

EPIDEMIOLOGI KESEHATAN MASYARAKAT: KONSEP, METODE, DAN APLIKASI



TIM PENULIS :

- Bambang Suhartawan
- Nurul Aziza
- Melly Kristanti
- Dhorkas Dhonna Ruth Marpaung
- Sintikhewati Yenly Sucipto
- Iha Nursolihah
- R. Vensya Sitohang

EPIDEMIOLOGI KESEHATAN MASYARAKAT: KONSEP, METODE, DAN APLIKASI

Bambang Suhartawan
Nurul Aziza
Melly Kristanti
Dhorkas Dhonna Ruth Marpaung
Sintikhewati Yenly Sucipto
Iha Nursolihah
Vensya Sitohang



GET PRESS INDONESIA

**EPIDEMIOLOGI KESEHATAN MASYARAKAT:
KONSEP, METODE, DAN APLIKASI**

Penulis :

Bambang Suhartawan

Nurul Aziza

Melly Kristanti

Dhorkas Dhonna Ruth Marpaung

Sintikhewati Yenly Sucipto

Iha Nursolihah

Vensya Sitohang

ISBN : 978-634-255-725-9

Editor : Mila Sari, M. Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S. Pd.

PENERBIT : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah

Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id

email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, September 2026

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga buku berjudul *Epidemiologi Kesehatan Masyarakat: Konsep, Metode, dan Aplikasi* ini dapat diselesaikan. Isi buku ini mencakup pembahasan tentang pendahuluan dan capaian pembelajaran, konsep dasar dan ruang lingkup epidemiologi, epidemiologi penyakit tidak menular, epidemiologi kesehatan lingkungan, determinan kesehatan ibu dan anak, metode penelitian epidemiologi, dan analisis dan interpretasi data epidemiologi. Akhir kata, semoga buku ini dapat menjadi referensi dan dapat memberikan manfaat serta inspirasi bagi semua pembaca.

Padang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN DAN CAPAIAN PEMBELAJARAN.....	1
1.1 Konteks Global dan Nasional Epidemiologi	3
1.2 Mengapa Epidemiologi Penting bagi Tenaga Kesehatan	4
1.3 Capaian Pembelajaran	5
1.3.1 Capaian Pembelajaran Umum	5
1.3.2 Capaian Pembelajaran Khusus per Bab	6
1.3.3 Capaian Berdasarkan Ranah Taksonomi Bloom	10
1.4 Peta Konsep dan Alur Pembelajaran.....	10
1.5 Cara Menggunakan Buku Ini	12
1.6 Pertanyaan Reflektif Pembuka	13
DAFTAR PUSTAKA	15
BAB 2 KONSEP DASAR DAN RUANG LINGKUP	
EPIDEMIOLOGI.....	17
2.1 Definisi Ilmu Epidemiologi Menurut Para Ahli	20
2.2 Sejarah Epidemiologi	24
2.3 Ruang Lingkup Epidemiologi	26
2.4 Tujuan dan Penerapan Epidemiologi.....	31
2.5 Trias Epidemiologi (Segitiga Epidemiologi)	34
2.5.1 <i>Agent</i> (Penyebab Penyakit)	35
2.5.2 <i>Host</i> (Inang atau Pejamu)	36
2.5.3 Lingkungan (<i>Environtment</i>)	36

