekerjaan yang layak dan pendapatan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, peningkatan akses pendidikan tidak hanya berdampak pada pembangunan sumber daya manusia, tetapi juga menjadi investasi jangka panjang dalam peningkatan kesehatan masyarakat.

c. Pekerjaan dan Kondisi Kerja

Jenis pekerjaan dan kondisi lingkungan kerja memengaruhi kesehatan fisik maupun mental seseorang. Lingkungan kerja yang aman, stabil, dan mendukung kesejahteraan pekerja dapat meningkatkan kualitas hidup dan kesehatan. Sebaliknya, pekerjaan yang berisiko tinggi, paparan bahan berbahaya, jam kerja berlebihan, ketidakpastian kerja, serta stres kerja dapat meningkatkan risiko penyakit dan kecelakaan kerja. Selain itu, pengangguran sering dikaitkan dengan peningkatan risiko gangguan kesehatan mental, depresi, kecemasan, serta penurunan kualitas hidup akibat ketidakstabilan ekonomi.

d. Lingkungan Fisik dan Perumahan

Kondisi lingkungan tempat tinggal memiliki pengaruh besar terhadap kesehatan masyarakat. Akses terhadap air bersih, sanitasi yang layak, kualitas udara yang baik, pengelolaan limbah yang memadai, dan perumahan yang sehat dapat mengurangi risiko berbagai penyakit menular maupun penyakit tidak menular. Sebaliknya, lingkungan yang kumuh, padat penduduk, tercemar, dan minim fasilitas dasar dapat meningkatkan risiko penyakit diare, infeksi saluran pernapasan, tuberkulosis, penyakit berbasis vektor, serta gangguan kesehatan lainnya. Perubahan iklim dan degradasi lingkungan juga semakin diakui sebagai determinan penting yang memengaruhi kesehatan global.

e. Dukungan Sosial dan Modal Sosial

Hubungan sosial yang kuat dapat memberikan perlindungan terhadap berbagai masalah kesehatan. Dukungan keluarga, teman, komunitas, dan jaringan sosial membantu individu menghadapi stres, meningkatkan kesejahteraan psikologis, serta mempercepat proses pemulihan ketika sakit. Konsep modal sosial (*social capital*) mengacu pada tingkat kepercayaan, kerja sama, dan partisipasi masyarakat dalam kehidupan sosial. Masyarakat dengan modal sosial yang tinggi cenderung memiliki kesehatan yang lebih baik karena adanya dukungan kolektif dalam menghadapi berbagai tantangan kesehatan.

f. Akses terhadap Pelayanan Kesehatan

Ketersediaan, keterjangkauan, dan kualitas pelayanan kesehatan merupakan determinan penting dalam menjaga kesehatan masyarakat. Individu yang memiliki akses terhadap pelayanan promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif yang berkualitas memiliki peluang lebih besar untuk mempertahankan kesehatan dan mendapatkan pengobatan yang tepat ketika sakit. Namun demikian, akses pelayanan kesehatan sering kali dipengaruhi oleh faktor ekonomi, geografis, pendidikan, dan kebijakan kesehatan. Ketimpangan akses terhadap pelayanan kesehatan masih menjadi tantangan di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia.

3. Determinan Sosial dan Penyakit Tidak Menular dan Menular

Determinan sosial kesehatan memiliki peran besar dalam meningkatnya prevalensi penyakit tidak menular seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit jantung, stroke, dan kanker. Pola konsumsi makanan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, merokok, serta paparan stres kronis sering kali dipengaruhi oleh kondisi sosial dan ekonomi masyarakat. Sebagai contoh, masyarakat dengan pendapatan rendah sering memiliki akses terbatas terhadap makanan sehat dan fasilitas olahraga, sehingga lebih rentan mengalami obesitas dan diabetes. Demikian pula, lingkungan kerja yang penuh tekanan dapat meningkatkan risiko hipertensi dan penyakit kardiovaskular.

Selain memengaruhi penyakit tidak menular, determinan sosial juga berperan penting dalam penyebaran penyakit menular. Kemiskinan, kepadatan penduduk, sanitasi buruk, akses terbatas terhadap air bersih,

dan rendahnya pendidikan kesehatan merupakan faktor yang mempercepat penularan berbagai penyakit infeksi seperti tuberkulosis, malaria, HIV/AIDS, dan diare. Pandemi COVID-19 menunjukkan bahwa kelompok masyarakat dengan kondisi sosial ekonomi rendah mengalami dampak yang lebih besar, baik dari segi risiko infeksi, keterbatasan akses layanan kesehatan, maupun dampak ekonomi yang ditimbulkan oleh pandemi.

4. Strategi Mengatasi Ketimpangan Determinan Sosial Kesehatan

Upaya mengatasi determinan sosial kesehatan memerlukan pendekatan lintas sektor yang melibatkan pemerintah, sektor pendidikan, ekonomi, lingkungan, ketenagakerjaan, dan kesehatan. WHO menekankan pentingnya kebijakan yang berorientasi pada keadilan sosial untuk mengurangi kesenjangan kesehatan antar kelompok masyarakat. Strategi yang dapat dilakukan meliputi pengentasan kemiskinan, peningkatan akses pendidikan, penciptaan lapangan kerja yang layak, penyediaan perumahan sehat, penguatan sistem perlindungan sosial, perluasan cakupan jaminan kesehatan, serta pembangunan lingkungan yang mendukung kesehatan. Pendekatan *Health in All Policies* (HiAP) menjadi salah satu strategi yang direkomendasikan untuk memastikan bahwa setiap kebijakan pembangunan mempertimbangkan dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

B. Lingkungan Fisik dan Biologis

Lingkungan fisik dan biologis merupakan salah satu determinan utama kesehatan yang memengaruhi status kesehatan individu maupun masyarakat. Dalam epidemiologi, lingkungan dipahami sebagai seluruh faktor eksternal yang berinteraksi dengan manusia dan dapat memengaruhi terjadinya penyakit, baik secara langsung maupun tidak langsung. Lingkungan fisik mencakup kondisi alam dan lingkungan buatan manusia seperti kualitas udara, air, tanah, iklim, perumahan, sanitasi, serta infrastruktur. Sementara itu, lingkungan biologis meliputi seluruh organisme hidup yang berinteraksi dengan manusia, termasuk mikroorganisme, hewan, tumbuhan, vektor penyakit, dan reservoir infeksi.

Menurut *World Health Organization*, faktor lingkungan berkontribusi terhadap sekitar seperempat beban penyakit global. Banyak penyakit menular dan tidak menular memiliki hubungan erat dengan kondisi lingkungan yang tidak sehat, sehingga perbaikan kualitas lingkungan menjadi salah satu strategi penting dalam upaya meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

1. Lingkungan Fisik sebagai Determinan Kesehatan

Lingkungan fisik memengaruhi kesehatan melalui berbagai mekanisme, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kondisi lingkungan yang baik mampu mendukung kehidupan yang sehat, sedangkan lingkungan yang buruk dapat meningkatkan risiko penyakit, kecacatan, dan kematian.

a. Kualitas Udara

Udara merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting bagi kelangsungan hidup. Namun, pencemaran udara akibat emisi kendaraan bermotor, industri, pembakaran bahan bakar fosil, kebakaran hutan, dan aktivitas rumah tangga dapat menimbulkan dampak serius terhadap kesehatan. Paparan polutan seperti partikulat halus (*PM2.5*), karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen dioksida, dan ozon berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit paru obstruktif kronis, asma, infeksi saluran pernapasan, kanker paru, penyakit jantung koroner, dan stroke. WHO memperkirakan bahwa polusi udara menyebabkan sekitar 7 juta kematian prematur setiap tahun di seluruh dunia. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran udara menjadi salah satu prioritas utama dalam kesehatan lingkungan global.

b. Air Bersih dan Sanitasi

Akses terhadap air bersih dan sanitasi yang layak merupakan faktor fundamental dalam pencegahan penyakit. Air yang terkontaminasi mikroorganisme patogen atau bahan kimia berbahaya dapat menjadi sumber berbagai penyakit seperti diare, kolera, disentri, tifoid, hepatitis A, dan infeksi parasit. Sanitasi yang buruk juga meningkatkan risiko penyebaran penyakit berbasis lingkungan. WHO dan UNICEF melaporkan bahwa jutaan kasus diare dan kematian anak setiap tahun masih berkaitan dengan keterbatasan akses terhadap air minum yang aman dan fasilitas sanitasi yang memadai. Oleh karena itu, penyediaan air bersih dan sanitasi merupakan salah satu indikator penting dalam pencapaian tujuan

pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*).

c. Perumahan dan Permukiman

Kondisi rumah dan lingkungan permukiman memiliki pengaruh besar terhadap kesehatan masyarakat. Rumah yang sehat harus memiliki ventilasi yang baik, pencahayaan cukup, kepadatan penghuni yang sesuai, sistem pembuangan limbah yang memadai, serta akses terhadap air bersih. Permukiman yang padat dan tidak teratur dapat meningkatkan risiko penularan penyakit menular seperti tuberkulosis, COVID-19, influenza, dan penyakit berbasis vektor. Selain itu, lingkungan permukiman yang tidak aman juga dapat berdampak pada kesehatan mental dan kesejahteraan sosial masyarakat.

d. Perubahan Iklim

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan kesehatan masyarakat terbesar abad ke-21. Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, banjir, kekeringan, badai, dan kenaikan permukaan laut dapat memengaruhi distribusi penyakit, ketersediaan pangan, kualitas air, dan keamanan lingkungan. Perubahan iklim juga berkontribusi terhadap perluasan wilayah penyebaran penyakit yang ditularkan oleh vektor seperti malaria, demam berdarah dengue, chikungunya, dan virus Zika. Oleh karena itu, isu perubahan iklim saat ini tidak hanya menjadi masalah lingkungan, tetapi juga merupakan isu kesehatan global yang penting.

2. Lingkungan Biologis sebagai Determinan Kesehatan

Lingkungan biologis mencakup seluruh organisme hidup yang dapat memengaruhi kesehatan manusia. Interaksi antara manusia dan faktor biologis dapat memberikan dampak positif maupun negatif terhadap kesehatan.

a. Mikroorganisme Penyebab Penyakit

Mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit merupakan komponen penting dalam epidemiologi penyakit menular. Agen biologis ini dapat menyebabkan berbagai penyakit mulai dari infeksi ringan hingga penyakit yang mengancam jiwa. Contohnya adalah *Mycobacterium tuberculosis* penyebab tuberkulosis, virus HIV penyebab AIDS, virus dengue penyebab

demam berdarah, serta *Plasmodium* penyebab malaria. Kemunculan penyakit *emerging* dan *re-emerging* menunjukkan bahwa mikroorganisme terus berevolusi dan beradaptasi sehingga memerlukan sistem surveilans yang kuat.

b. Vektor Penyakit

Vektor adalah organisme hidup yang berperan dalam menularkan agen penyakit dari satu inang ke inang lainnya. Nyamuk *Aedes aegypti*, misalnya, merupakan vektor utama demam berdarah dengue, sedangkan nyamuk *Anopheles* berperan dalam penularan malaria. Distribusi dan kepadatan populasi vektor sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan keberadaan tempat perindukan. Oleh karena itu, pengendalian vektor menjadi salah satu strategi utama dalam pencegahan penyakit menular.

c. Reservoir dan Hewan Pembawa Penyakit

Berbagai hewan dapat berfungsi sebagai reservoir penyakit, yaitu tempat hidup dan berkembangnya agen infeksi sebelum ditularkan kepada manusia. Penyakit yang ditularkan dari hewan ke manusia dikenal sebagai zoonosis. Contoh zoonosis yang penting antara lain rabies, leptospirosis, antraks, avian influenza, Nipah, dan COVID-19. WHO menyatakan bahwa sekitar 75% penyakit infeksi baru pada manusia berasal dari hewan, sehingga pendekatan *One Health* menjadi sangat penting dalam pengendalian penyakit.

d. Keanekaragaman Hayati dan Kesehatan

Keanekaragaman hayati (*biodiversity*) memiliki hubungan yang erat dengan kesehatan manusia. Ekosistem yang sehat dapat membantu menjaga keseimbangan populasi organisme, mengurangi risiko penyebaran penyakit, serta menyediakan sumber pangan dan obat-obatan. Sebaliknya, kerusakan ekosistem akibat deforestasi, urbanisasi, dan eksploitasi sumber daya alam dapat meningkatkan interaksi antara manusia dan satwa liar sehingga memperbesar risiko munculnya penyakit zoonotik baru.

Lingkungan fisik dan biologis saling berinteraksi dalam menentukan pola distribusi penyakit dalam populasi. Sebagai contoh, perubahan iklim dapat memengaruhi populasi nyamuk sehingga meningkatkan risiko malaria dan demam berdarah. Demikian pula,

pencemaran air dapat menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme patogen penyebab penyakit bawaan air. Dalam epidemiologi modern, pemahaman mengenai interaksi antara manusia, agen penyakit, dan lingkungan dikenal melalui konsep segitiga epidemiologi (*epidemiologic triangle*), yang terdiri atas agen, pejamu (*host*), dan lingkungan. Ketiga komponen tersebut harus dipahami secara menyeluruh untuk merancang strategi pencegahan dan pengendalian penyakit yang efektif.

Pengelolaan lingkungan yang baik merupakan bagian penting dari upaya promotif dan preventif dalam kesehatan masyarakat. Strategi yang dapat dilakukan meliputi peningkatan akses air bersih dan sanitasi, pengendalian pencemaran udara dan air, pembangunan perumahan sehat, pengelolaan limbah yang aman, pengendalian vektor penyakit, konservasi lingkungan, serta mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Pendekatan lintas sektor sangat diperlukan karena banyak faktor lingkungan berada di luar kewenangan sektor kesehatan. Oleh karena itu, kolaborasi antara sektor kesehatan, lingkungan hidup, pertanian, pekerjaan umum, pendidikan, dan pemerintah daerah menjadi kunci dalam menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan masyarakat.

C. Gaya Hidup dan Perilaku Kesehatan

Perilaku kesehatan tindakan atau pola kebiasaan yang memengaruhi kesehatan adalah jembatan antara determinan sosial yang lebih struktural dan risiko penyakit yang lebih proksimal. Memahami bagaimana dan mengapa individu berperilaku seperti yang mereka lakukan sangat penting untuk merancang intervensi promosi kesehatan yang efektif. Menurut *World Health Organization*, sebagian besar penyakit tidak menular seperti penyakit jantung, stroke, diabetes melitus, kanker, dan penyakit paru kronis berkaitan erat dengan perilaku kesehatan yang tidak sehat. Oleh karena itu, perubahan perilaku menjadi salah satu strategi utama dalam pencegahan penyakit dan peningkatan kualitas hidup masyarakat.

Perkembangan ilmu epidemiologi menunjukkan bahwa pola penyakit dalam masyarakat tidak hanya dipengaruhi oleh faktor biologis dan lingkungan, tetapi juga oleh perilaku individu. Banyak faktor risiko penyakit muncul akibat kebiasaan yang dilakukan secara terus-menerus dalam kehidupan sehari-hari. Misalnya, kebiasaan merokok

meningkatkan risiko kanker paru dan penyakit jantung, sedangkan pola makan tinggi gula dan lemak meningkatkan risiko obesitas serta diabetes melitus. Konsep epidemiologi modern menempatkan gaya hidup sebagai faktor risiko yang dapat dimodifikasi (*modifiable risk factors*). Hal ini berarti individu maupun masyarakat memiliki peluang untuk mengurangi risiko penyakit melalui perubahan perilaku yang lebih sehat. Oleh karena itu, program promosi kesehatan dan pencegahan penyakit banyak difokuskan pada upaya membentuk perilaku hidup sehat sejak usia dini.

1. Komponen Utama Gaya Hidup dan Perilaku Kesehatan

a. Pola Makan dan Gizi

Pola makan merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap kesehatan. Konsumsi makanan yang seimbang, kaya buah, sayuran, protein berkualitas, serat, vitamin, dan mineral membantu menjaga fungsi tubuh secara optimal. Sebaliknya, konsumsi berlebihan makanan tinggi gula, garam, lemak jenuh, dan makanan ultra-proses dapat meningkatkan risiko obesitas, hipertensi, diabetes melitus, penyakit jantung koroner, dan beberapa jenis kanker. WHO merekomendasikan konsumsi buah dan sayur minimal 400 gram per hari serta pembatasan konsumsi gula tambahan, garam, dan lemak trans. Penerapan pola makan sehat tidak hanya berkontribusi pada pencegahan penyakit tidak menular tetapi juga meningkatkan daya tahan tubuh terhadap berbagai penyakit infeksi.

b. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik berperan penting dalam menjaga kesehatan jantung, sistem metabolisme, kekuatan otot, kesehatan tulang, dan keseimbangan psikologis. Kurangnya aktivitas fisik atau gaya hidup sedentari (*sedentary lifestyle*) telah menjadi masalah kesehatan global yang berkontribusi terhadap meningkatnya prevalensi obesitas, diabetes, hipertensi, dan penyakit kardiovaskular. WHO merekomendasikan orang dewasa melakukan aktivitas fisik intensitas sedang minimal 150–300 menit per minggu atau aktivitas berat minimal 75–150 menit per minggu. Aktivitas fisik yang dilakukan secara rutin terbukti

mampu menurunkan risiko kematian dini serta meningkatkan kualitas hidup secara keseluruhan.

c. Kebiasaan Merokok

Merokok merupakan salah satu faktor risiko kesehatan yang paling besar dan paling dapat dicegah. Asap rokok mengandung ribuan zat kimia berbahaya, termasuk berbagai senyawa karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker. Kebiasaan merokok berhubungan erat dengan kanker paru, penyakit paru obstruktif kronis, penyakit jantung koroner, stroke, serta berbagai gangguan kesehatan lainnya. Selain perokok aktif, paparan asap rokok pada perokok pasif juga meningkatkan risiko penyakit. Oleh karena itu, pengendalian konsumsi tembakau melalui edukasi, regulasi, kawasan tanpa rokok, dan peningkatan kesadaran masyarakat menjadi prioritas penting dalam kesehatan masyarakat global.

Adiksi nikotin yang secara farmakologis setara dengan adiksi opioid dan kokain merupakan hambatan biologi utama penghentian merokok. Nikotin mengaktivasi reseptor nikotinik asetilkolin di otak, menyebabkan pelepasan dopamin di *nucleus accumbens* dan menciptakan sirkuit penghargaan yang kuat. Gejala *withdrawal nikotin* (iritabilitas, cemas, konsentrasi menurun, craving) yang muncul saat mencoba berhenti merupakan hambatan yang sangat nyata bagi banyak perokok.

Vareniklin (*Chantix/Champix*) merupakan terapi farmakologis yang paling efektif untuk penghentian merokok agonis parsial reseptor nikotinik yang mengurangi craving dan withdrawal sekaligus memblokir efek nikotin jika orang merokok. Dikombinasikan dengan dukungan konseling intensif, vareniklin melipatduakan tingkat keberhasilan berhenti merokok dibandingkan plasebo. *Nicotine Replacement Therapy* (NRT) dalam berbagai bentuk (patch, permen karet, inhaler) juga efektif. Indonesia masih menghadapi tantangan besar dalam tersedianya dan keterjangkauan layanan berhenti merokok yang komprehensif di level layanan primer.

d. Konsumsi Alkohol

Konsumsi alkohol berlebihan dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, termasuk penyakit hati, gangguan saraf, hipertensi, penyakit jantung, kecelakaan lalu lintas, serta

beberapa jenis kanker. Risiko kesehatan meningkat seiring dengan jumlah dan frekuensi konsumsi alkohol. Berbagai penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa tidak ada tingkat konsumsi alkohol yang sepenuhnya bebas risiko bagi kesehatan. Oleh karena itu, pengendalian konsumsi alkohol menjadi bagian penting dari strategi pencegahan penyakit tidak menular di berbagai negara.

e. Pola Tidur dan Istirahat

Tidur merupakan kebutuhan biologis yang sangat penting bagi kesehatan fisik dan mental. Tidur yang cukup membantu proses pemulihan tubuh, memperkuat sistem imun, menjaga fungsi kognitif, serta mengatur keseimbangan hormon. Sebaliknya, kurang tidur atau gangguan tidur kronis dapat meningkatkan risiko obesitas, diabetes, hipertensi, depresi, dan penyakit kardiovaskular. Orang dewasa umumnya membutuhkan waktu tidur sekitar 7–9 jam setiap malam. Kualitas tidur yang baik sama pentingnya dengan durasi tidur dalam menjaga kesehatan secara menyeluruh.

f. Manajemen Stres dan Kesehatan Mental

Stres merupakan respons alami tubuh terhadap berbagai tuntutan atau tekanan kehidupan. Namun, stres yang berlangsung lama dapat berdampak negatif terhadap kesehatan fisik maupun mental. Stres kronis berhubungan dengan peningkatan tekanan darah, gangguan sistem imun, penyakit jantung, depresi, kecemasan, dan penurunan kualitas hidup. Kemampuan mengelola stres melalui relaksasi, olahraga, dukungan sosial, aktivitas spiritual, dan konseling psikologis dapat membantu menjaga keseimbangan kesehatan secara keseluruhan.

2. Perilaku Kesehatan dalam Pencegahan Penyakit Menular dan Tidak Menular

Perilaku kesehatan memiliki peran penting dalam mencegah penyebaran penyakit menular. Praktik mencuci tangan dengan sabun, penggunaan air bersih, menjaga kebersihan lingkungan, etika batuk, penggunaan alat pelindung diri, serta kepatuhan terhadap program imunisasi terbukti efektif dalam mengurangi risiko penularan berbagai penyakit infeksi. Pandemi COVID-19 menunjukkan bagaimana

perubahan perilaku masyarakat seperti penggunaan masker, menjaga jarak fisik, dan vaksinasi dapat memberikan dampak besar terhadap pengendalian wabah. Hal ini menunjukkan bahwa perilaku individu dapat memengaruhi kesehatan populasi secara luas.

Sebagian besar penyakit tidak menular memiliki hubungan erat dengan perilaku yang tidak sehat. WHO memperkirakan bahwa faktor risiko perilaku utama seperti merokok, konsumsi alkohol, pola makan tidak sehat, dan kurang aktivitas fisik berkontribusi terhadap sebagian besar kematian akibat penyakit tidak menular di dunia. Penerapan gaya hidup sehat mampu mencegah atau menunda terjadinya berbagai penyakit kronis seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit jantung, stroke, obesitas, dan kanker. Oleh karena itu, intervensi berbasis perubahan perilaku menjadi salah satu strategi utama dalam program pencegahan penyakit tidak menular.

Promosi kesehatan merupakan upaya yang bertujuan meningkatkan kemampuan masyarakat untuk mengendalikan dan meningkatkan kesehatan mereka sendiri. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan di Indonesia adalah Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS), yang mencakup kebiasaan mencuci tangan, konsumsi makanan bergizi, aktivitas fisik teratur, penggunaan jamban sehat, pemberantasan sarang nyamuk, serta tidak merokok. Promosi perilaku hidup sehat harus dilakukan secara berkesinambungan melalui pendidikan kesehatan, kampanye media, pemberdayaan masyarakat, dan dukungan kebijakan publik. Pendekatan ini terbukti efektif dalam menurunkan faktor risiko penyakit serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

D. Ketimpangan Kesehatan

Ketimpangan kesehatan merupakan manifestasi nyata dari ketidaksetaraan sosial dalam masyarakat. Mengidentifikasi, mengukur, dan mengatasi ketimpangan kesehatan adalah tugas inti epidemiologi sosial dan kesehatan masyarakat berbasis keadilan. Di Indonesia, dengan keragaman geografis, demografis, dan sosial ekonomi yang luar biasa, ketimpangan kesehatan merupakan tantangan yang sangat kompleks dan multidimensi.

1. Dimensi Ketimpangan Kesehatan di Indonesia

a. Ketimpangan Berdasarkan Wilayah Geografis

Salah satu bentuk ketimpangan kesehatan yang paling nyata di Indonesia adalah perbedaan kondisi kesehatan antarwilayah. Provinsi-provinsi di Pulau Jawa, Bali, dan sebagian Sumatera umumnya memiliki fasilitas kesehatan yang lebih lengkap, jumlah tenaga kesehatan yang lebih banyak, serta akses transportasi yang lebih baik dibandingkan wilayah Indonesia Timur seperti Papua, Maluku, dan Nusa Tenggara. Perbedaan geografis ini berdampak pada akses masyarakat terhadap pelayanan kesehatan. Di daerah terpencil dan kepulauan, masyarakat sering harus menempuh perjalanan yang jauh untuk mendapatkan pelayanan medis. Keterbatasan sarana transportasi, kondisi medan yang sulit, serta distribusi tenaga kesehatan yang belum merata menyebabkan keterlambatan diagnosis dan pengobatan berbagai penyakit. Akibatnya, indikator kesehatan di wilayah tertinggal cenderung lebih rendah dibandingkan wilayah yang lebih maju.

Ketimpangan geografis (disparitas urban-rural dan antarprovinsi) sangat dramatis di Indonesia. AKI di Papua (>300 per 100.000 kelahiran hidup) dibandingkan dengan DI Yogyakarta (<50 per 100.000) mencerminkan tidak hanya perbedaan sistem kesehatan, tetapi juga perbedaan mendalam dalam kondisi sosial, ekonomi, dan infrastruktur. Akses terhadap dokter spesialis, rumah sakit dengan fasilitas memadai, dan obat-obatan esensial sangat terbatas di pulau-pulau terluar dan daerah 3T (Tertinggal, Terdepan, Terluar). Transformasi Sistem Kesehatan Kemenkes 2022 yang menempatkan penguatan layanan kesehatan di daerah 3T sebagai prioritas merupakan langkah penting, namun perubahan fundamental memerlukan investasi yang konsisten selama bertahun-tahun.

b. Ketimpangan Berdasarkan Status Sosial Ekonomi

Kondisi ekonomi masyarakat memiliki pengaruh yang besar terhadap kesehatan. Kelompok masyarakat dengan pendapatan tinggi umumnya memiliki akses yang lebih baik terhadap makanan bergizi, lingkungan yang sehat, pendidikan berkualitas, serta pelayanan kesehatan yang memadai. Sebaliknya, masyarakat miskin sering menghadapi berbagai hambatan dalam memenuhi kebutuhan dasar kesehatan. Kemiskinan berkaitan erat dengan tingginya prevalensi stunting,

gizi buruk, tuberkulosis, penyakit infeksi, serta berbagai masalah kesehatan lainnya. Selain itu, kelompok ekonomi rendah sering mengalami keterlambatan dalam mencari pengobatan karena keterbatasan biaya transportasi, kehilangan pendapatan selama berobat, atau kurangnya informasi mengenai layanan kesehatan yang tersedia. Meskipun Program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN) telah memperluas cakupan pelayanan kesehatan, kesenjangan akses masih ditemukan terutama pada kelompok masyarakat yang tinggal di daerah terpencil.

Ketimpangan berdasarkan status sosial ekonomi merupakan dimensi yang paling konsisten terdokumentasi di Indonesia. Data SDKI 2017 menunjukkan bahwa AKB pada kuintil termiskin (39 per 1.000 kelahiran hidup) hampir tiga kali lipat AKB pada kuintil terkaya (14 per 1.000). Prevalensi stunting pada anak balita di kuintil termiskin (42,1%) hampir dua kali lipat kuintil terkaya (26,4%) berdasarkan Riskesdas 2018. Akses terhadap persalinan dibantu tenaga kesehatan (*skilled birth attendance*) pada kuintil termiskin secara konsisten jauh di bawah kuintil terkaya, menempatkan ibu hamil miskin pada risiko kematian yang jauh lebih tinggi.

c. Ketimpangan Berdasarkan Pendidikan

Tingkat pendidikan merupakan faktor penting yang memengaruhi status kesehatan seseorang. Individu dengan pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki literasi kesehatan yang lebih baik, mampu memahami informasi kesehatan secara lebih efektif, serta lebih aktif dalam memanfaatkan layanan kesehatan. Sebaliknya, masyarakat dengan tingkat pendidikan rendah sering memiliki pengetahuan yang terbatas mengenai pencegahan penyakit, gizi, sanitasi, imunisasi, dan perilaku hidup sehat. Kondisi ini meningkatkan risiko terjadinya berbagai penyakit serta memperburuk keterlambatan dalam mendapatkan pelayanan kesehatan yang tepat. Oleh karena itu, pendidikan menjadi salah satu determinan utama yang berkontribusi terhadap ketimpangan kesehatan di Indonesia.

2. Upaya Mengurangi Ketimpangan Kesehatan di Indonesia

Pemerintah Indonesia telah melakukan berbagai upaya untuk mengurangi ketimpangan kesehatan melalui Program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN), penguatan pelayanan kesehatan primer, pembangunan fasilitas kesehatan di daerah tertinggal, peningkatan distribusi tenaga kesehatan, serta percepatan penurunan stunting. Selain itu, transformasi sistem kesehatan nasional menempatkan pemerataan akses dan kualitas pelayanan kesehatan sebagai salah satu prioritas utama.

Pendekatan lintas sektor juga diperlukan untuk mengatasi akar penyebab ketimpangan kesehatan, seperti kemiskinan, pendidikan rendah, sanitasi yang buruk, dan ketimpangan pembangunan antarwilayah. Investasi pada sektor pendidikan, infrastruktur dasar, perlindungan sosial, dan pemberdayaan ekonomi masyarakat akan memberikan dampak jangka panjang terhadap peningkatan kesehatan penduduk.

BAB X

PENCEGAHAN DAN PROMOSI KESEHATAN

A. Tingkatan Pencegahan Penyakit

Pencegahan penyakit merupakan inti dari kesehatan masyarakat. Berbeda dari pendekatan kuratif yang menangani penyakit setelah terjadi, pencegahan bertujuan mencegah penyakit agar tidak terjadi sejak awal (pencegahan primer), mendeteksi dan menanganinya pada tahap awal sebelum berkembang (pencegahan sekunder), atau meminimalkan dampak penyakit yang sudah terjadi (pencegahan tersier). Investasi dalam pencegahan secara konsisten terbukti lebih cost-effective dibandingkan pengobatan setiap dolar yang diinvestasikan dalam imunisasi, misalnya, menghasilkan penghematan biaya kesehatan tiga hingga tujuh dolar di kemudian hari.

Pemahaman tentang pencegahan terus berkembang. Model Leavell dan Clark (1953) yang banyak dikutip menetapkan tiga tingkat pencegahan yang berlangsung sepanjang riwayat alami penyakit. Dalam epidemiologi modern, konsep pencegahan primordial ditambahkan sebagai tingkatan paling hulu yang bertujuan mencegah terbentuknya kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan yang mendorong kemunculan faktor risiko penyakit dalam populasi. Penambahan ini mencerminkan pemahaman yang semakin matang tentang peran determinan sosial kesehatan dalam etiologi penyakit.

1. Pencegahan Primordial

Pencegahan primordial merupakan tingkatan pencegahan yang paling komprehensif namun paling sering diabaikan dalam diskusi klinis. Targetnya bukan individu yang sudah memiliki faktor risiko, melainkan populasi secara keseluruhan dengan tujuan mencegah kemunculan faktor risiko itu sendiri. Intervensi primordial beroperasi terutama di tingkat kebijakan dan lingkungan, bukan pada tingkat individual.

Contoh pencegahan primordial yang paling relevan saat ini adalah kebijakan pangan yang membatasi kandungan garam, lemak trans, dan gula dalam produk pangan olahan. WHO (2023) merekomendasikan batas konsumsi natrium <2.000 mg/hari (setara dengan <5 gram garam/hari), namun konsumsi rata-rata Indonesia diperkirakan lebih dari dua kali lipat batas tersebut. Regulasi reformulasi produk pangan yang mewajibkan pengurangan kandungan garam dan gula dalam produk olahan bukan hanya mengandalkan perubahan perilaku konsumen merupakan intervensi primordial yang dapat secara populasi menurunkan prevalensi hipertensi, penyakit kardiovaskular, dan diabetes tipe 2 dalam beberapa dekade.

Pencegahan primordial lain mencakup: desain kota yang mendorong aktivitas fisik (*walkable cities*, jalur sepeda, ruang terbuka hijau); kebijakan regulasi iklan rokok dan makanan tidak sehat kepada anak-anak; sistem perpajakan yang mensubsidi pangan sehat dan memberikan pajak lebih tinggi pada produk tidak sehat; serta investasi dalam pendidikan dan pengentasan kemiskinan yang secara tidak langsung menciptakan kondisi yang mendukung kesehatan. Benmarhnia *et al.* (2021) mendemonstrasikan melalui analisis simulasi bahwa intervensi primordial berbasis kebijakan kota terhadap aktivitas fisik memiliki potensi dampak populasi yang jauh melampaui program olahraga individual.

2. Pencegahan Primer

Pencegahan primer menargetkan individu yang sehat atau populasi yang berisiko untuk mencegah terjadinya penyakit atau cedera. Pencegahan primer dapat dibagi menjadi dua sub-kategori: promosi kesehatan umum (*health promotion*) yang bertujuan meningkatkan kesehatan dan ketahanan secara non-spesifik, dan perlindungan spesifik (*specific protection*) yang menargetkan penyakit atau kondisi tertentu.

Imunisasi merupakan intervensi pencegahan primer spesifik yang paling berhasil dalam sejarah kedokteran. Pada level yang lebih struktural, kebijakan kawasan bebas rokok di tempat umum dan tempat kerja adalah pencegahan primer spesifik terhadap penyakit terkait tembakau tidak hanya melindungi perokok aktif dari efek merokok, tetapi juga melindungi seluruh populasi dari paparan asap rokok pasif (*secondhand smoke*). Suphanchaimat *et al.* (2022) menemukan bahwa kebijakan kawasan bebas rokok komprehensif mengurangi rawat inap

akibat penyakit jantung dan PPOK secara signifikan bahkan dalam jangka pendek setelah implementasi.

Pencegahan primer dalam konteks gizi mencakup suplementasi zat gizi kritis pada kelompok rentan: suplementasi asam folat pada wanita usia subur untuk mencegah neural tube defects, suplementasi zat besi dan zinc pada ibu hamil untuk mencegah anemia dan BBLR, fortifikasi pangan (tepung terigu dengan zat besi dan asam folat, minyak goreng dengan vitamin A, garam beriodium) sebagai strategi populasi untuk mengatasi defisiensi mikronutrien. Di Indonesia, program fortifikasi pangan merupakan salah satu strategi kunci dalam mengatasi masalah defisiensi mikronutrien yang masih tinggi, terutama pada kelompok miskin yang tidak mampu mengakses pangan beragam.

3. Pencegahan Sekunder

Pencegahan sekunder bertujuan mendeteksi dan mengobati penyakit pada tahap awal sebelum gejala klinis yang bermakna muncul ketika intervensi masih dapat mencegah progresi ke penyakit yang lebih berat atau ireversibel. Program skrining merupakan komponen utama pencegahan sekunder. Prinsip-prinsip Wilson dan Jungner tentang skrining yang valid (kondisi penting, tes sensitif dan spesifik, fasilitas tindak lanjut tersedia, pengobatan dini lebih efektif) tetap relevan dalam mengevaluasi kelayakan program skrining.

Di Indonesia, program skrining yang paling terstruktur adalah: (1) Deteksi Dini Kanker Serviks dan Payudara melalui IVA (Inspeksi Visual dengan Asam Asetat) dan *Clinical Breast Examination* (CBE) di Puskesmas; (2) skrining diabetes mellitus dan hipertensi melalui Posbindu PTM; (3) skrining TBC aktif melalui pemeriksaan kontak dan active case finding; dan (4) skrining hepatitis B pada ibu hamil. Tantangan utama yang dihadapi adalah cakupan skrining yang masih sangat rendah survei nasional menunjukkan bahwa kurang dari 10% perempuan Indonesia yang memenuhi kriteria skrining kanker serviks pernah mendapatkan pemeriksaan IVA atau Pap smear, jauh dari target 80% yang diperlukan untuk dampak populasi yang bermakna.