DAFTAR PUSTAKA	40
BAB 3 EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR.....	43
3.1 Definisi dan Ruang Lingkup.....	43
3.2 Penyakit Utama dalam Epidemiologi Tidak Menular.....	43
3.3 Faktor Risiko dan Kerangka Penyebab	44
3.4 Tingkatan Pencegahan PTM	47
3.5 Beban Penyakit dan Proyeksi	50
DAFTAR PUSTAKA	52
BAB 4 EPIDEMIOLOGI KESEHATAN LINGKUNGAN	53
4.1 Definisi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan	54
4.2 Ruang Lingkup Epidemiologi Kesehatan Lingkungan	55
4.3 Manfaat Epidemiologi Kesehatan Lingkungan	60
4.4 Variabel Epidemiologi Kesehatan Lingkungan	62
4.5 Komponen Epidemiologi Kesehatan Lingkungan.....	65
4.6 Teori Simpul	68
4.7 Penyakit Berbasis Lingkungan	70
DAFTAR PUSTAKA	75
BAB 5 DETERMINAN KESEHATAN IBU DAN ANAK.....	77
5.1 Konsep Determinan Kesehatan Ibu dan Anak.....	80
5.1.1 Determinan Langsung	81
5.1.2 Determinan Tidak Langsung.....	86
5.1.3 Determinan Konstektual (Lingkungan dan Sistem Kesehatan)	92
5.2 Respon Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak.....	96
5.3 Manfaat dari Respon Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak	97
5.4 Rekomendasi Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak.....	98

DAFTAR PUSTAKA 101

BAB 6 METODE PENELITIAN EPIDEMIOLOGI 103

6.1 Pertanyaan Penelitian dan Kerangka Epidemiologi 103

6.1.1 Jenis Pertanyaan Penelitian Epidemiologi 103

6.1.2 Merumuskan Pertanyaan Penelitian 104

6.1.3 Paparan, Faktor Risiko, dan Outcome 106

6.2 Variabel, Populasi, Sampel, dan Unit Analisis 107

6.2.1 Variabel dalam Penelitian Epidemiologi 107

6.2.2 Populasi dalam Penelitian Epidemiologi 111

6.2.3 Sampel dalam Penelitian Epidemiologi 112

6.2.4 Unit Analisis dalam Penelitian Epidemiologi 114

6.3 Desain Penelitian Epidemiologi Observasional 115

6.3.1 Studi Potong Lintang (*Cross Sectional Study*) 116

6.3.2 Studi Kasus Kontrol (*Case Control Study*) 117

6.3.3 Studi Kohort (*Cohort Study*) 119

6.3.4 Studi Ekologis (*Ecological Study*) 120

6.4 Desain Penelitian Epidemiologi Eksperimental 122

6.4.1 *Randomized Controlled Trial* (RCT) 122

6.4.2 *Field Trial* 124

6.4.3 *Community Trial* 125

6.4.5 *Quasi-Experiment* 126

DAFTAR PUSTAKA 128

BAB 7 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

EPIDEMIOLOGI 129

7.1 Manajemen dan Validasi Data Epidemiologi 130

7.2 Metodologi Analisis Data Epidemiologi 132

7.2.1 Analisis Deskriptif: Mengukur Frekuensi Penyakit 132

7.2.2 Ukuran Asosiasi (<i>Measures of Association</i>)	133
7.2.3 Ukuran Dampak Kesehatan Masyarakat (<i>Measure of Public Health Impact</i>).....	135
7.2.4 Pengendalian Variabel Perancu (<i>Confounding</i>) dan Modifikasi Efek.....	136
7.3 Interpretasi Data dan Penarikan Kesimpulan.....	138
7.3.1 Dari Asosiasi Statistik Menuju Kausalitas	138
7.3.2 Identifikasi dan Mitigasi Bias dalam Interpretasi	138
7.3.3 Signifikansi Statistik vs. Signifikansi Klinis/ Kesehatan Masyarakat	140
7.4 Aplikasi Praktis: Translasi Data Menjadi Kebijakan	140
7.4.1 Studi Kasus Kedokteran Gigi Masyarakat (<i>Dental Public Health</i>).....	141
7.4.2 <i>Evidence Based Policy Making</i>	141
DAFTAR PUSTAKA	144
BIODATA PENULIS	147