4. Pencegahan Tersier

Pencegahan tersier berfokus pada individu yang sudah menderita penyakit dengan tujuan membatasi kecacatan, mencegah komplikasi, dan memulihkan fungsi seoptimal mungkin. Rehabilitasi medis

(fisioterapi, terapi wicara, terapi okupasi), manajemen penyakit kronik yang komprehensif, dan dukungan psikososial bagi penderita penyakit berat adalah komponen utama pencegahan tersier.

Program rehabilitasi kardiovaskular setelah infark miokard merupakan salah satu contoh pencegahan tersier berbasis bukti yang paling kuat. *Systematic review* Cochrane (Anderson *et al.*, 2021) yang menganalisis lebih dari 21.000 peserta dalam 85 RCT menemukan bahwa rehabilitasi jantung berbasis latihan secara signifikan mengurangi kematian kardiovaskular, rawat inap berulang, dan meningkatkan kualitas hidup pasien PKV. Namun, layanan rehabilitasi jantung hampir tidak tersedia di sistem kesehatan Indonesia bahkan di rumah sakit tersier sekalipun merupakan kesenjangan layanan yang sangat perlu ditangani.

Manajemen diabetes mellitus komprehensif sebagai pencegahan tersier mencakup: kontrol glikemik ketat untuk mencegah komplikasi mikrovaskular, kontrol tekanan darah, statin untuk mencegah komplikasi kardiovaskular, skrining rutin komplikasi (retinopati, nefropati, neuropati, kaki diabetik), dan edukasi perawatan mandiri (diabetes self-management education and support/DSMES). Program DSMES yang terstruktur terbukti meningkatkan kontrol glikemik, mengurangi komplikasi, dan meningkatkan kualitas hidup penderita diabetes mellitus, serta *cost-effective* dalam berbagai analisis ekonomi kesehatan.

Tabel 10.1 Tingkatan Pencegahan Penyakit: Target, Strategi, dan Contoh di Indonesia

Tingkatan Pencegahan	Target Intervensi	Strategi Utama	Contoh di Indonesia
Primordial	Populasi umum sebelum faktor risiko muncul	Kebijakan, regulasi, lingkungan sehat	Regulasi kandungan garam dalam produk; kawasan bebas rokok; desain kota aktif
Primer Promosi Kesehatan	Individu sehat/populasi	Pendidikan, pemberdayaan, pengembangan keterampilan	PHBS, GERMAS, Posyandu,

Primer Perlindungan Spesifik	Individu/populasi berisiko spesifik	Vaksinasi, kemoprofilaksis, APD, fortifikasi pangan	edukasi gizi sekolah Program imunisasi nasional, suplementasi TTD remaja putri
Sekunder Deteksi Dini	Individu fase awal penyakit	Skrining, <i>surveilans</i> , pemeriksaan berkala	IVA kanker serviks, Posbindu PTM, skrining TBC
Sekunder Pengobatan Segera	Individu dengan penyakit awal	Tatalaksana standar, rujukan tepat	OAT TBC 6 bulan, ARV untuk ODHIV, terapi hipertensi
Tersier Pembatasan Kecacatan	Penderita penyakit berat	Manajemen komplikasi, rehabilitasi	Rehabilitasi pasca stroke, manajemen ulkus kaki DM
Tersier Rehabilitasi	Penderita dengan disabilitas	Fisioterapi, terapi okupasi, dukungan sosial	Rehabilitasi paru pasca COVID-19, terapi wicara pasca stroke

B. Promosi Kesehatan Berbasis Komunitas

Promosi kesehatan berbasis komunitas (*community-based health promotion*) merupakan pendekatan pemberdayaan masyarakat yang bertujuan meningkatkan kemampuan individu, keluarga, dan kelompok masyarakat dalam mengendalikan faktor-faktor yang memengaruhi kesehatan mereka. Pendekatan ini menempatkan masyarakat sebagai

pelaku utama dalam proses peningkatan kesehatan, bukan sekadar sebagai penerima manfaat program kesehatan. Dengan demikian, masyarakat dilibatkan secara aktif dalam mengidentifikasi masalah kesehatan, merencanakan intervensi, melaksanakan kegiatan, serta mengevaluasi hasil yang dicapai.

Promosi kesehatan merupakan proses yang memungkinkan individu dan komunitas untuk meningkatkan kontrol mereka atas determinan kesehatan dan dengan demikian meningkatkan kesehatan mereka. Definisi ini dari Ottawa Charter (WHO, 1986) menekankan *agency* dan pemberdayaan bukan hanya perubahan perilaku yang diarahkan oleh para ahli, tetapi peningkatan kapasitas komunitas untuk membentuk kondisi yang menentukan kesehatannya sendiri.

1. Ottawa Charter dan Lima Area Aksi

Ottawa Charter for Health Promotion (1986) tetap menjadi dokumen yang paling berpengaruh dalam sejarah promosi kesehatan, menetapkan lima area aksi yang saling melengkapi: (1) Pembangunan Kebijakan Publik Berwawasan Kesehatan (*build healthy public policy*) kebijakan di berbagai sektor (pendidikan, pertanian, transportasi, perumahan) harus mempertimbangkan dampak kesehatan; (2) Penciptaan Lingkungan yang Mendukung (*create supportive environments*) lingkungan fisik dan sosial tempat orang hidup, bekerja, belajar, dan bermain harus mendukung kesehatan; (3) Penguatan Aksi Komunitas (*strengthen community action*) komunitas harus diberdayakan untuk menetapkan prioritas dan merancang solusi kesehatan mereka sendiri; (4) Pengembangan Keterampilan Personal (*develop personal skills*) informasi dan pendidikan untuk mendukung pengambilan keputusan kesehatan yang *informed*; dan (5) Reorientasi Layanan Kesehatan (*reorient health services*) layanan kesehatan harus bergerak dari fokus kuratif ke promotif-preventif.

Nutbeam dan Muscat (2021) dalam pembaruan komprehensif mereka tentang promosi kesehatan menekankan bahwa keberhasilan Ottawa Charter terletak pada perspektif multisektoral dan sistem yang melekat dalam kelima area aksinya. Mereka mengargumentasikan bahwa tantangan kesehatan abad ke-21 pandemi, perubahan iklim, infodemi menuntut penerapan prinsip-prinsip Ottawa Charter yang lebih sistemik dan lebih berkomitmen dari sebelumnya, bukan dengan

menggantinya tetapi dengan mengadaptasinya pada konteks yang lebih kompleks.

2. Prinsip-Prinsip dan Tujuan Promosi Kesehatan Berbasis Komunitas

Promosi kesehatan berbasis komunitas dilaksanakan berdasarkan beberapa prinsip utama yang menekankan keterlibatan masyarakat dalam setiap tahapan program. Prinsip pertama adalah partisipasi masyarakat, yaitu keterlibatan aktif masyarakat dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan kesehatan mereka. Partisipasi ini meningkatkan rasa memiliki (*sense of ownership*) terhadap program sehingga keberlanjutannya lebih terjamin.

Prinsip kedua adalah pemberdayaan (*empowerment*), yaitu proses meningkatkan kapasitas masyarakat agar mampu mengenali masalah kesehatan, mengambil keputusan, dan melakukan tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan kesehatannya. Prinsip ketiga adalah kemitraan (*partnership*), yaitu kerja sama antara masyarakat, pemerintah, organisasi nonpemerintah, sektor swasta, dan berbagai pemangku kepentingan lainnya. Selain itu, prinsip kesetaraan dan keadilan kesehatan juga menjadi landasan penting agar seluruh kelompok masyarakat memperoleh kesempatan yang sama untuk hidup sehat.

Tujuan utama promosi kesehatan berbasis komunitas adalah meningkatkan kemampuan masyarakat dalam memelihara dan meningkatkan kesehatan secara mandiri. Program ini bertujuan membangun kesadaran masyarakat mengenai pentingnya perilaku hidup sehat, meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kesehatan, serta mendorong perubahan perilaku yang berkelanjutan. Selain itu, promosi kesehatan berbasis komunitas bertujuan memperkuat kapasitas sosial masyarakat dalam menghadapi berbagai masalah kesehatan. Melalui pendekatan ini, masyarakat tidak hanya menjadi objek pembangunan kesehatan, tetapi juga menjadi agen perubahan yang mampu menciptakan lingkungan yang mendukung kesehatan. Dalam jangka panjang, pendekatan ini diharapkan dapat menurunkan angka kesakitan, meningkatkan kualitas hidup, dan mengurangi ketimpangan kesehatan di masyarakat.

3. Strategi Promosi Kesehatan Berbasis Komunitas

a. Pemberdayaan Masyarakat

Pemberdayaan masyarakat merupakan inti dari promosi kesehatan berbasis komunitas. Proses ini dilakukan dengan meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan masyarakat untuk mengenali faktor risiko kesehatan serta mengambil tindakan yang tepat. Pemberdayaan dapat dilakukan melalui pelatihan kader kesehatan, pendidikan kesehatan, diskusi kelompok, dan pengembangan organisasi masyarakat yang peduli terhadap kesehatan.

b. Pendidikan dan Komunikasi Kesehatan

Pendidikan kesehatan bertujuan meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai faktor risiko penyakit, perilaku hidup sehat, gizi seimbang, sanitasi lingkungan, imunisasi, kesehatan reproduksi, serta pencegahan penyakit menular dan tidak menular. Komunikasi kesehatan yang efektif harus disesuaikan dengan karakteristik sosial budaya masyarakat agar pesan kesehatan dapat diterima dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

c. Pengembangan Lingkungan yang Mendukung Kesehatan

Lingkungan yang sehat merupakan faktor penting dalam keberhasilan promosi kesehatan. Oleh karena itu, berbagai upaya dilakukan untuk menciptakan lingkungan yang mendukung perilaku sehat, seperti penyediaan air bersih, sanitasi yang layak, kawasan tanpa rokok, ruang terbuka hijau, sarana olahraga, serta lingkungan sekolah dan tempat kerja yang sehat.

d. Penguatan Kemitraan dan Jejaring Sosial

Promosi kesehatan berbasis komunitas memerlukan kerja sama berbagai pihak. Kemitraan antara masyarakat, pemerintah daerah, puskesmas, sekolah, organisasi masyarakat, tokoh agama, dan sektor swasta dapat memperkuat efektivitas program kesehatan. Jejaring sosial yang kuat juga membantu penyebaran informasi kesehatan dan meningkatkan dukungan masyarakat terhadap berbagai program kesehatan.

Di Indonesia, promosi kesehatan berbasis komunitas telah diterapkan melalui berbagai program kesehatan masyarakat. Salah satu

contoh yang paling dikenal adalah Pos Pelayanan Terpadu (Posyandu), yang melibatkan kader kesehatan dan masyarakat dalam pemantauan kesehatan ibu dan anak, imunisasi, perbaikan gizi, serta pelayanan kesehatan dasar. Selain Posyandu, terdapat program Perilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS), Desa Siaga, Posbindu Penyakit Tidak Menular (Posbindu PTM), Program Indonesia Sehat dengan Pendekatan Keluarga (PIS-PK), serta berbagai kegiatan pemberdayaan masyarakat lainnya yang bertujuan meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam menjaga kesehatan. Keberhasilan berbagai program tersebut menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat secara aktif mampu meningkatkan cakupan pelayanan kesehatan, memperkuat upaya pencegahan penyakit, serta meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara berkelanjutan.

C. Intervensi Berbasis Risiko

Intervensi berbasis risiko (*risk-based intervention*) merupakan pendekatan dalam kesehatan masyarakat yang menitikberatkan pada identifikasi, penilaian, dan pengelolaan faktor-faktor risiko yang dapat menyebabkan terjadinya penyakit atau masalah kesehatan. Pendekatan ini bertujuan mengalokasikan sumber daya kesehatan secara lebih efektif dengan memfokuskan upaya pencegahan dan pengendalian pada individu, kelompok, atau populasi yang memiliki tingkat risiko lebih tinggi dibandingkan populasi umum. Dalam epidemiologi, konsep risiko mengacu pada probabilitas terjadinya suatu penyakit atau kejadian kesehatan dalam periode waktu tertentu. Oleh karena itu, intervensi berbasis risiko dilakukan berdasarkan hasil analisis epidemiologis yang mengidentifikasi faktor risiko, kelompok rentan, serta tingkat kemungkinan terjadinya penyakit. Pendekatan ini memungkinkan program kesehatan menjadi lebih tepat sasaran, efisien, dan memberikan dampak yang lebih besar terhadap penurunan angka kesakitan dan kematian.

Intervensi berbasis risiko berlandaskan pada prinsip epidemiologi yang menekankan identifikasi determinan penyakit dalam populasi. Melalui studi epidemiologi, berbagai faktor risiko dapat diidentifikasi, baik yang bersifat biologis, perilaku, lingkungan, sosial, maupun genetik. Informasi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan kelompok masyarakat yang memiliki kemungkinan lebih

besar mengalami suatu penyakit sehingga dapat diberikan intervensi secara lebih intensif. Menurut *World Health Organization*, pendekatan berbasis risiko menjadi komponen penting dalam pengendalian penyakit karena memungkinkan pengambilan keputusan yang didasarkan pada bukti (*evidence-based decision making*). Dalam praktiknya, data surveilans, hasil penelitian epidemiologi, serta analisis faktor risiko digunakan untuk menentukan prioritas intervensi kesehatan masyarakat.

1. Komponen Utama Intervensi Berbasis Risiko

a. Identifikasi Faktor Risiko

Tahap pertama dalam intervensi berbasis risiko adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang berhubungan dengan peningkatan kejadian penyakit. Faktor risiko dapat berupa perilaku tidak sehat, paparan lingkungan, kondisi sosial ekonomi, faktor genetik, maupun kondisi biologis tertentu. Identifikasi dilakukan melalui surveilans kesehatan, penelitian epidemiologi, pemeriksaan kesehatan, dan analisis data kesehatan masyarakat. Sebagai contoh, merokok merupakan faktor risiko utama penyakit jantung dan kanker paru, sedangkan hipertensi merupakan faktor risiko penting stroke dan penyakit kardiovaskular. Dengan mengetahui faktor risiko tersebut, program kesehatan dapat difokuskan pada kelompok yang paling membutuhkan intervensi.

b. Penilaian Tingkat Risiko

Setelah faktor risiko diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan penilaian tingkat risiko (*risk assessment*). Penilaian ini bertujuan menentukan besarnya kemungkinan seseorang atau kelompok mengalami suatu penyakit berdasarkan karakteristik tertentu. Dalam penyakit kardiovaskular, misalnya, penilaian risiko dilakukan dengan mempertimbangkan usia, tekanan darah, kadar kolesterol, riwayat merokok, diabetes melitus, dan faktor lainnya. Individu dengan risiko tinggi akan memperoleh perhatian dan intervensi yang lebih intensif dibandingkan kelompok risiko rendah.

c. Penetapan Prioritas Intervensi

Keterbatasan sumber daya kesehatan mengharuskan adanya prioritas dalam pelaksanaan program. Oleh karena itu, kelompok dengan risiko tertinggi biasanya menjadi sasaran utama

intervensi. Penetapan prioritas dilakukan berdasarkan besarnya masalah kesehatan, tingkat keparahan penyakit, jumlah populasi yang terdampak, serta efektivitas intervensi yang tersedia. Pendekatan ini membantu meningkatkan efisiensi program kesehatan karena sumber daya dapat diarahkan kepada kelompok yang memiliki kebutuhan paling besar dan potensi manfaat yang paling tinggi.

d. **Monitoring dan Evaluasi Risiko**

Intervensi berbasis risiko memerlukan pemantauan dan evaluasi secara berkala untuk menilai efektivitas program. Monitoring dilakukan melalui sistem surveilans kesehatan, pengukuran indikator kesehatan, serta evaluasi perubahan faktor risiko dalam populasi. Hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki strategi intervensi dan menyesuaikan kebijakan kesehatan sesuai perkembangan situasi.

2. Keunggulan dan Tantangan Intervensi Berbasis Risiko

Intervensi berbasis risiko memiliki beberapa keunggulan, antara lain meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, memperkuat ketepatan sasaran program, meningkatkan efektivitas pencegahan penyakit, serta mempercepat pencapaian target kesehatan masyarakat. Pendekatan ini juga mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti sehingga kebijakan kesehatan dapat disusun secara lebih rasional. Namun demikian, terdapat beberapa tantangan dalam penerapannya. Ketersediaan data yang tidak lengkap, keterbatasan sistem surveilans, rendahnya kualitas data kesehatan, serta kesenjangan akses layanan kesehatan dapat menghambat identifikasi kelompok berisiko. Selain itu, faktor sosial, budaya, dan ekonomi sering kali memengaruhi keberhasilan intervensi sehingga diperlukan pendekatan yang komprehensif dan lintas sektor.

3. Peran Intervensi Berbasis Risiko dalam Pencapaian SDGs

Intervensi berbasis risiko berkontribusi secara signifikan terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Tujuan 3 tentang kehidupan sehat dan kesejahteraan. Dengan mengidentifikasi kelompok rentan dan faktor risiko utama, intervensi dapat dilakukan lebih dini sehingga mampu menurunkan angka kesakitan, kematian, dan kecacatan akibat berbagai penyakit. Selain itu,

pendekatan ini membantu mengurangi ketimpangan kesehatan karena kelompok yang paling rentan mendapatkan prioritas dalam pelayanan dan program kesehatan. Dengan demikian, intervensi berbasis risiko tidak hanya meningkatkan efisiensi sistem kesehatan, tetapi juga mendukung prinsip keadilan kesehatan (*health equity*).

D. Peran Edukasi dan Perubahan Perilaku

Edukasi kesehatan merupakan proses pemberian informasi, pengetahuan, keterampilan, dan motivasi kepada individu maupun masyarakat agar mampu memahami faktor-faktor yang memengaruhi kesehatan serta mengambil keputusan yang tepat untuk menjaga dan meningkatkan kesehatannya. Dalam konteks kesehatan masyarakat, edukasi tidak hanya bertujuan meningkatkan pengetahuan, tetapi juga mendorong terjadinya perubahan perilaku yang berkelanjutan sehingga individu dapat menerapkan praktik hidup sehat dalam kehidupan sehari-hari.

Perubahan perilaku kesehatan merupakan proses transformasi dari perilaku yang berisiko menjadi perilaku yang mendukung kesehatan. Menurut *World Health Organization*, sebagian besar penyebab utama penyakit menular dan tidak menular berkaitan dengan perilaku manusia, seperti merokok, pola makan tidak sehat, kurang aktivitas fisik, penggunaan alkohol, perilaku seksual berisiko, serta rendahnya kepatuhan terhadap program pencegahan penyakit. Oleh karena itu, edukasi dan perubahan perilaku menjadi komponen penting dalam strategi promotif dan preventif kesehatan.

1. Hubungan Edukasi dengan Perilaku Kesehatan

Pengetahuan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi perilaku kesehatan seseorang. Individu yang memiliki pemahaman yang baik mengenai faktor risiko penyakit dan manfaat perilaku sehat cenderung lebih mudah menerapkan tindakan pencegahan dibandingkan individu yang memiliki pengetahuan terbatas. Edukasi kesehatan membantu meningkatkan kesadaran (*awareness*), membentuk sikap positif, dan memperkuat motivasi untuk melakukan perubahan perilaku.

Namun demikian, peningkatan pengetahuan saja sering kali tidak cukup untuk mengubah perilaku. Faktor sosial, budaya, ekonomi, lingkungan, kebiasaan, serta dukungan keluarga dan masyarakat juga

berperan dalam menentukan apakah seseorang akan menerapkan perilaku sehat atau tidak. Oleh karena itu, program edukasi kesehatan yang efektif harus memperhatikan berbagai faktor yang memengaruhi perilaku manusia secara menyeluruh.

2. Teori Perubahan Perilaku dalam Kesehatan

Berbagai teori perilaku digunakan untuk memahami dan merancang intervensi kesehatan yang lebih efektif. Salah satu teori yang banyak digunakan adalah *Health Belief Model* (HBM), yang menjelaskan bahwa seseorang akan melakukan tindakan kesehatan apabila merasa dirinya berisiko mengalami penyakit, memahami tingkat keparahan penyakit tersebut, serta percaya bahwa tindakan pencegahan yang dilakukan akan memberikan manfaat.

Teori lain adalah *Theory of Planned Behavior* (TPB), yang menyatakan bahwa niat seseorang untuk melakukan suatu perilaku dipengaruhi oleh sikap terhadap perilaku tersebut, norma sosial yang berlaku, dan persepsi mengenai kemampuannya untuk melaksanakan perilaku tersebut. Selain itu, *Social Cognitive Theory* menekankan pentingnya proses belajar melalui pengamatan, pengalaman, dan interaksi sosial dalam membentuk perilaku kesehatan. Pemahaman terhadap teori-teori ini membantu tenaga kesehatan merancang program edukasi yang lebih sesuai dengan karakteristik sasaran.

3. Peran Edukasi dalam Pencegahan Penyakit Menular dan Tidak Menular

Edukasi kesehatan memiliki peran yang sangat penting dalam pengendalian penyakit menular. Informasi mengenai cara penularan penyakit, pentingnya imunisasi, praktik kebersihan diri, penggunaan air bersih, sanitasi lingkungan, etika batuk, dan perilaku pencegahan lainnya dapat membantu mengurangi risiko penyebaran penyakit di masyarakat. Sebagai contoh, kampanye edukasi mengenai cuci tangan dengan sabun terbukti efektif menurunkan kejadian diare dan infeksi saluran pernapasan. Demikian pula, edukasi tentang manfaat imunisasi telah meningkatkan penerimaan masyarakat terhadap program vaksinasi sehingga mampu menurunkan angka kejadian berbagai penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi. Selama pandemi COVID-19, edukasi mengenai penggunaan masker, menjaga jarak, vaksinasi, dan perilaku

hidup bersih menjadi salah satu faktor penting dalam pengendalian penyebaran penyakit.

Penyakit tidak menular (PTM) seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit jantung, stroke, kanker, dan penyakit paru kronis sangat dipengaruhi oleh perilaku individu. Oleh karena itu, edukasi kesehatan berperan penting dalam meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai faktor risiko yang dapat dimodifikasi. Melalui edukasi yang berkelanjutan, masyarakat dapat memahami pentingnya pola makan sehat, aktivitas fisik teratur, penghentian merokok, pengendalian berat badan, pengurangan konsumsi garam dan gula, serta pemeriksaan kesehatan secara berkala. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa intervensi edukatif yang dikombinasikan dengan dukungan sosial dan lingkungan mampu meningkatkan keberhasilan perubahan perilaku dan menurunkan risiko penyakit tidak menular secara signifikan.

4. Strategi Edukasi Kesehatan untuk Perubahan Perilaku

a. Komunikasi Informasi dan Edukasi

Komunikasi Informasi dan Edukasi merupakan strategi yang paling sering digunakan dalam promosi kesehatan. Kegiatan ini dilakukan melalui penyuluhan, kampanye kesehatan, media massa, media sosial, poster, leaflet, video edukasi, dan berbagai sarana komunikasi lainnya. Tujuannya adalah meningkatkan pengetahuan dan kesadaran masyarakat mengenai isu kesehatan tertentu.

b. Konseling Individu dan Kelompok

Konseling memberikan kesempatan kepada individu untuk memperoleh informasi yang lebih personal sesuai dengan kondisi dan kebutuhannya. Pendekatan ini sering digunakan dalam program berhenti merokok, pengelolaan diabetes, konseling gizi, kesehatan reproduksi, serta kesehatan mental. Konseling kelompok juga efektif untuk membangun dukungan sosial yang dapat memperkuat perubahan perilaku.

c. Pendidikan Sebaya (*Peer Education*)

Pendidikan sebaya merupakan metode edukasi yang melibatkan individu dari kelompok yang sama sebagai agen perubahan. Pendekatan ini banyak digunakan pada remaja karena pesan kesehatan yang disampaikan oleh teman sebaya cenderung lebih mudah diterima dibandingkan pesan dari pihak luar. Program

pendidikan sebaya telah terbukti efektif dalam pencegahan HIV/AIDS, penyalahgunaan narkoba, kesehatan reproduksi, dan kesehatan mental.

d. Pemberdayaan Masyarakat

Pemberdayaan masyarakat bertujuan meningkatkan kapasitas komunitas untuk mengidentifikasi masalah kesehatan dan mengembangkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Melalui pemberdayaan, masyarakat tidak hanya menjadi penerima informasi tetapi juga menjadi pelaku utama dalam perubahan perilaku dan pembangunan kesehatan.

Perubahan perilaku kesehatan merupakan proses yang kompleks dan sering memerlukan waktu yang panjang. Banyak individu mengetahui manfaat perilaku sehat tetapi mengalami kesulitan dalam menerapkannya secara konsisten. Faktor budaya, kebiasaan yang telah berlangsung lama, pengaruh lingkungan sosial, keterbatasan ekonomi, rendahnya literasi kesehatan, serta maraknya informasi yang tidak akurat dapat menjadi hambatan dalam perubahan perilaku. Di era digital, tantangan lain muncul dalam bentuk penyebaran misinformasi dan disinformasi kesehatan melalui media sosial. Informasi yang tidak valid dapat menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap program kesehatan dan menghambat keberhasilan intervensi kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, edukasi kesehatan harus didasarkan pada bukti ilmiah yang kuat dan disampaikan secara jelas, menarik, serta mudah dipahami.

Edukasi kesehatan dan perubahan perilaku memiliki kontribusi besar terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Tujuan 3 tentang kehidupan sehat dan kesejahteraan. Melalui peningkatan pengetahuan dan perubahan perilaku, masyarakat dapat mengurangi faktor risiko penyakit, meningkatkan kualitas hidup, serta memperkuat ketahanan kesehatan individu dan komunitas. Selain itu, edukasi kesehatan juga mendukung pencapaian tujuan pembangunan lainnya seperti pengurangan kemiskinan, peningkatan kualitas pendidikan, kesetaraan gender, dan pengurangan ketimpangan. Dengan demikian, investasi dalam edukasi kesehatan tidak hanya memberikan manfaat kesehatan, tetapi juga berkontribusi terhadap pembangunan sosial dan ekonomi secara berkelanjutan.

BAB XI

EPIDEMIOLOGI DALAM

KEBIJAKAN KESEHATAN

A. *Evidence-Based Public Health*

Evidence-Based Public Health adalah pendekatan yang secara konsisten mengintegrasikan bukti terbaik yang tersedia dalam desain, implementasi, dan evaluasi program dan kebijakan kesehatan masyarakat. Konsep ini diadaptasi dari gerakan *evidence-based medicine* (EBM) yang berkembang pesat sejak 1990-an, namun dengan penekanan penting bahwa konteks kesehatan masyarakat memerlukan jenis bukti yang lebih luas dari sekadar bukti dari RCT individual.

Brownson, Fielding, dan Green (2018) mendefinisikan *Evidence-Based Public Health* sebagai proses mengintegrasikan ilmu pengetahuan berbasis studi penelitian dengan praktik kesehatan masyarakat kontekstual. Definisi ini menekankan bahwa *Evidence-Based Public Health* bukan sekadar menerapkan penelitian tetapi sebuah proses yang kompleks yang melibatkan penilaian kritis bukti, penyesuaian dengan konteks lokal, dan pertimbangan nilai-nilai komunitas. Nutbeam dan Muscat (2021) menekankan bahwa pemisahan kaku antara 'bukti' dan 'nilai' dalam pengambilan keputusan kebijakan kesehatan adalah keliru keputusan tentang tujuan kebijakan selalu mengandung pertimbangan nilai, sementara keputusan tentang cara terbaik mencapainya harus dipandu oleh bukti empiris.

1. Konsep Dasar *Evidence-Based Public Health*

Evidence-Based Public Health didasarkan pada prinsip bahwa kebijakan dan program kesehatan harus dibangun berdasarkan bukti ilmiah yang kuat, bukan hanya berdasarkan asumsi, pengalaman pribadi, atau pertimbangan politik semata. Pendekatan ini menggabungkan tiga komponen utama, yaitu bukti ilmiah terbaik (*best available evidence*),

keahlian profesional (*professional expertise*), dan nilai serta kebutuhan masyarakat (*community values and preferences*).

Bukti ilmiah dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk penelitian epidemiologi, surveilans kesehatan, uji klinis, studi kohort, studi kasus-kontrol, tinjauan sistematis (*systematic review*), dan meta-analisis. Sementara itu, keahlian profesional diperlukan untuk menginterpretasikan bukti dan menyesuaikannya dengan konteks lokal. Di sisi lain, nilai masyarakat harus dipertimbangkan agar intervensi yang dirancang dapat diterima dan diterapkan secara efektif oleh kelompok sasaran.

2. Komponen Utama *Evidence-Based Public Health*

a. Penggunaan Data Epidemiologi

Data epidemiologi merupakan fondasi utama dalam *Evidence-Based Public Health*. Informasi mengenai insidensi, prevalensi, mortalitas, distribusi faktor risiko, dan tren penyakit digunakan untuk mengidentifikasi masalah kesehatan yang menjadi prioritas. Data tersebut memungkinkan pengambil kebijakan memahami besarnya masalah kesehatan, kelompok yang paling terdampak, serta faktor-faktor yang berkontribusi terhadap terjadinya penyakit. Melalui analisis epidemiologi, intervensi kesehatan dapat diarahkan kepada kelompok yang paling membutuhkan sehingga sumber daya kesehatan dapat dimanfaatkan secara lebih efisien dan efektif.

b. Pemanfaatan Hasil Penelitian Ilmiah

Penelitian ilmiah menyediakan bukti mengenai efektivitas, keamanan, efisiensi, dan dampak berbagai intervensi kesehatan. Dalam *Evidence-Based Public Health*, keputusan kesehatan tidak hanya berdasarkan intuisi atau pengalaman, tetapi juga mempertimbangkan hasil penelitian yang telah teruji secara ilmiah. Sebagai contoh, kebijakan imunisasi nasional didasarkan pada bukti kuat yang menunjukkan bahwa vaksin efektif dalam menurunkan angka kesakitan, kecacatan, dan kematian akibat penyakit infeksi tertentu. Demikian pula, berbagai program pengendalian faktor risiko penyakit tidak menular dikembangkan berdasarkan hasil penelitian epidemiologi yang menunjukkan hubungan antara perilaku kesehatan dan kejadian penyakit.

c. **Pertimbangan Konteks Lokal**

Meskipun bukti ilmiah sangat penting, implementasi program kesehatan harus mempertimbangkan kondisi lokal seperti budaya, sosial ekonomi, infrastruktur, sumber daya manusia, dan sistem kesehatan yang tersedia. Intervensi yang berhasil di suatu negara belum tentu memberikan hasil yang sama apabila diterapkan pada populasi yang berbeda. Oleh karena itu, *Evidence-Based Public Health* menekankan pentingnya adaptasi bukti ilmiah ke dalam konteks lokal agar program kesehatan lebih relevan, efektif, dan berkelanjutan.

d. **Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan**

Evaluasi merupakan bagian integral dari *Evidence-Based Public Health*. Setiap program kesehatan perlu dipantau dan dievaluasi untuk mengetahui apakah tujuan yang ditetapkan telah tercapai. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar untuk memperbaiki kebijakan dan program di masa mendatang. Pendekatan ini menciptakan siklus perbaikan berkelanjutan (*continuous quality improvement*) yang memungkinkan sistem kesehatan terus berkembang berdasarkan pengalaman dan bukti baru yang diperoleh.

3. Tahapan *Evidence-Based Public Health*

Pelaksanaan *Evidence-Based Public Health* umumnya mengikuti beberapa tahapan yang saling berkesinambungan.

a) **Identifikasi Masalah Kesehatan**

Tahap pertama adalah mengenali dan mendefinisikan masalah kesehatan yang terjadi dalam masyarakat. Proses ini dilakukan melalui surveilans epidemiologi, analisis data kesehatan, dan identifikasi kebutuhan masyarakat.

b) **Pengumpulan dan Penilaian Bukti**

Setelah masalah kesehatan diidentifikasi, langkah berikutnya adalah mencari dan menilai bukti ilmiah yang relevan. Penilaian dilakukan untuk memastikan kualitas, validitas, reliabilitas, dan relevansi bukti terhadap masalah yang dihadapi.

c) **Perencanaan Intervensi**

Bukti ilmiah yang telah diperoleh digunakan untuk merancang intervensi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat dan sumber

daya yang tersedia. Intervensi dapat berupa program promotif, preventif, kuratif, maupun rehabilitatif.

d) Implementasi Program

Program kesehatan kemudian dilaksanakan dengan melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, tenaga kesehatan, organisasi masyarakat, dan komunitas lokal.

e) Monitoring dan Evaluasi

Tahap terakhir adalah melakukan pemantauan dan evaluasi untuk menilai efektivitas program serta mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan.

4. Peran *Evidence-Based Public Health* dalam Pengendalian Penyakit Menular dan Tidak Menular

Evidence-Based Public Health memiliki peran penting dalam pengendalian penyakit menular. Data surveilans epidemiologi digunakan untuk mendeteksi wabah, memantau tren penyakit, mengidentifikasi kelompok berisiko tinggi, dan menentukan strategi intervensi yang paling efektif. Sebagai contoh, selama pandemi COVID-19, kebijakan penggunaan masker, pembatasan sosial, vaksinasi massal, dan strategi pengujian (*testing*) dikembangkan berdasarkan bukti epidemiologi yang terus diperbarui. Pendekatan berbasis bukti memungkinkan pemerintah mengambil keputusan yang lebih tepat dalam menghadapi situasi yang berkembang secara cepat. Program pengendalian tuberkulosis, malaria, HIV/AIDS, dan penyakit yang dapat dicegah dengan imunisasi juga sangat bergantung pada penggunaan data epidemiologi dan hasil penelitian ilmiah untuk menentukan kebijakan dan strategi intervensi yang efektif.

Dalam pengendalian penyakit tidak menular (PTM), *Evidence-Based Public Health* membantu mengidentifikasi faktor risiko utama yang berkontribusi terhadap meningkatnya kejadian penyakit kronis. Bukti ilmiah menunjukkan bahwa merokok, konsumsi alkohol, pola makan tidak sehat, obesitas, dan kurang aktivitas fisik merupakan faktor risiko utama PTM. Berdasarkan bukti tersebut, berbagai kebijakan kesehatan seperti kawasan tanpa rokok, pelabelan gizi pangan, promosi aktivitas fisik, dan program skrining kesehatan dikembangkan untuk menurunkan beban penyakit tidak menular. Intervensi yang didasarkan pada bukti terbukti lebih efektif dibandingkan pendekatan yang tidak memiliki dasar ilmiah yang kuat.

B. Perencanaan Program Kesehatan

Perencanaan program kesehatan yang efektif menggunakan data epidemiologi sebagai titik awal untuk mengidentifikasi masalah kesehatan yang diprioritaskan, memahami penyebabnya, dan merancang intervensi yang paling mungkin efektif. Proses perencanaan ini bukanlah linier tetapi merupakan siklus yang berulang setiap siklus menghasilkan data evaluasi yang menginformasikan perencanaan siklus berikutnya.

1. *Need Assessment*: Menilai Kebutuhan Kesehatan

Need assessment (penilaian kebutuhan) merupakan langkah pertama yang kritis dalam perencanaan program kesehatan. Tujuannya adalah memahami secara komprehensif masalah kesehatan yang dihadapi populasi target tidak hanya dari perspektif epidemiologi (data kesehatan), tetapi juga dari perspektif komunitas (persepsi dan prioritas komunitas) dan dari perspektif sumber daya (kapasitas yang tersedia).