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 <i>Ecological Environmental System Mode</i>	56
Gambar 4. 2 Teori Simpul	69
Gambar 4. 3 <i>Model Source-to-Outcome Continuum</i> dimodifikasi dari (Mukono, 2002; Achmadi, U. F. & Wulandari, 2014)	71
Gambar 6. 1 Desain Penelitian Potong Lintang	117
Gambar 6. 2 Desain Penelitian Kasus Kontrol	118
Gambar 6. 3 Desain Penelitian Kohort	120
Gambar 6. 4 Desain Penelitian Ekologis	121
Gambar 6. 5 Desain Penelitian <i>Randomized Controlled Trial</i>	123
Gambar 6. 6 Desain Penelitian <i>Field Trial</i>	124
Gambar 6. 7 Desain Penelitian <i>Community Trial</i>	125
Gambar 6. 8 Desain Penelitian <i>Quasi-experiment</i>	126

DAFTAR TABEL

Tabel 6. 1 Tahapan Merumuskan Pertanyaan Penelitian	104
Tabel 6. 2 Kerangka PECO dalam Merumuskan Pertanyaan Penelitian	105
Tabel 6. 3 Contoh Variabel dalam Penelitian Epidemiologi.....	108
Tabel 6. 4 Definisi Operasional Variabel Penelitian	108
Tabel 6. 5 Contoh Unit Analisis dalam Penelitian Epidemiologi..	114

BAB 1

PENDAHULUAN DAN CAPAIAN PEMBELAJARAN

Oleh Bambang Suhartawan

Kesehatan masyarakat merupakan salah satu pilar utama dalam pembangunan bangsa. Di balik setiap kebijakan kesehatan yang diambil pemerintah, setiap program imunisasi yang dijalankan, atau setiap respons terhadap wabah penyakit, terdapat fondasi ilmu yang disebut epidemiologi. Inilah cabang ilmu yang menjadi tulang punggung praktik kesehatan masyarakat modern (Bonita *et al.*, 2006; Gordis, 2014).

Epidemiologi, dalam pengertian paling sederhana, adalah studi tentang distribusi dan determinan penyakit atau kondisi kesehatan dalam populasi manusia, serta penerapan temuan tersebut untuk mengendalikan masalah kesehatan. Definisi ini pertama kali dikemukakan oleh Last (2001) dan hingga kini masih menjadi acuan utama di berbagai institusi kesehatan internasional termasuk Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) (Bonita *et al.*, 2006; WHO, 2020). Dari definisi tersebut, kita dapat memahami bahwa epidemiologi tidak hanya mengamati siapa yang sakit, tetapi juga mengapa mereka sakit, di mana penyakit itu terjadi, kapan, dan bagaimana cara mencegah atau menanggulangnya (Gordis, 2014).

Sejarah epidemiologi sebagai disiplin ilmu formal bermula dari kerja John Snow pada pertengahan abad ke-19. Ketika wabah kolera melanda London pada tahun 1854, Snow melakukan pemetaan kasus secara sistematis dan menemukan bahwa hampir seluruh korban mengonsumsi air dari pompa di Broad Street. Tanpa memiliki pengetahuan tentang bakteri *Vibrio cholerae* yang baru ditemukan beberapa dekade kemudian, Snow berhasil membuktikan hubungan antara sumber air yang terkontaminasi dengan penyebaran kolera. Inilah tonggak lahirnya pendekatan epidemiologi modern yang berbasis bukti (Gordis, 2014; Webb *et al.*, 2011).

Relevansi epidemiologi dalam konteks Indonesia sangat tinggi. Sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 270 juta penduduk yang tersebar di lebih dari 17.000 pulau, Indonesia menghadapi tantangan kesehatan yang kompleks dan beragam. Transisi epidemiologi yang tengah berlangsung menyebabkan Indonesia menanggung beban ganda penyakit (*double burden of disease*), yakni penyakit menular yang belum sepenuhnya teratasi seperti tuberkulosis, malaria, dan demam berdarah, bersamaan dengan penyakit tidak menular yang terus meningkat seperti diabetes melitus, hipertensi, penyakit jantung koroner, dan kanker (Kementerian Kesehatan RI, 2023; Noor, 2014). Kondisi ini menuntut tenaga kesehatan yang tidak hanya terampil secara klinis, tetapi juga mampu berpikir berbasis populasi dan berbasis data (Murti, 2018).