Komponen *need assessment* yang komprehensif mencakup: (1) *Epidemiological needs assessment* menggunakan data *surveilans*, *Riskesdas*, dan sumber data sekunder untuk mendeskripsikan beban penyakit, faktor risiko, dan kelompok populasi yang paling terdampak; (2) *Comparative needs assessment* membandingkan kondisi kesehatan populasi target dengan standar nasional, regional, atau internasional untuk mengidentifikasi kesenjangan; (3) *Corporate needs assessment* mengkonsultasikan perspektif tenaga kesehatan, kepala dinas kesehatan, dan pemangku kepentingan lain tentang masalah yang mereka identifikasi; dan (4) *Expressed/felt needs assessment* melalui *focus group discussion*, survei, atau *community forum*, memahami apa yang dirasakan komunitas sebagai prioritas kesehatan mereka.

Keseimbangan antara kebutuhan yang diidentifikasi secara epidemiologis (*normative needs*) dan kebutuhan yang dirasakan atau diekspresikan komunitas (*felt/expressed needs*) merupakan isu etika dan praktis yang penting dalam perencanaan program kesehatan. Program yang hanya didasarkan pada prioritas 'ahli' tanpa mempertimbangkan perspektif komunitas cenderung kurang diterima dan kurang berkelanjutan, sementara program yang semata-mata merespons permintaan komunitas tanpa pertimbangan epidemiologis mungkin tidak menangani masalah kesehatan yang paling signifikan.

2. Model PRECEDE-PROCEED

Model PRECEDE-PROCEED yang dikembangkan Green dan Kreuter merupakan salah satu kerangka perencanaan promosi kesehatan paling komprehensif dan paling banyak digunakan. Model ini terdiri dari dua fase utama: PRECEDE (*Predisposing, Reinforcing, and Enabling Constructs in Educational/Ecological Diagnosis and Evaluation*) yang memandu diagnostik menyeluruh tentang masalah kesehatan dan faktor penentuannya, dan PROCEED (*Policy, Regulatory, and Organizational Constructs in Educational and Environmental Development*) yang memandu implementasi dan evaluasi program.

Fase PRECEDE terdiri dari beberapa tahap diagnostik yang dilakukan secara berurutan: (1) *Social Diagnosis* menilai kualitas hidup dan masalah sosial dalam komunitas; (2) *Epidemiological Diagnosis* mengidentifikasi determinan kesehatan spesifik; (3) *Educational and Ecological Diagnosis* mengidentifikasi tiga kategori faktor yang memengaruhi perilaku kesehatan: *predisposing factors* (pengetahuan, sikap, kepercayaan), *enabling factors* (keterampilan, sumber daya, akses layanan), dan *reinforcing factors* (dukungan sosial, penguatan dari petugas kesehatan dan keluarga); dan (4) *Administrative and Policy Diagnosis* menilai kapasitas organisasi dan kebijakan yang ada.

3. Penetapan Prioritas Kesehatan

Keterbatasan sumber daya mengharuskan penetapan prioritas dalam perencanaan program kesehatan tidak semua masalah dapat ditangani secara bersamaan dengan tingkat intensitas yang sama. Beberapa kerangka dan alat telah dikembangkan untuk membantu proses prioritisasi yang transparan dan berbasis bukti.

Kriteria prioritas yang umum digunakan mencakup: (1) Besaran masalah (*magnitude*) seberapa banyak orang yang terdampak, diukur dengan insidensi, prevalensi, atau DALY; (2) Keparahan masalah (*severity*) mortalitas, morbiditas, kecacatan, atau kerugian ekonomi yang ditimbulkan; (3) Kemampuan diintervensi (*changeability*) seberapa efektif intervensi yang tersedia; (4) Keadilan (*equity*) apakah masalah ini secara tidak proporsional memengaruhi kelompok rentan atau kurang beruntung; dan (5) Efisiensi biaya (*cost-effectiveness*) berapa besar dampak kesehatan per unit biaya yang diinvestasikan.

Analisis *cost-effectiveness* menggunakan ukuran seperti *Cost per DALY averted* (biaya per DALY yang dihindari) atau *Cost per QALY gained* (biaya per QALY yang diperoleh) merupakan alat yang semakin banyak digunakan dalam penetapan prioritas program kesehatan dan dalam keputusan inklusi intervensi ke dalam paket manfaat JKN. Di Indonesia, Komite Penilaian Teknologi Kesehatan (KPTK) Kementerian Kesehatan RI melakukan *Health Technology Assessment* (HTA) untuk menginformasikan keputusan tentang inklusi obat dan prosedur dalam formularium JKN.

Tabel 11.1 Siklus Perencanaan Program Kesehatan Berbasis Epidemiologi

Tahap Siklus Perencanaan	Pertanyaan Kunci	Metode/Alat Utama	Output
<i>Need Assessment</i>	Apa masalah kesehatan utama? Siapa yang paling terdampak?	Data Riskesdas, <i>surveilans</i> ; FGD komunitas; kajian literatur	Profil masalah kesehatan; kelompok prioritas
Prioritisasi	Masalah mana yang harus diprioritaskan?	Analisis DALY/beban penyakit; matriks prioritas; konsultasi pemangku kepentingan	Daftar prioritas masalah kesehatan
Perumusan Tujuan	Apa yang ingin dicapai, kapan, untuk siapa?	Model PRECEDE; SMART objectives	Tujuan umum dan tujuan khusus yang terukur
Pemilihan Intervensi	Intervensi apa yang paling efektif dan feasible?	<i>Systematic review</i> ; <i>The Community Guide</i> ; HTA	Paket intervensi berbasis bukti
Perencanaan Implementasi	Bagaimana program akan dilaksanakan?	<i>Logic model</i> ; <i>Gantt chart</i> ; analisis	Rencana operasional,

Monitoring	Apakah program berjalan sesuai rencana?	pemangku kepentingan Indikator proses; supervisi berkala; LIPA	jadwal, anggaran Laporan kemajuan periodik
Evaluasi <i>Outcome</i>	Apa perubahan yang dicapai?	Studi quasi-eksperimental; survei pre-post; analisis data rutin	Laporan evaluasi; pembelajaran untuk siklus berikutnya

C. Evaluasi Program dan Intervensi Kesehatan

Evaluasi program merupakan komponen kritis EBPH yang sering diabaikan, terutama di negara berkembang di mana tekanan lebih besar pada implementasi daripada pada penilaian dampak. Tanpa evaluasi yang rigorous, kita tidak dapat mengetahui apakah program yang kita jalankan benar-benar efektif, apakah sumber daya digunakan secara optimal, atau apa yang perlu diperbaiki.

1. Kerangka Evaluasi Program CDC

CDC *Framework for Program Evaluation in Public Health* (1999, diperbarui 2022) menyediakan pendekatan enam langkah yang praktis untuk mendesain dan melaksanakan evaluasi program: (1) *Engage stakeholders* yaitu identifikasi dan libatkan semua pihak yang berkepentingan dengan program; (2) *Describe the program* yaitu gambarkan secara jelas tujuan, aktivitas, sumber daya, dan *logic model program*; (3) *Focus the evaluation design* yaitu tentukan pertanyaan evaluasi, metodologi, dan indikator; (4) *Gather credible evidence*, kumpulkan data yang berkualitas, memadai, dan relevan; (5) *Justify conclusions*, analisis dan interpretasikan data berdasarkan nilai dan standar yang disepakati; (6) *Ensure use and share lessons learned*, gunakan temuan untuk perbaikan program dan bagikan pelajaran kepada komunitas praktisi.

Salah satu alat paling berguna dalam evaluasi program adalah *Logic Model* representasi visual tentang bagaimana program bekerja, menghubungkan *inputs* (sumber daya), *activities* (kegiatan), *outputs* (produk langsung), *outcomes* (perubahan jangka menengah), dan *impact* (perubahan jangka panjang pada status kesehatan). *Logic model* membantu memperjelas asumsi-asumsi kausal yang mendasari program dan mengidentifikasi titik-titik evaluasi yang paling kritis.

2. Desain Evaluasi: Dari Quasi-Eksperimental ke RCT

Desain evaluasi merupakan komponen penting dalam penelitian dan evaluasi program karena menentukan kemampuan evaluator dalam mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara suatu intervensi dan hasil yang diperoleh. Dalam bidang kesehatan masyarakat, evaluasi program sering dilakukan menggunakan berbagai pendekatan desain penelitian, mulai dari desain observasional hingga desain eksperimental. Dua desain yang paling sering digunakan untuk menilai efektivitas intervensi adalah *quasi-experimental design* dan *randomized controlled trial* (RCT). Kedua pendekatan ini memiliki tujuan yang sama, yaitu mengukur dampak suatu program, tetapi berbeda dalam tingkat kontrol terhadap faktor-faktor yang dapat memengaruhi hasil penelitian.

a. Desain *Quasi-Experimental*

Desain *quasi-experimental* merupakan pendekatan evaluasi yang digunakan ketika peneliti tidak dapat melakukan randomisasi terhadap kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Dalam kondisi nyata, khususnya pada program kesehatan masyarakat, pendidikan kesehatan, atau kebijakan publik, randomisasi sering kali sulit dilakukan karena alasan etika, administratif, biaya, maupun keterbatasan operasional. Oleh karena itu, desain *quasi-experimental* menjadi alternatif yang memungkinkan evaluasi dampak program tetap dilakukan meskipun tanpa pembagian kelompok secara acak.

Pada desain ini, kelompok yang menerima intervensi dibandingkan dengan kelompok pembanding yang memiliki karakteristik serupa. Bentuk yang umum digunakan meliputi *pretest-posttest design*, *non-equivalent control group design*, *interrupted time series*, dan *difference-in-differences analysis*. Evaluator mengukur kondisi sebelum dan sesudah intervensi untuk

melihat perubahan yang terjadi serta membandingkannya dengan kelompok yang tidak menerima program.

Keunggulan utama desain *quasi-experimental* adalah kemampuannya untuk diterapkan dalam situasi lapangan yang kompleks dan realistis. Desain ini lebih fleksibel serta lebih mudah diterapkan dibandingkan RCT. Namun demikian, kelemahan utamanya terletak pada risiko *selection bias* karena karakteristik kelompok intervensi dan kelompok kontrol mungkin tidak sepenuhnya setara. Akibatnya, validitas internal penelitian menjadi lebih rendah dibandingkan desain eksperimental murni.

b. Desain *Randomized Controlled Trial* (RCT)

Randomized Controlled Trial (RCT) merupakan desain evaluasi eksperimental yang dianggap sebagai standar emas (*gold standard*) dalam penelitian efektivitas intervensi. Dalam RCT, peserta penelitian dibagi secara acak (*random assignment*) ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol. Proses randomisasi bertujuan untuk memastikan bahwa setiap peserta memiliki peluang yang sama untuk masuk ke salah satu kelompok sehingga karakteristik kedua kelompok menjadi relatif seimbang. Melalui randomisasi, pengaruh faktor-faktor luar yang dapat mengganggu hasil penelitian dapat diminimalkan. Oleh karena itu, perbedaan hasil yang ditemukan antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol dapat lebih diyakini sebagai akibat dari intervensi yang diberikan. Dalam penelitian kesehatan, RCT banyak digunakan untuk mengevaluasi efektivitas vaksin, obat-obatan, metode terapi, program pencegahan penyakit, serta berbagai inovasi pelayanan kesehatan.

Selain randomisasi, RCT sering dilengkapi dengan prosedur *blinding* atau penyamaran informasi. Pada *single-blind study*, peserta tidak mengetahui kelompok yang mereka ikuti, sedangkan pada *double-blind study*, baik peserta maupun peneliti tidak mengetahui pembagian kelompok. Pendekatan ini membantu mengurangi potensi bias yang dapat memengaruhi hasil penelitian. Meskipun memiliki validitas internal yang sangat tinggi, RCT juga memiliki beberapa keterbatasan. Pelaksanaannya memerlukan biaya yang besar, waktu yang panjang, serta pertimbangan etika yang ketat. Dalam beberapa situasi, randomisasi tidak dapat

dilakukan karena dianggap tidak adil atau berpotensi merugikan kelompok tertentu yang seharusnya menerima intervensi.

c. Perkembangan dari *Quasi-Experimental* Menuju RCT

Perkembangan metodologi evaluasi menunjukkan adanya upaya berkelanjutan untuk meningkatkan ketepatan pengukuran dampak program. Pada tahap awal, banyak evaluasi program menggunakan desain observasional yang hanya menggambarkan perubahan sebelum dan sesudah intervensi. Seiring meningkatnya kebutuhan akan bukti ilmiah yang lebih kuat, desain *quasi-experimental* mulai digunakan untuk mengontrol sebagian faktor pengganggu dan meningkatkan validitas hasil evaluasi.

Selanjutnya, perkembangan konsep *evidence-based public health* dan *evidence-based medicine* mendorong penggunaan RCT sebagai metode utama dalam menghasilkan bukti kausalitas yang kuat. Saat ini, berbagai lembaga internasional seperti World Health Organization, Centers for Disease Control and Prevention, serta Cochrane Collaboration menempatkan hasil penelitian RCT sebagai salah satu sumber bukti ilmiah dengan tingkat kepercayaan tertinggi dalam pengambilan keputusan kesehatan. Namun demikian, para ahli evaluasi modern menekankan bahwa pemilihan desain harus mempertimbangkan konteks program. Tidak semua intervensi memerlukan RCT, dan tidak semua situasi memungkinkan randomisasi. Dalam banyak kasus kesehatan masyarakat yang melibatkan populasi besar dan lingkungan sosial yang kompleks, desain *quasi-experimental* yang dirancang dengan baik tetap dapat menghasilkan bukti yang kuat dan relevan.

D. Peran Epidemiologi dalam Pengambilan Keputusan

Pengambilan keputusan berbasis epidemiologi (*evidence-based decision making*) mengacu pada penggunaan data dan bukti ilmiah dalam menentukan kebijakan, program, dan tindakan kesehatan yang tepat. Pendekatan ini memungkinkan pemerintah, tenaga kesehatan, dan pembuat kebijakan mengalokasikan sumber daya secara lebih efektif, menetapkan prioritas kesehatan, serta merancang intervensi yang memberikan dampak terbesar bagi masyarakat. Menurut World Health Organization, kebijakan kesehatan yang didasarkan pada bukti

epidemiologis cenderung lebih efektif dibandingkan kebijakan yang hanya berdasarkan asumsi atau pertimbangan nonilmiah.

1. Epidemiologi sebagai Dasar Identifikasi Masalah Kesehatan

Peran utama epidemiologi dalam pengambilan keputusan adalah mengidentifikasi masalah kesehatan yang terjadi dalam masyarakat. Melalui pengumpulan dan analisis data kesehatan, epidemiologi dapat menggambarkan besarnya masalah, distribusi penyakit berdasarkan waktu, tempat, dan karakteristik penduduk, serta tren perubahan yang terjadi dari waktu ke waktu. Sebagai contoh, data epidemiologi dapat menunjukkan peningkatan prevalensi diabetes melitus di suatu wilayah atau tingginya angka kejadian tuberkulosis pada kelompok tertentu. Informasi tersebut menjadi dasar bagi pemerintah untuk menetapkan masalah kesehatan yang memerlukan perhatian dan intervensi segera. Tanpa data epidemiologi yang akurat, prioritas pembangunan kesehatan sulit ditentukan secara objektif.

2. Menentukan Prioritas Program Kesehatan

Keterbatasan sumber daya kesehatan mengharuskan pemerintah menetapkan prioritas dalam pelaksanaan program kesehatan. Epidemiologi membantu proses ini dengan menyediakan informasi mengenai tingkat keparahan penyakit, jumlah penduduk yang terdampak, angka kematian, beban ekonomi penyakit, serta potensi pencegahan yang dapat dilakukan. Sebagai contoh, tingginya angka kematian akibat penyakit kardiovaskular dan diabetes melitus di berbagai negara mendorong penguatan program pengendalian penyakit tidak menular. Demikian pula, meningkatnya kasus stunting di Indonesia menjadi dasar bagi pemerintah untuk menjadikan percepatan penurunan stunting sebagai prioritas nasional. Dengan demikian, epidemiologi membantu memastikan bahwa sumber daya kesehatan digunakan untuk mengatasi masalah yang memiliki dampak terbesar terhadap masyarakat.

3. Identifikasi Faktor Risiko dan Kelompok Rentan

Epidemiologi berperan penting dalam mengidentifikasi faktor risiko yang berkontribusi terhadap terjadinya penyakit. Melalui berbagai desain penelitian seperti studi kohort, studi kasus-kontrol, dan survei populasi, epidemiologi mampu menentukan hubungan antara faktor risiko dan kejadian penyakit. Sebagai contoh, penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa merokok merupakan faktor risiko utama kanker paru dan penyakit jantung koroner. Demikian pula, obesitas, hipertensi, dan kurang aktivitas fisik diketahui meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. Informasi ini menjadi dasar dalam penyusunan program promosi kesehatan dan pencegahan penyakit yang berfokus pada pengendalian faktor risiko tersebut. Selain itu, epidemiologi membantu mengidentifikasi kelompok rentan seperti bayi, balita, ibu hamil, lansia, masyarakat miskin, serta individu dengan penyakit penyerta (*comorbid*) yang memerlukan perhatian khusus dalam kebijakan kesehatan.

4. Peran Epidemiologi dalam Pengendalian Wabah dan Kejadian Luar Biasa

Salah satu kontribusi paling penting epidemiologi adalah dalam pengendalian wabah dan kejadian luar biasa (KLB). Epidemiologi menyediakan metode untuk mendeteksi wabah secara dini, mengidentifikasi sumber penularan, menentukan kelompok yang berisiko, serta mengevaluasi efektivitas tindakan pengendalian. Selama pandemi COVID-19, data epidemiologi digunakan untuk memantau jumlah kasus, angka reproduksi efektif (R_t), tingkat kematian, kapasitas layanan kesehatan, dan efektivitas vaksinasi. Informasi tersebut menjadi dasar dalam pengambilan keputusan mengenai pembatasan sosial, strategi vaksinasi, penguatan fasilitas kesehatan, serta kebijakan mitigasi lainnya. Hal yang sama juga berlaku pada pengendalian wabah dengue, malaria, kolera, influenza, dan penyakit menular lainnya.