Buku ini hadir untuk menjawab kebutuhan tersebut. Melalui 7 bab yang dirancang secara sistematis, buku ini mengajak pembaca memahami epidemiologi dari konsep dasar hingga aplikasi praktis dalam perencanaan program kesehatan dan penanggulangan kejadian luar biasa (KLB). Setiap bab disusun dengan pendekatan yang berpijak pada konteks Indonesia, sehingga contoh kasus, data, dan ilustrasi yang digunakan relevan dengan tantangan kesehatan yang

nyata dihadapi oleh tenaga kesehatan, mahasiswa, dan pemangku kebijakan di negeri ini (Murti, 2018; Noor, 2014; Kementerian Kesehatan RI, 2023).

1.1 Konteks Global dan Nasional Epidemiologi

Di tingkat global, epidemiologi telah membuktikan nilainya berulang kali. Pemberantasan cacar (*smallpox*) yang dideklarasikan WHO pada tahun 1980 merupakan pencapaian epidemiologi terbesar sepanjang sejarah, yang lahir dari surveilans ketat, pelacakan kontak, dan vaksinasi terarah berbasis data epidemiologi (WHO, 2020; Bonita *et al.*, 2006). Begitu pula keberhasilan program Expanded Programme on Immunization (EPI) dalam menurunkan kematian anak akibat penyakit yang dapat dicegah dengan vaksin, serta respons cepat terhadap pandemi HIV/AIDS, SARS, Ebola, hingga COVID-19 yang semuanya bertumpu pada prinsip-prinsip epidemiologi (Gordis, 2014).

Pandemi COVID-19 yang melanda dunia sejak akhir tahun 2019 menjadi ujian terbesar epidemiologi modern. Konsep seperti angka reproduksi dasar (R_0), laju kematian kasus (case fatality rate), interval serial, dan kurva epidemi menjadi perbincangan publik yang meluas (Rothman *et al.*, 2008). Keputusan-keputusan besar seperti penetapan pembatasan sosial, distribusi vaksin, dan pelanggaran restriksi semuanya didasarkan atas analisis epidemiologi yang terus diperbarui seiring berkembangnya bukti ilmiah (WHO, 2020; Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Di Indonesia, perjalanan epidemiologi sebagai disiplin akademis dimulai secara formal dengan berdirinya program studi ilmu kesehatan masyarakat di berbagai universitas negeri. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melalui Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) dan Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit (P2P) secara konsisten menerapkan prinsip-prinsip epidemiologi dalam

sistem surveilans nasional, termasuk melalui Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons (SKDR) yang menjadi tulang punggung deteksi dini KLB di Indonesia (Kementerian Kesehatan RI, 2023; Noor, 2014).

1.2 Mengapa Epidemiologi Penting bagi Tenaga Kesehatan

Ada pertanyaan mendasar yang sering diajukan mahasiswa: 'Mengapa seorang dokter, perawat, atau tenaga gizi perlu belajar epidemiologi?' Jawabannya terletak pada pemahaman bahwa penyakit tidak pernah terjadi dalam ruang hampa. Seorang pasien yang datang ke klinik adalah bagian dari komunitas yang lebih luas, dan penyakitnya sangat mungkin memiliki determinan sosial, lingkungan, dan perilaku yang melampaui faktor biologis semata (Gordis, 2014; Murti, 2018; Timmreck, 2004).

Mengapa Epidemiologi Relevan untuk Semua Tenaga Kesehatan?

Tanpa epidemiologi, seorang tenaga kesehatan hanya mampu melihat individu yang sakit. Dengan epidemiologi, ia mampu melihat pola, menemukan penyebab, dan merancang solusi untuk ribuan bahkan jutaan orang.

Kemampuan yang diperoleh dari epidemiologi meliputi:

- Membaca dan menginterpretasi data kesehatan populasi
- Menghitung dan memahami ukuran frekuensi penyakit (insidens, prevalens, mortalitas)
- Merancang studi untuk menguji hipotesis kausal
- Mengidentifikasi faktor risiko dan kelompok rentan

- Mengevaluasi efektivitas intervensi kesehatan berbasis bukti
- Merespons KLB secara cepat dan terstruktur.

1.3 Capaian Pembelajaran

Capaian pembelajaran (*learning outcomes*) dalam buku ini disusun mengacu pada Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) dan standar kompetensi tenaga kesehatan masyarakat. Capaian pembelajaran mencakup tiga ranah utama: pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skills*), dan sikap (*attitude*), yang sejalan dengan taksonomi Bloom (Webb *et al.*, 2011; Murti, 2018).

1.3.1 Capaian Pembelajaran Umum

Setelah menyelesaikan seluruh materi dalam buku ini, pembaca diharapkan mampu:

1. Menjelaskan konsep dasar, sejarah, dan ruang lingkup epidemiologi kesehatan masyarakat secara komprehensif.
2. Mengidentifikasi distribusi penyakit dalam populasi berdasarkan variabel orang, tempat, dan waktu menggunakan data kesehatan.
3. Menghitung dan menginterpretasikan berbagai ukuran frekuensi penyakit dan ukuran asosiasi kausal.
4. Menerapkan prinsip dan metode surveilans epidemiologi dalam konteks sistem kesehatan Indonesia.

5. Membedakan karakteristik epidemiologi penyakit menular dan tidak menular serta implikasinya terhadap program pengendalian.
6. Menganalisis hubungan antara faktor lingkungan, determinan sosial, dan status kesehatan populasi.
7. Merancang desain penelitian epidemiologi yang tepat sesuai dengan pertanyaan penelitian yang dihadapi.
8. Menganalisis dan menginterpretasikan data epidemiologi menggunakan metode statistik yang sesuai.
9. Mengintegrasikan data epidemiologi ke dalam proses perencanaan dan evaluasi program kesehatan.
10. Melaksanakan tahap-tahap investigasi dan penanggulangan kejadian luar biasa secara sistematis.

1.3.2 Capaian Pembelajaran Khusus per Bab

Tabel berikut merangkum capaian pembelajaran khusus untuk setiap bab beserta indikator ketercapaiannya:

Kode CP	Capaian Pembelajaran	Indikator Ketercapaian	Bab Terkait
CP-1	Memahami orientasi pembelajaran, konsep dasar, dan ruang	Mampu menjelaskan pentingnya epidemiologi bagi tenaga kesehatan, memahami capaian pembelajaran, mendefinisikan	Bab 1-2

Kode CP	Capaian Pembelajaran	Indikator Ketercapaian	Bab Terkait
	lingkup epidemiologi	epidemiologi, menjelaskan sejarah, ruang lingkup, tujuan, serta konsep dasar epidemiologi	
CP-2	Menganalisis epidemiologi penyakit tidak menular	Mampu menjelaskan konsep penyakit tidak menular, mengidentifikasi faktor risiko, menganalisis beban penyakit, serta menerapkan strategi pencegahan pada berbagai tingkat	Bab 3
CP-3	Menganalisis epidemiologi kesehatan lingkungan	Mampu menjelaskan konsep epidemiologi kesehatan lingkungan, menganalisis hubungan faktor lingkungan dengan kejadian penyakit, serta menerapkan teori simpul dalam kajian kesehatan lingkungan	Bab 4