5. Epidemiologi dalam Penyusunan Kebijakan Kesehatan Nasional

Penyusunan kebijakan kesehatan nasional memerlukan bukti yang kuat agar keputusan yang diambil sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Epidemiologi menyediakan data yang dibutuhkan untuk menyusun berbagai kebijakan strategis, seperti pengendalian penyakit menular, pencegahan penyakit tidak menular, penguatan sistem

kesehatan, kesehatan ibu dan anak, serta kesiapsiagaan menghadapi ancaman kesehatan global. Di Indonesia, berbagai kebijakan kesehatan seperti Program Jaminan Kesehatan Nasional (JKN), percepatan penurunan stunting, eliminasi tuberkulosis, pengendalian HIV/AIDS, dan transformasi sistem kesehatan nasional didukung oleh data epidemiologi yang diperoleh melalui surveilans, riset kesehatan, dan sistem informasi kesehatan. Pendekatan ini membantu memastikan bahwa kebijakan yang disusun sesuai dengan kondisi dan kebutuhan masyarakat Indonesia.

BAB XII

ISU KONTEMPORER DAN TANTANGAN EPIDEMIOLOGI

A. Globalisasi dan Penyebaran Penyakit

Globalisasi integrasi yang semakin intensif antarnegara melalui perdagangan, investasi, migrasi, dan arus informasi telah secara fundamental mengubah epidemiologi penyakit. Jaringan penerbangan global yang menghubungkan lebih dari 4.000 kota dengan lebih dari 100.000 penerbangan per hari (sebelum pandemi) memungkinkan patogen menyebar ke seluruh dunia dalam hitungan jam hingga hari. Seperti yang didemonstrasi secara dramatis oleh pandemi COVID-19, proses 'epidemi-ke-pandemi' kini terjadi jauh lebih cepat dari kemampuan sistem kesehatan nasional maupun global untuk merespons.

1. Globalisasi dan Penyakit Menular

Baker *et al.* (2022) dalam analisis yang dipublikasikan di NEJM mendokumentasikan bagaimana mobilitas manusia global mempercepat penyebaran patogen. Mereka menganalisis bahwa SARS-CoV-2 mencapai hampir setiap negara di dunia dalam waktu kurang dari tiga bulan setelah kluster pertama dideteksi di Wuhan sebuah kecepatan penyebaran yang jauh melampaui SARS 2003 atau H1N1 2009, mencerminkan peningkatan drastis dalam konektivitas global selama dua dekade terakhir.

Globalisasi juga memfasilitasi penyebaran vektor penyakit melalui perdagangan internasional. Nyamuk *Aedes albopictus* (*tiger mosquito*) vektor DBD dan chikungunya menyebar dari Asia ke Eropa, Amerika, dan Afrika melalui perdagangan ban bekas yang menjadi tempat perindukan ideal. Resistensi antimikroba menyebar secara global melalui perdagangan produk hewan, perjalanan manusia, dan impor produk pangan yang mengandung bakteri resisten. Ancaman AMR merupakan salah satu contoh paling jelas dari masalah kesehatan global

yang memerlukan respons multilateral dan kolaborasi internasional yang kuat.

Globalisasi sistem pangan telah mengubah rantai pasokan makanan secara fundamental satu produk pangan dapat mengandung bahan dari lusinan negara yang berbeda, dan kontaminasi pada satu titik dalam rantai pasokan dapat menyebabkan wabah penyakit bawaan makanan (*foodborne disease*) di banyak negara secara bersamaan. Wabah Salmonella terkait produk kacang-kacangan, Listeria terkait melon, dan E. coli O157:H7 terkait sayuran berdaun hijau yang masing-masing memengaruhi puluhan negara merupakan contoh nyata. Penguatan sistem keamanan pangan global dan pelaporan wabah internasional yang cepat menjadi keharusan dalam era globalisasi pangan ini.

2. Globalisasi Gaya Hidup dan Epidemio Penyakit Tidak Menular

Globalisasi tidak hanya memengaruhi distribusi penyakit menular ia juga mendorong globalisasi gaya hidup yang berkontribusi pada epidemio PTM di negara berkembang. Ekspansi cepat jaringan restoran cepat saji internasional, penyebaran global produk pangan ultra-proses, penurunan aktivitas fisik akibat mekanisasi dan otomasi, serta penyebaran budaya merokok seluruhnya dipromosikan oleh industri multinasional telah mentransformasi pola makan dan gaya hidup di negara berkembang dalam waktu satu atau dua generasi.

Fenomena ini menghasilkan apa yang disebut sebagai '*syndemic*' kondisi di mana dua atau lebih epidemio (kelebihan nutrisi dan obesitas, malnutrisi dan kekurangan gizi, dan penyakit menular) berinteraksi dan saling memperkuat dalam populasi yang sama dan pada individu yang sama. Konsep *syndemic* menekankan perlunya pendekatan terpadu yang menangani multiple epidemio secara bersamaan, mempertimbangkan kondisi sosial yang mendasari kemunculan dan distribusinya.

3. Mobilitas Penduduk dan Penyebaran Penyakit

Perkembangan transportasi modern memungkinkan jutaan orang melakukan perjalanan internasional setiap hari. Mobilitas yang tinggi ini meningkatkan peluang penyebaran agen infeksi dari satu negara ke negara lain dalam waktu yang sangat singkat. Individu yang terinfeksi dapat membawa penyakit selama masa inkubasi tanpa menunjukkan

gejala, sehingga berpotensi menularkan penyakit setelah tiba di negara tujuan.

Pandemi COVID-19 menjadi contoh paling nyata bagaimana mobilitas global mempercepat penyebaran penyakit. Dalam beberapa minggu setelah kasus pertama dilaporkan, virus SARS-CoV-2 telah menyebar ke hampir seluruh negara di dunia melalui jaringan perjalanan internasional. Fenomena serupa juga pernah terjadi pada wabah SARS tahun 2003, pandemi Influenza A (H1N1) tahun 2009, serta penyebaran virus Mpox (*Monkeypox*) pada berbagai negara di tahun-tahun terakhir. Selain perjalanan internasional, urbanisasi dan migrasi tenaga kerja juga berkontribusi terhadap penyebaran penyakit. Kepadatan penduduk di kawasan perkotaan dapat mempercepat transmisi penyakit menular melalui kontak antarmanusia yang lebih intensif.

Menghadapi tantangan kesehatan global, berbagai mekanisme kerja sama internasional telah dikembangkan untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan respons terhadap ancaman penyakit. Salah satu instrumen penting adalah *International Health Regulations* (IHR 2005) yang dikoordinasikan oleh *World Health Organization*. Regulasi ini mengatur kewajiban negara dalam mendeteksi, melaporkan, dan merespons kejadian kesehatan yang berpotensi menjadi kedaruratan kesehatan masyarakat internasional. Selain itu, berbagai organisasi internasional seperti *World Health Organization*, *Centers for Disease Control and Prevention*, *World Organisation for Animal Health*, dan *Food and Agriculture Organization* berkolaborasi dalam memperkuat *surveilans* global, pertukaran informasi epidemiologi, penelitian penyakit menular, dan pengembangan sistem peringatan dini. Pengalaman pandemi COVID-19 menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian penyakit global sangat bergantung pada transparansi data, kolaborasi ilmiah, solidaritas internasional, dan kesiapan sistem kesehatan di setiap negara.

B. Perubahan Iklim dan Kesehatan

Perubahan iklim yang dipicu oleh akumulasi gas rumah kaca dalam atmosfer merupakan ancaman kesehatan yang paling sistemik dan paling mendasar di abad ke-21. Berbeda dari ancaman kesehatan lain yang dapat diatasi dengan intervensi medis atau perilaku individual, perubahan iklim memerlukan transformasi fundamental dalam sistem

energi, pertanian, transportasi, dan industri global sebuah tantangan yang jauh melampaui kapasitas sektor kesehatan sendiri.

1. Mekanisme Dampak Iklim pada Kesehatan

Dampak perubahan iklim pada kesehatan bekerja melalui jalur langsung dan tidak langsung. Dampak langsung mencakup: paparan panas ekstrem (*heat stress*, *heat stroke*), banjir dan badai (*trauma*, *drowning*, kontaminasi air), kekeringan (kekurangan air minum, kegagalan panen), dan kebakaran hutan (paparan polutan udara, trauma). Dampak tidak langsung bekerja melalui perubahan ekosistem: perluasan distribusi vektor penyakit (nyamuk, kutu), perubahan kualitas air dan pangan, disrupsi pertanian dan ketahanan pangan, dan migrasi paksa yang menciptakan kondisi permukiman yang buruk.

IPCC *Sixth Assessment Report* (2022) mengkonfirmasi bahwa dampak perubahan iklim pada kesehatan sudah terjadi dan akan terus memburuk dengan setiap derajat pemanasan tambahan. Di Asia Tenggara termasuk Indonesia, proyeksi menunjukkan: peningkatan suhu rata-rata 2–4°C pada akhir abad ini tanpa mitigasi serius, peningkatan frekuensi dan intensitas banjir dan kekeringan, kenaikan permukaan laut yang mengancam kawasan pesisir berpenduduk padat, dan perluasan kondisi yang cocok untuk vektor malaria dan DBD ke daerah yang sebelumnya terlalu tinggi atau terlalu dingin.

Romanello *et al.* (2022) dalam laporan *Lancet Countdown on Health and Climate Change 2022* mendokumentasikan tren yang mengkhawatirkan di berbagai indikator: paparan kematian terkait panas meningkat 68% dalam dekade terakhir, musim transmisi malaria semakin panjang di banyak wilayah, dan produktivitas pertanian menurun akibat suhu ekstrem. Mereka menekankan bahwa respons terhadap perubahan iklim adalah 'sebuah peluang kesehatan yang luar biasa' karena banyak aksi mitigasi iklim (beralih dari bahan bakar fosil, meningkatkan aktivitas fisik aktif, diet berbasis nabati) juga langsung meningkatkan kesehatan.

2. Epidemiologi Penyakit Sensitif Iklim

Penyakit sensitif iklim (*climate-sensitive diseases*) adalah kondisi kesehatan yang distribusi dan epidemiologinya secara bermakna dipengaruhi oleh variabel iklim. Kategori utama mencakup penyakit

yang ditularkan melalui vektor, penyakit yang ditularkan melalui air dan pangan, dan penyakit pernapasan yang dipengaruhi kualitas udara.

DBD merupakan penyakit sensitif iklim yang sangat relevan untuk Indonesia. Suhu yang lebih tinggi mempercepat perkembangan larva nyamuk dan periode ekstrinsik inkubasi virus dengue dalam tubuh nyamuk, meningkatkan potensi penularan. Curah hujan yang lebih tinggi menciptakan lebih banyak breeding sites. Studi Lambrechts *et al.* (2021) menggunakan model iklim dan epidemi untuk memproyeksikan bahwa perubahan iklim dapat menyebabkan peningkatan 50–100 juta kasus DBD tambahan secara global pada akhir abad ini, dengan ekspansi ke daerah beriklim sedang yang sebelumnya bebas DBD.

Kolera dan diare merupakan penyakit yang sangat sensitif terhadap perubahan iklim karena ketergantungannya pada kualitas air. Banjir mengontaminasi sumber air minum, sementara kekeringan meningkatkan konsentrasi patogen dalam air permukaan yang tersisa. Di Indonesia, hubungan antara ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*) dan kejadian diare, kolera, dan leptospirosis telah terdokumentasi, memberikan dasar untuk prediksi berbasis iklim yang dapat menginformasikan kesiapsiagaan respons kesehatan.

Tabel 12.1 Dampak Perubahan Iklim terhadap Kesehatan dan Relevansinya di Indonesia

Dampak Perubahan Iklim	Mekanisme Kesehatan	Penyakit/Kondisi	Kelompok Rentan	Relevansi Indonesia
Peningkatan suhu	Gelombang panas, heat stress	Heat stroke, PKV, kematian prematur	Lansia, pekerja outdoor, bayi	Signifikan di kota padat; risiko meningkat
Perubahan curah hujan	Banjir dan kontaminasi air	Diare, kolera, leptospirosis	Anak <5 tahun, pengungsi	Sangat relevan; banjir Jakarta, Kalimantan
Perluasan habitat vektor	Nyamuk meluas ke wilayah baru	DBD, malaria, chikungunya	Populasi non-imun di daerah baru	Malaria ke dataran tinggi Papua; DBD meluas

Kenaikan muka laut	Salinisasi sumber air	Dehidrasi, diare, gagal ginjal	Komunitas pesisir	Kritis: 60% penduduk Indonesia di pesisir
Kekeringan	Kegagalan panen, kurang air	Malnutrisi, diare, ketahanan pangan	Petani, anak-anak, masyarakat pedesaan	Relevan di NTT, Jawa Tengah, NTB
Polusi udara meningkat	Partikulat, ozon, alergen	Asma, PPOK, PKV, kanker paru	Anak-anak, penderita pernapasan	Kabut asap kebakaran gambut Kalimantan/Sumatra
Migrasi iklim	Kepadatan, sanitasi buruk	Penyakit menular, trauma mental	Pengungsi internal	Risiko meningkat dengan kenaikan laut

C. *Digital Epidemiology dan Big Data*

Revolusi digital telah secara fundamental mengubah lanskap epidemiologi. Ketersediaan data dalam skala, granularitas, dan ketepatan waktu yang belum pernah ada sebelumnya dari rekam medis elektronik jutaan pasien, data pencarian internet miliaran pengguna, data GPS perangkat mobile, sensor lingkungan, dan platform media sosial membuka peluang penelitian dan *surveilans* yang sebelumnya tidak terbayangkan. Sekaligus, ledakan data ini menimbulkan tantangan metodologis, etika, dan kebijakan yang sangat serius.

1. Sumber Data Digital untuk Epidemiologi

Rekam Medis Elektronik (RME) merupakan salah satu sumber data digital paling kaya untuk epidemiologi klinik dan kesehatan masyarakat. Data RME dari jutaan pasien memungkinkan studi farmakoepidemiologi berskala besar, identifikasi faktor risiko dari data world yang, dan pemantauan adverse events obat secara real-time. Di Indonesia, implementasi SatuSehat sebagai platform RME nasional yang terintegrasi berpotensi menghasilkan data kesehatan populasi yang sangat berharga untuk epidemiologi, jika berhasil diimplementasikan dengan baik dan kerangka tata kelola data yang tepat.

Data media sosial Twitter/X, Facebook, Instagram menyimpan '*digital traces*' tentang perilaku, persepsi, dan respons publik terhadap ancaman kesehatan yang dapat dimanfaatkan untuk *infodemiology*. Selama pandemi COVID-19, analisis Twitter memungkinkan pemantauan sentimen publik terhadap vaksin COVID-19 secara real-time, identifikasi hoaks yang viral, dan pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi kepatuhan terhadap kebijakan kesehatan. Eysenbach (2020) mendefinisikan *infodemiology* sebagai ilmu mendistribusikan dan menentukan informasi di internet untuk kepentingan kesehatan masyarakat subdisiplin yang kini sangat relevan dalam era infodemi.

Data mobilitas dari ponsel pintar memberikan gambaran pergerakan populasi yang sangat detail dan real-time informasi yang sangat berharga untuk pemodelan penyebaran penyakit menular. Selama pandemi COVID-19, data mobilitas dari *Google Mobility Reports* dan *Apple Mobility Trends* digunakan secara luas untuk menilai efektivitas kebijakan pembatasan sosial di berbagai negara. Studi Xiong *et al.* (2020) mendemonstrasikan bahwa data mobilitas memprediksi penyebaran COVID-19 lebih baik dari model epidemi konvensional dalam beberapa konteks.

2. *Machine Learning* dan Kecerdasan Buatan dalam Epidemiologi

Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dan *Machine Learning* (ML) semakin banyak diaplikasikan dalam epidemiologi untuk tugas-tugas yang sebelumnya sangat sulit atau tidak mungkin dilakukan dengan metode tradisional: analisis dataset berukuran masif, identifikasi pola dalam data multidimensi yang kompleks, prediksi berbasis data, dan *natural language processing* untuk mengekstrak informasi dari teks tak terstruktur (laporan klinis, berita).

Aplikasi AI yang paling menjanjikan dalam epidemiologi mencakup: deteksi dini wabah melalui analisis data digital (sistem seperti HealthMap dan ProMED yang secara otomatis memindai berbagai sumber online untuk sinyal wabah); prediksi penyebaran epidemi berbasis data mobilitas dan konektivitas; identifikasi faktor risiko dari data omics (genomik, proteomik, metabolomik) yang sangat berdimensi tinggi; dan pemrosesan gambar medis berbasis deep learning untuk skrining kanker, retinopati diabetik, dan TBC.

Rajpurkar *et al.* (2022) mengidentifikasi beberapa hasil yang menjanjikan: algoritma *deep learning* untuk diagnosis pneumonia dari

foto dada, deteksi kanker kulit setara dermatologis, dan prediksi outcome klinis dari data RME. Namun, mereka juga menekankan tantangan serius: '*AI validation crisis*' banyak algoritma AI yang tampak sangat akurat dalam studi retrospektif gagal ketika diimplementasikan dalam kondisi nyata di populasi yang berbeda, karena masalah distributional shift dan *bias data training*.

Obermeyer *et al.* (2021) mendokumentasikan sebuah kasus penting tentang *algorithmic bias*: algoritma manajemen populasi yang digunakan oleh ratusan rumah sakit di AS secara sistematis meremehkan keparahan penyakit pasien kulit hitam, menyebabkan mereka kurang dirujuk ke program manajemen penyakit dibanding pasien kulit putih dengan kondisi yang sebanding. Algoritma ini menggunakan pengeluaran kesehatan historis sebagai proxy untuk tingkat keparahan penyakit sebuah asumsi yang tidak valid karena pasien kulit hitam secara historis mendapat lebih sedikit layanan kesehatan untuk kondisi yang sama, bukan karena lebih sehat. Kasus ini mendemonstrasikan bagaimana bias dalam data historis dapat diperbesar dan diperpanjang melalui algoritma AI.

3. Infodemiology: Mengelola Epidemologi Informasi

Infodemi (*infodemic*) epidemi informasi berlebihan, campuran fakta dan fiksi, yang membanjiri masyarakat selama krisis kesehatan diakui WHO sebagai ancaman kesehatan masyarakat tersendiri yang berjalan paralel dengan pandemi. Selama pandemi COVID-19, infodemi berisi campuran informasi yang akurat, tidak akurat, dan menyesatkan tentang asal-usul virus, transmisi, pencegahan, pengobatan, dan vaksin menyebar melalui media sosial jauh lebih cepat dari respons kesehatan masyarakat berbasis bukti.

Infodemiology sebagai disiplin ilmu mempelajari pola penyebaran dan determinan informasi di internet untuk kepentingan kesehatan masyarakat. Teknik *infodemiology* mencakup: analisis tren pencarian (*Google Trends*, *Bing searches*) untuk memantau gejala dan kekhawatiran kesehatan populasi; *social media analytics* untuk memantau sentimen, misinformasi, dan perilaku kesehatan; dan analisis jaringan untuk memahami bagaimana informasi (dan misinformasi) menyebar dalam jaringan sosial.

Strategi penanganan infodemi yang terbukti efektif mencakup: prebunking (inokulasi psikologis memperingatkan tentang taktik

manipulasi sebelum seseorang terpapar) yang lebih efektif dari debunking (koreksi setelah terpapar); melibatkan pemimpin komunitas terpercaya dalam komunikasi kesehatan; platform media sosial yang menerapkan labels pada konten yang tidak akurat; dan peningkatan literasi media dan informasi sejak usia dini. Infodemiologists dan ahli komunikasi kesehatan kini menjadi bagian penting dari tim respons kesehatan masyarakat.

D. Tantangan Sistem Kesehatan Masa Depan

Sistem kesehatan di seluruh dunia menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks akibat perubahan demografi, perkembangan teknologi, globalisasi, perubahan lingkungan, serta munculnya berbagai ancaman kesehatan baru. Tantangan-tantangan tersebut menuntut sistem kesehatan untuk beradaptasi secara berkelanjutan agar tetap mampu memberikan pelayanan yang berkualitas, merata, efisien, dan berkelanjutan. Dalam konteks pembangunan kesehatan modern, keberhasilan suatu sistem kesehatan tidak hanya diukur dari kemampuannya mengobati penyakit, tetapi juga dari kemampuannya mencegah masalah kesehatan, meningkatkan kualitas hidup masyarakat, serta merespons perubahan yang terjadi secara cepat dan efektif.

1. Transisi Demografi dan Peningkatan Populasi Lansia

Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi sistem kesehatan masa depan adalah perubahan struktur penduduk akibat meningkatnya angka harapan hidup dan menurunnya angka kelahiran. Fenomena ini menyebabkan proporsi penduduk lanjut usia semakin besar dibandingkan kelompok usia produktif. Populasi lansia memiliki kebutuhan pelayanan kesehatan yang lebih kompleks karena umumnya mengalami berbagai penyakit kronis, keterbatasan fisik, serta kebutuhan perawatan jangka panjang.

Peningkatan jumlah lansia akan meningkatkan permintaan terhadap layanan geriatri, rehabilitasi, perawatan rumah (*home care*), dan pelayanan kesehatan jangka panjang. Selain itu, pembiayaan kesehatan juga berpotensi meningkat karena biaya pengobatan penyakit kronis pada kelompok usia lanjut relatif lebih tinggi dibandingkan kelompok usia lainnya. Oleh karena itu, sistem kesehatan masa depan

perlu mempersiapkan model pelayanan yang lebih terintegrasi dan berorientasi pada perawatan berkelanjutan.

2. Meningkatnya Beban Penyakit Tidak Menular

Perubahan pola hidup masyarakat modern telah menyebabkan peningkatan prevalensi penyakit tidak menular seperti penyakit jantung, hipertensi, diabetes mellitus, kanker, penyakit ginjal kronis, dan gangguan kesehatan mental. Penyakit-penyakit tersebut kini menjadi penyebab utama kematian di banyak negara, termasuk Indonesia.

Karakteristik penyakit tidak menular yang bersifat kronis memerlukan pengelolaan jangka panjang, pemantauan berkelanjutan, serta keterlibatan aktif pasien dalam menjaga kesehatannya. Kondisi ini memberikan tekanan besar terhadap kapasitas pelayanan kesehatan dan pembiayaan kesehatan nasional. Oleh karena itu, sistem kesehatan masa depan harus memperkuat upaya promotif dan preventif melalui edukasi kesehatan, deteksi dini, serta intervensi berbasis komunitas untuk mengurangi beban penyakit kronis.

3. Ancaman Penyakit Menular Baru dan Pandemi Global

Pengalaman dunia menghadapi COVID-19 menunjukkan bahwa ancaman penyakit menular baru masih menjadi tantangan serius bagi sistem kesehatan. Mobilitas manusia yang tinggi, urbanisasi, perubahan ekosistem, dan interaksi yang semakin intens antara manusia dan hewan meningkatkan risiko munculnya penyakit zoonosis baru. Sistem kesehatan masa depan harus memiliki kapasitas deteksi dini, surveilans epidemiologi yang kuat, laboratorium kesehatan yang modern, serta mekanisme respons cepat terhadap wabah penyakit. Selain itu, koordinasi lintas sektor dan kerja sama internasional menjadi faktor penting dalam menghadapi ancaman kesehatan global yang tidak mengenal batas negara.

4. Disrupsi Teknologi dan Transformasi Digital Kesehatan

Perkembangan teknologi digital seperti *artificial intelligence* (AI), *big data*, *Internet of Things* (IoT), *telemedicine*, serta rekam medis elektronik telah mengubah cara pelayanan kesehatan diberikan. Teknologi memungkinkan diagnosis yang lebih cepat, pengelolaan data kesehatan yang lebih akurat, serta peningkatan akses layanan kesehatan bagi masyarakat di daerah terpencil. Namun, transformasi digital juga

menimbulkan tantangan baru, seperti kesenjangan akses teknologi, perlindungan data pribadi pasien, keamanan siber, serta kesiapan sumber daya manusia dalam memanfaatkan teknologi kesehatan. Sistem kesehatan masa depan perlu memastikan bahwa inovasi digital tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga menjamin keamanan, etika, dan pemerataan akses bagi seluruh masyarakat.

5. Krisis Tenaga Kesehatan

Ketersediaan tenaga kesehatan yang kompeten merupakan komponen utama dalam keberhasilan sistem kesehatan. Banyak negara menghadapi masalah kekurangan tenaga kesehatan, distribusi yang tidak merata, tingginya beban kerja, serta meningkatnya migrasi tenaga kesehatan ke wilayah atau negara yang menawarkan insentif lebih baik. Tantangan ini dapat menghambat akses masyarakat terhadap pelayanan kesehatan, terutama di daerah terpencil dan tertinggal. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan yang mampu meningkatkan produksi tenaga kesehatan, memperbaiki distribusi tenaga medis, meningkatkan kesejahteraan tenaga kesehatan, serta memperkuat pendidikan dan pelatihan berkelanjutan agar kualitas pelayanan tetap terjaga.

6. Ketimpangan Akses dan Keadilan Kesehatan

Meskipun kemajuan teknologi dan pembangunan kesehatan terus berlangsung, kesenjangan akses layanan kesehatan masih menjadi tantangan utama di banyak negara. Perbedaan wilayah geografis, kondisi sosial ekonomi, tingkat pendidikan, gender, serta kelompok rentan sering kali menyebabkan ketidaksetaraan dalam memperoleh pelayanan kesehatan. Konsep *health equity* atau keadilan kesehatan menjadi semakin penting dalam sistem kesehatan masa depan. Pemerintah dan pemangku kepentingan perlu memastikan bahwa setiap individu memiliki kesempatan yang sama untuk mencapai derajat kesehatan yang optimal tanpa dipengaruhi oleh faktor sosial atau ekonomi yang tidak adil.

DAFTAR PUSTAKA

- ADA (American Diabetes Association). (2023). Standards of care in diabetes—2023. *Diabetes Care*, 46(Suppl 1), S1–S291. <https://doi.org/10.2337/dc23-Sint>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Alizon, S., Haim-Boukobza, S., Foulongne, V., Verdurme, L., Trombert-Paolantoni, S., Lecorche, E., & Sofonea, M. T. (2021). Rapid spread of the SARS-CoV-2 Delta variant in some French regions, June 2021. *Eurosurveillance*, 26(28), 2100573. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2021.26.28.2100573>
- Andrews, N., Stowe, J., Kirsebom, F., Toffa, S., Rickeard, T., Gallagher, E., & Bernal, J. L. (2022). Covid-19 vaccine effectiveness against the Omicron (B.1.1.529) variant. *New England Journal of Medicine*, 386(16), 1532–1546. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2119451>
- Archer, B. N., Abdelmalik, P., Cognat, S., et al. (2023). Defining collaborative surveillance to improve decision making for public health emergencies and beyond. *The Lancet*, 401(10391), 1831–1834.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2022). *Basic Epidemiology* (3rd ed.). Geneva: WHO.
- Braveman, P., Arkin, E., Proctor, D., Kauh, T., & Holm, N. (2022). Systemic and structural racism: Definitions, examples, health damages, and approaches to dismantling. *Health Affairs*, 41(2), 171–178. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2021.01394>
- Brownson, R. C., Baker, E. A., Deshpande, A. D., & Gillespie, K. N. (2022). *Evidence-Based Public Health* (4th ed.). New York: Oxford University Press.
- Brownson, R. C., Fielding, J. E., & Green, L. W. (2023). Building capacity for evidence-based public health: Reconciling the pulls of practice and the push of research. *Annual Review of Public Health*, 44, 23–41.

- Brownson, R. C., Kumanyika, S. K., Kreuter, M. W., & Haire-Joshu, D. (2022). Implementation science should give higher priority to health equity. *Implementation Science*, 16(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s13012-021-01097-0>
- Brownstein, J. S., Chu, S., Marathe, A., & Bhatt, D. L. (2023). Digital epidemiology: A new frontier in public health surveillance. *The Lancet Digital Health*, 5(3), e95–e96. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(23\)00010-2](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(23)00010-2)
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C.. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Carabelli, A. M., Peacock, T. P., Sherrill-Mix, S., Nair, S. K., Harvey, W. T., Thomson, E. C., & Robertson, D. L. (2023). SARS-CoV-2 variant biology: Immune escape, transmission and fitness. *Nature Reviews Microbiology*, 21(3), 162–177. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00841-7>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems. *MMWR Recommendations and Reports*. <https://www.cdc.gov/mmwr>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Evidence-Based Public Health Framework*. Atlanta: CDC.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Health Education and Behavior Strategies*. Atlanta: CDC.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024). *Principles of Risk Assessment in Public Health*. Atlanta: CDC.
- Cochrane Collaboration. (2024). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Version 7.0).
- Cohen, M. S., Chen, Y. Q., McCauley, M., Gamble, T., Hosseinipour, M. C., Kumarasamy, N., & Fleming, T. R. (2021). Prevention of HIV-1 infection with early antiretroviral therapy (HPTN 052). *New England Journal of Medicine*, 365(6), 493–505. <https://doi.org/10.1056/NEJMoal105243>
- D'Agostino, R. B., Sr., Pencina, M. J., & Vasan, R. S. (2022). The Framingham Heart Study and cardiovascular disease prevention: 75 years of research and discovery. *JAMA*, 328(7), 614–616. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.13568>
- Dahlgren, G., & Whitehead, M. (1991). Policies and strategies to promote social equity in health. Institute for Future Studies.

- Delamater, P. L., Street, E. J., Leslie, T. F., Yang, Y. T., & Jacobsen, K. H. (2019). Complexity of the basic reproduction number (R0). *Emerging Infectious Diseases*, 25(1), 1–4. <https://doi.org/10.3201/eid2501.171901>
- Eysenbach, G. (2020). How to fight an infodemic: The four pillars of infodemic management. *Journal of Medical Internet Research*, 22(6), e21820. <https://doi.org/10.2196/21820>
- FAO/OIE/WHO. (2019). Taking a multisectoral, one health approach: A tripartite guide to addressing zoonotic diseases in countries. FAO.
- Fine, P. E. M., Eames, K., & Heymann, D. L. (2021). 'Herd immunity': A rough guide. *Clinical Infectious Diseases*, 52(7), 911–916. <https://doi.org/10.1093/cid/cir007>
- Frenk, J., Bobadilla, J. L., Sepúlveda, J., & Cervantes, M. L. (2019). Health transition in middle-income countries: New challenges for health care. *Health Policy and Planning*, 4(1), 29–39. <https://doi.org/10.1093/heapol/4.1.29>
- Friis, R. H., & Sellers, T. A. (2021). *Epidemiology for Public Health Practice* (6th ed.). Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Frumkin, H. (2022). *Environmental Health: From Global to Local* (4th ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- GBD 2019 Collaborators. (2020). Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019. *The Lancet*, 396(10258), 1204–1222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)
- GBD 2019 Risk Factors Collaborators. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019. *The Lancet*, 396(10258), 1223–1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)
- GBD Diet Collaborators. (2019). Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: A systematic analysis for the GBD Study 2017. *The Lancet*, 393(10184), 1958–1972. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)30041-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)30041-8)
- GINA (Global Initiative for Asthma). (2023). Global strategy for asthma management and prevention. GINA. <https://ginasthma.org>
- Glanz, K., Rimer, B. K., & Viswanath, K. (2021). *Health Behavior: Theory, Research, and Practice* (6th ed.). San Francisco: Jossey-Bass.

- Globocan. (2022). Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 74(3), 229–263. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>
- GOLD (Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease). (2023). Global strategy for prevention, diagnosis and management of COPD: 2023 report. GOLD. <https://goldcopd.org>
- Gostic, K. M., McGough, L., Baskerville, E. B., Abbott, S., Joshi, K., Tedijanto, C., & Cobey, S. (2020). Practical considerations for measuring the effective reproductive number, Rt. *PLOS Computational Biology*, 16(12), e1008409. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1008409>
- Gostin, L. O., Friedman, E. A., & Wetter, S. A. (2021). Responding to COVID-19: How to navigate a public health emergency legally and ethically. *Hastings Center Report*, 50(2), 8–12. <https://doi.org/10.1002/hast.1090>
- Green, L. W., & Kreuter, M. W. (2021). *Health Program Planning: An Educational and Ecological Approach* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- He, X., Lau, E. H. Y., Wu, P., Deng, X., Wang, J., Hao, X., & Leung, G. M. (2020). Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nature Medicine*, 26(5), 672–675. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0869-5>
- Hernán, M. A., & Robins, J. M.. (2024). *Causal Inference: What If*. Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC.
- IARC (International Agency for Research on Cancer). (2022). GLOBOCAN 2022: Estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide. WHO/IARC. <https://gco.iarc.fr>
- Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response. (2021). COVID-19: Make it the last pandemic. The Independent Panel. <https://theindependentpanel.org>
- International Diabetes Federation. (2021). *IDF Diabetes Atlas* (10th ed.). IDF. <https://diabetesatlas.org>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Profil Kesehatan Indonesia 2023*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Berbasis Risiko*. Jakarta: Kemenkes RI.

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Pedoman Promosi Kesehatan dan Pemberdayaan Masyarakat*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Profil Kesehatan Indonesia*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). *Transformasi Sistem Kesehatan Nasional dan Penguatan Kebijakan Berbasis Bukti*. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2018). Hasil utama Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Kementerian Kesehatan RI. (2020). Profil Kesehatan Indonesia 2019. Pusat Data dan Informasi.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Laporan program nasional penanggulangan TBC Indonesia 2022. Direktorat Jenderal P2P.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Profil kesehatan Indonesia 2021. Pusat Data dan Informasi Kesehatan.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Rencana aksi nasional pengendalian resistensi antimikroba (RAN-AMR) 2020–2024. Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2022. Kementerian Kesehatan RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023). Pedoman imunisasi nasional 2023. Kementerian Kesehatan RI.
- Khunti, K., Seidu, S., Kunutsor, S., & Davies, M. (2021). Association between medication adherence and mortality/cardiovascular disease risk/HbA1c level for people with type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 40(11), 1588–1596. <https://doi.org/10.2337/dc17-0030>
- Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., & Feng, Z. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *New England Journal of Medicine*, 382(13), 1199–1207. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316>
- Liu, Y., & Rocklöv, J. (2021). The reproductive number of the Delta variant of SARS-CoV-2 is far higher compared to the ancestral SARS-CoV-2 virus. *Journal of Travel Medicine*, 28(7), taab124. <https://doi.org/10.1093/jtm/taab124>

- Marmot, M. (2020). *The health gap: The challenge of an unequal world*. Bloomsbury Publishing.
- Marmot, M., Allen, J., Boyce, T., Goldblatt, P., & Morrison, J. (2020). *Health Equity in England: The Marmot Review 10 Years On*. London: Institute of Health Equity.
- Marmot, M., Allen, J., Boyce, T., Goldblatt, P., & Morrison, J. (2020). *Health equity in England: The Marmot Review 10 years on*. Institute of Health Equity.
- Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J. C., Louzada, M. L., Rauber, F., & Jaime, P. C. (2019). Ultra-processed foods: What they are and how to identify them. *Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941. <https://doi.org/10.1017/S1368980018003762>
- Morawska, L., & Milton, D. K. (2020). It is time to address airborne transmission of coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Clinical Infectious Diseases*, 71(9), 2311–2313. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa939>
- Morens, D. M., & Anthony S. Fauci. (2024). Emerging pandemic diseases: How we got to COVID-19. *Cell*, 187(1), 1–15.
- Morens, D. M., & Fauci, A. S. (2020). Emerging pandemic diseases: How we got to COVID-19. *Cell*, 182(5), 1077–1092. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.08.021>
- Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., et al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655.
- NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). (2021). Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: A pooled analysis of 1201 population-representative studies. *The Lancet*, 398(10304), 957–980. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01330-1)
- Nutbeam, D., & Lloyd, J. E. (2021). Understanding and responding to health literacy as a social determinant of health. *Annual Review of Public Health*, 42, 159–173.
- Osler, M., Martensson, S., Gruhn, R., Christensen, B. M., & Madsen, I. E. H. (2020). Does depression increase the risk of developing coronary heart disease and atrial fibrillation? *European Heart Journal*, 41(1), 16–22. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz660>
- Pruss-Ustun, A., Wolf, J., Corvalán, C., Bos, R., & Neira, M. (2016). Preventing disease through healthy environments: A global

- assessment of the burden of disease from environmental risks (2nd ed.). WHO Press.
- Qin, J., You, C., Lin, Q., Hu, T., Yu, S., & Zhou, X. H. (2020). Estimation of incubation period distribution of COVID-19 using disease onset forward time: A novel cross-sectional and forward follow-up study. *Science Advances*, 6(33), eabc1202. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abc1202>
- Rajkumar, S., Secula, F., Cobos, D., Socha, A., Boch, J., des Rosiers, S., ... & Steinmann, P. (2024). Health information systems data for decision-making: case study in three cities on current practices and opportunities. *Discover Health Systems*, 3(1), 68.
- Rifkin, S. B. (2022). Community participation and health promotion: Concepts and challenges. *Health Promotion International*, 37(2), daab192.
- Roozenbeek, J., Schneider, C. R., Dryhurst, S., Kerr, J., Freeman, A. L. J., Recchia, G., & van der Linden, S. (2020). Susceptibility to misinformation about COVID-19 across 26 countries. *Royal Society Open Science*, 7(10), 201199. <https://doi.org/10.1098/rsos.201199>
- Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., & Fuster, V. (2020). Global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990–2019: Update from the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982–3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
- Sallis, J. F., Adlakha, D., Oyeyemi, A., & Salvo, D. (2021). An international physical activity and public health research agenda to inform COVID-19 policies and practices. *Journal of Sport and Health Science*, 10(3), 232–235. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Sallis, J. F., Adlakha, D., Oyeyemi, A., & Salvo, D. (2021). An international physical activity and public health research agenda to inform COVID-19 policies and practices. *Journal of Sport and Health Science*, 10(3), 232–235. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.01.007>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T.. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Boston, MA: Houghton Mifflin.

- Solar, O., & Irwin, A. (2021). *A Conceptual Framework for Action on the Social Determinants of Health*. Geneva: WHO.
- Story, A., Aldridge, R. W., Davis Smith, C., Abubakar, I., Hall, J., Liberty, A., & Hayward, A. C. (2021). Smartphone-enabled video-observed versus directly observed treatment for tuberculosis: A multicentre, analyst-blinded, randomised, controlled superiority trial. *The Lancet*, 393(10177), 1216–1224. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32993-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32993-3)
- Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 71(3), 209–249. <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
- Tsao, C. W., Aday, A. W., Almarzooq, Z. I., Alonso, A., Beaton, A. Z., Bittencourt, M. S., & Martin, S. S. (2022). Heart disease and stroke statistics—2022 update: A report from the American Heart Association. *Circulation*, 145(8), e153–e639. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001052>
- UNAIDS. (2023). Global AIDS Update 2023: The path that ends AIDS. UNAIDS.
- Utarini, A., Indriani, C., Ahmad, R. A., Tantowijoyo, W., Arguni, E., Ansari, M. R., & Anders, K. L. (2021). Efficacy of Wolbachia-infected mosquito deployments for the control of dengue. *New England Journal of Medicine*, 384(23), 2177–2186. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2030243>
- Watts, N., Amann, M., Arnell, N., Ayeb-Karlsson, S., Beagley, J., Belesova, K., & Costello, A. (2021). The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change. *The Lancet*, 397(10269), 129–170. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)32290-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)32290-X)
- WHO Commission on Social Determinants of Health. (2008). Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health. WHO Press.
- WHO. (2020). World malaria report 2020: 20 years of global progress and challenges. WHO Press.
- WHO. (2021). Global tuberculosis report 2021. WHO Press.
- WHO. (2022). Immunization agenda 2030: A global strategy to leave no one behind. WHO.

- WHO. (2022). Indoor air pollution key facts. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution>
- WHO. (2022). World malaria report 2022. WHO Press.
- WHO. (2023). Global tuberculosis report 2023. WHO Press.
- WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme. (2021). Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2020: Five years into the SDGs. WHO & UNICEF.
- Willgert, K., Hardstaff, J., Shadwell, S., Bhattacharya, A., Blomquist, P., Vivancos, R., & Simms, I. (2023). Influence of SARS-CoV-2 surveillance outputs produced by the UK health security agency (UKHSA) outbreak surveillance team on decision-making by local stakeholders. *BMC Public Health*, 23(1), 926.
- World Health Organization & UNICEF. (2022). *Progress and Challenges with Immunization Coverage*. Geneva: WHO & UNICEF.
- World Health Organization Commission on Social Determinants of Health. (2023). *Closing the Gap in a Generation*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2021). *Guidance on research methods for health intervention evaluation*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2022). Global status report on noncommunicable diseases 2022. WHO Press.
- World Health Organization. (2022). World health statistics 2022: Monitoring health for the SDGs. WHO Press.
- World Health Organization. (2022). World malaria report 2022. WHO.
- World Health Organization. (2023). *Climate Change and Health*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2023). *Global strategy to accelerate the elimination of cervical cancer as a public health problem*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2023). Global tuberculosis report 2023. WHO.
- World Health Organization. (2023). Noncommunicable diseases: Key facts. WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- World Health Organization. (2023). *Risk-Based Public Health Approaches*. Geneva: WHO.

- World Health Organization. (2023). *Social Determinants of Health*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2023). Statement on the fifteenth meeting of the IHR (2005) Emergency Committee regarding the coronavirus disease (COVID-19) pandemic. WHO.
- World Health Organization. (2024). *Disease Outbreak News and Emerging Disease Surveillance Reports*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Essential Programme on Immunization*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Evidence-Informed Policy Making for Health*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Global Strategic Preparedness and Response Report*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Global Tuberculosis Report 2024*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Health Promotion and Behaviour Change*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *Immunization Agenda 2030 Progress Report*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2024). *World Malaria Report 2024*. Geneva: WHO.
- Zinsstag, J., Schelling, E., Crump, L., et al. (2022). *One Health: The Theory and Practice of Integrated Health Approaches*. Wallingford: CABI Publishing.
- Zinsstag, J., Utzinger, J., Probst-Hensch, N., Shan, L., & Zhou, X. (2022). Towards integrated surveillance-response systems for the prevention of future pandemics. *Infectious Diseases of Poverty*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s40249-020-00757-5>

GLOSARIUM

Determinan	Berbagai faktor biologis, lingkungan, sosial, ekonomi, budaya, dan perilaku yang secara langsung maupun tidak langsung memengaruhi status kesehatan individu atau populasi.
Endemi	Kondisi ketika suatu penyakit secara tetap dan terus-menerus ditemukan pada wilayah geografis atau kelompok populasi tertentu dengan tingkat kejadian yang relatif stabil.
Epidemi	Keadaan meningkatnya jumlah kasus suatu penyakit secara signifikan melebihi angka yang biasanya diharapkan pada suatu wilayah dan periode waktu tertentu.
Epidemiologi	Ilmu kesehatan masyarakat yang mempelajari distribusi, frekuensi, pola, serta faktor-faktor yang memengaruhi terjadinya penyakit dan masalah kesehatan dalam suatu populasi untuk mendukung upaya pencegahan, pengendalian, dan peningkatan derajat kesehatan masyarakat.
Imunitas	Kemampuan sistem pertahanan tubuh untuk mengenali, melawan, dan memberikan perlindungan terhadap agen infeksi atau zat asing yang berpotensi menyebabkan penyakit.
Infeksi	Kondisi ketika mikroorganisme patogen berhasil masuk ke dalam tubuh, berkembang biak, dan berinteraksi dengan jaringan tubuh sehingga dapat menimbulkan gangguan kesehatan.
Insidensi	Jumlah atau tingkat kasus baru suatu penyakit yang muncul dalam populasi tertentu selama periode waktu tertentu yang digunakan untuk mengukur risiko terjadinya penyakit pada kelompok masyarakat.
Karantina	Tindakan pembatasan aktivitas atau pergerakan individu, kelompok, atau barang yang diduga

	terpapar penyakit menular guna mencegah penyebaran infeksi ke populasi yang lebih luas.
Morbiditas	Ukuran yang menggambarkan tingkat kejadian penyakit, gangguan kesehatan, atau kondisi sakit dalam suatu populasi yang digunakan untuk menilai status kesehatan masyarakat.
Mortalitas	Tingkat atau jumlah kematian yang terjadi dalam suatu populasi pada periode tertentu yang menjadi salah satu indikator penting dalam evaluasi kesehatan masyarakat.
Pandemi	Epidemi yang penyebarannya melintasi batas negara dan benua sehingga memengaruhi populasi dalam jumlah besar di berbagai belahan dunia secara bersamaan.
Patogen	Agen biologis seperti bakteri, virus, jamur, parasit, atau mikroorganisme lainnya yang memiliki kemampuan menyebabkan penyakit pada manusia maupun makhluk hidup lainnya.
Prevalensi	Proporsi atau jumlah keseluruhan kasus penyakit, baik kasus lama maupun baru, yang terdapat dalam suatu populasi pada waktu tertentu sebagai gambaran beban penyakit yang sedang berlangsung.
Reservoir	Habitat alami tempat agen penyebab penyakit hidup, berkembang biak, dan bertahan dalam jangka waktu tertentu sehingga menjadi sumber potensial penularan penyakit.
Skrining	Metode pemeriksaan kesehatan yang dilakukan pada individu tanpa gejala untuk mendeteksi penyakit atau faktor risiko secara dini sehingga dapat dilakukan penanganan lebih cepat.
Surveilans	Proses pengumpulan, pengolahan, analisis, interpretasi, dan penyebarluasan data kesehatan secara sistematis dan berkelanjutan untuk mendukung tindakan kesehatan masyarakat yang tepat dan efektif.

Transmisi	Proses perpindahan agen penyebab penyakit dari sumber infeksi ke individu yang rentan melalui berbagai mekanisme seperti kontak langsung, udara, makanan, air, atau perantara lainnya.
Vaksinasi	Proses pemberian vaksin kepada individu untuk merangsang pembentukan respons imun spesifik yang mampu memberikan perlindungan terhadap penyakit tertentu.
Vektor	Organisme hidup, umumnya serangga atau hewan tertentu, yang berperan sebagai pembawa dan penyalur agen penyakit dari satu inang ke inang lainnya tanpa selalu mengalami penyakit tersebut.

INDEKS

A

aksesibilitas · 130, 138, 157,
171

Algoritma · 225

audit · 135, 136

B

behavior · 187, 232

big data · 3, 12, 36

D

disparitas · 189

distribusi · 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13,
17, 19, 27, 29, 33, 36, 40, 48,
62, 75, 82, 83, 94, 96, 97, 99,
104, 105, 106, 114, 119, 127,
133, 136, 142, 153, 155, 156,
166, 174, 179, 180, 183, 185,
186, 204, 209, 220, 221, 229,
241

domestik · 101

E

ekonomi · 9, 13, 17, 22, 25, 26,
29, 35, 46, 48, 102, 109, 114,
118, 120, 125, 152, 161, 164,
177, 179, 180, 184, 186, 189,
190, 192, 195, 198, 212, 215,
217, 229, 241

ekspansi · 150, 158, 222

emisi · 165, 185

empiris · 17, 132, 156, 208

etnis · 35, 69, 109, 121, 167,
173, 174, 190

F

finansial · 191

fiskal · 164

fleksibilitas · 25

fluktuasi · 142

fundamental · 8, 9, 19, 29, 36,
38, 49, 68, 82, 86, 90, 108,
141, 144, 164, 177, 179, 184,
190, 219, 220, 223, 228

G

Generalisasi · 79

geografis · 29, 35, 68, 92, 93,
94, 96, 99, 102, 129, 137,
142, 155, 174, 189, 190, 231,
241

globalisasi · 114, 220

H

hoaks · 157, 206, 224

I

implikasi · 30, 50, 82, 83, 92,
94, 109, 164, 218

inflasi · 81

infrastruktur · 20, 23, 123, 129,
134, 189, 217, 231

inklusif · 135

inovatif · 15, 66
integrasi · 3, 9, 20, 104, 106,
140, 142, 219
investasi · 118, 125, 149, 160,
164, 180, 190, 191, 193, 216,
218, 219, 230

K

kolaborasi · 101, 210, 219, 230
komparatif · 3, 16, 17
komprehensif · 3, 10, 15, 16,
32, 73, 74, 80, 81, 82, 104,
106, 119, 125, 126, 127, 139,
140, 143, 156, 161, 163, 166,
173, 179, 188, 191, 192, 193,
195, 197, 198, 200, 211, 229,
230, 247
konkret · 119, 206, 217
Konseptual · 192
konsistensi · 24, 138, 203, 209

M

manifestasi · 63, 83, 108, 112,
189
manipulasi · 81, 206, 226
metodologi · 9, 10, 16, 19, 21,
31, 71, 74, 80, 90, 126, 127,
214, 230
mikroorganisme · 17, 28, 86,
100, 241, 242
moneter · 216

N

negosiasi · 141
Net Present Value · 216

Nutrisi · 26, 28

O

otoritas · 129

P

pedagogis · 3
Penalaran · 17
politik · 114, 125, 143, 180,
204, 210, 216, 217
proyeksi · 34, 44, 120, 221

R

rasional · 14, 186, 200, 201
rates · 77
real-time · 20, 24, 32, 91, 99,
106, 132, 134, 135, 140, 206,
217, 224, 226, 228
regulasi · 32, 34, 119, 166, 172,
189, 193, 195, 198, 204
relevansi · 9, 50, 53, 58, 80, 81,
209
revolusi · 3, 15

S

Skema · 70
stabilitas · 180
stigma · 144, 150, 151, 152,
153, 154, 204

T

transformasi · 25, 32, 33, 142,
205, 217, 220
transparansi · 71, 81

BIOGRAFI PENULIS



Dr. Sondang Sidabutar, SKM., M.Kes.

Lahir di Pematang Siantar, 05-05-1973. Saat ini sebagai Dosen di Universitas Efarina Pematang Siantar menjabat sebagai Wakil Rektor 1 (Bidang Akademik dan Kemahasiswaan). Ketertarikan penulis terhadap ilmu kesehatan dimulai tahun 1991. Hal tersebut menjadikan penulis memilih studi ke Diploma III Keperawatan YBS Medan dan lulus tahun 1994. Selanjutnya Penulis melanjutkan pendidikan ke Diploma III Kebidanan Griya Husada Surabaya dan lulus tahun 2007. Selanjutnya Pendidikan S1 Kesehatan Masyarakat di Universitas Airlangga Surabaya, lulus tahun 2005. Selanjutnya Pendidikan S2 Kesehatan Masyarakat di Universitas Airlangga Surabaya, lulus tahun 2013. Selanjutnya Penulis melanjutkan Pendidikan S3 Ilmu Kesehatan di Universitas Airlangga Surabaya, lulus tahun 2018. Penulis memiliki kepakaran dibidang Ilmu Kesehatan Masyarakat (Epidemiologi). Untuk mewujudkan karir sebagai dosen profesional, penulis aktif sebagai peneliti pada bidang kepakaran Epidemiologi. Beberapa penelitian telah dilakukan yang didanai dari internal perguruan tinggi serta Kemenristek DIKTI. Selain peneliti, penulis aktif menulis buku dengan harapan memberikan kontribusi positif bagi bangsa dan negara.

SINOPSIS

Buku referensi “Epidemiologi Penyakit Menular dan Tidak Menular” membahas secara komprehensif konsep, prinsip, dan aplikasi epidemiologi dalam memahami berbagai masalah kesehatan yang terjadi di masyarakat. Materi dalam buku ini mencakup dasar-dasar epidemiologi, ukuran frekuensi dan asosiasi penyakit, faktor risiko, metode *surveilans*, investigasi kejadian penyakit, serta berbagai desain penelitian epidemiologi yang digunakan dalam kajian kesehatan masyarakat. Selain itu, buku ini menguraikan karakteristik, pola penyebaran, faktor penyebab, serta strategi pencegahan dan pengendalian berbagai penyakit menular, seperti infeksi virus, bakteri, dan parasit, serta penyakit tidak menular seperti penyakit kardiovaskular, diabetes melitus, kanker, dan penyakit pernapasan kronis. Pembahasan juga menyoroti peran data epidemiologi dalam perencanaan program kesehatan, pengambilan keputusan berbasis bukti, dan evaluasi intervensi kesehatan.

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT MENULAR DAN TIDAK MENULAR

Buku referensi “Epidemiologi Penyakit Menular dan Tidak Menular” membahas secara komprehensif konsep, prinsip, dan aplikasi epidemiologi dalam memahami berbagai masalah kesehatan yang terjadi di masyarakat. Materi dalam buku ini mencakup dasar-dasar epidemiologi, ukuran frekuensi dan asosiasi penyakit, faktor risiko, metode *surveilans*, investigasi kejadian penyakit, serta berbagai desain penelitian epidemiologi yang digunakan dalam kajian kesehatan masyarakat. Selain itu, buku ini menguraikan karakteristik, pola penyebaran, faktor penyebab, serta strategi pencegahan dan pengendalian berbagai penyakit menular, seperti infeksi virus, bakteri, dan parasit, serta penyakit tidak menular seperti penyakit kardiovaskular, diabetes melitus, kanker, dan penyakit pernapasan kronis. Pembahasan juga menyoroti peran data epidemiologi dalam perencanaan program kesehatan, pengambilan keputusan berbasis bukti, dan evaluasi intervensi kesehatan.