Kode CP	Capaian Pembelajaran	Indikator Ketercapaian	Bab Terkait
CP-4	Menganalisis determinan kesehatan ibu dan anak	Mampu mengidentifikasi determinan langsung, tidak langsung, dan kontekstual yang memengaruhi kesehatan ibu dan anak, serta merumuskan strategi peningkatan derajat kesehatan	Bab 5
CP-5	Merancang penelitian epidemiologi sesuai kaidah ilmiah	Mampu merumuskan pertanyaan penelitian, menentukan variabel, populasi, sampel, memilih desain penelitian observasional maupun eksperimental, serta menyusun rancangan penelitian epidemiologi	Bab 6
CP-6	Menganalisis dan	Mampu melakukan pengelolaan data,	Bab 7

Kode CP	Capaian Pembelajaran	Indikator Ketercapaian	Bab Terkait
	menginterpretasikan data epidemiologi	analisis deskriptif, menghitung ukuran asosiasi dan dampak kesehatan masyarakat, mengendalikan faktor perancu, serta menginterpretasikan hasil penelitian secara tepat	
CP-7	Mengaplikasikan hasil analisis epidemiologi dalam pengambilan keputusan kesehatan	Mampu menerjemahkan hasil analisis epidemiologi menjadi rekomendasi kebijakan, menyusun evidence-based policy, serta memanfaatkan data epidemiologi sebagai dasar perencanaan dan evaluasi program kesehatan	Bab 7

1.3.3 Capaian Berdasarkan Ranah Taksonomi Bloom

Untuk memastikan kedalaman pembelajaran yang memadai, capaian dalam buku ini mencakup seluruh tingkatan taksonomi Bloom yang direvisi:

Ranah Kognitif (C1-C6)

- C1 - Mengingat (*Remember*): Mendefinisikan istilah-istilah kunci epidemiologi seperti insidens, prevalens, herd immunity, KLB, surveilans
- C2 - Memahami (*Understand*): Menjelaskan konsep distribusi penyakit, model determinan, dan jenis-jenis desain studi
- C3 - Menerapkan (*Apply*): Menghitung ukuran frekuensi, menggunakan rumus RR dan OR, melaksanakan langkah surveilans
- C4 - Menganalisis (*Analyze*): Menganalisis pola distribusi penyakit, mengidentifikasi sumber bias, mengevaluasi program
- C5 - Mengevaluasi (*Evaluate*): Menilai kekuatan dan kelemahan desain studi, mengevaluasi intervensi berbasis bukti
- C6 - Menciptakan (*Create*): Merancang penelitian epidemiologi, menyusun program intervensi berbasis data, membuat laporan KLB

1.4 Peta Konsep dan Alur Pembelajaran

Buku ini dirancang dengan alur pembelajaran yang progresif. Empat bab pertama membangun fondasi konseptual yang kokoh. Bab 5 hingga 8 memperkenalkan perangkat metodologis dan klasifikasi penyakit. Bab 9 dan 10 mengaplikasikan epidemiologi pada domain kesehatan

lingkungan dan kesehatan ibu-anak. Bab 11 dan 12 memperdalam kemampuan penelitian dan analisis. Dua bab penutup (13 dan 14) mendorong pembaca ke level aplikasi tertinggi: perencanaan program dan respons KLB (Gordis, 2014; Rothman *et al.*, 2008).

Blok 1 – Fondasi Epidemiologi (Bab 1–2)

- Pendahuluan, orientasi pembelajaran, dan capaian pembelajaran
- Konsep dasar, sejarah, ruang lingkup, tujuan, dan penerapan epidemiologi
- Trias epidemiologi (agent, host, dan environment)
- Peran epidemiologi dalam pelayanan dan penelitian kesehatan

Blok 2 – Aplikasi Epidemiologi dalam Bidang Kesehatan (Bab 3–5)

- Epidemiologi penyakit tidak menular
- Epidemiologi kesehatan lingkungan
- Determinan kesehatan ibu dan anak
- Analisis faktor risiko dan strategi pencegahan penyakit
- Penerapan epidemiologi dalam upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif

Blok 3 – Metodologi Penelitian Epidemiologi (Bab 6)

- Perumusan pertanyaan penelitian epidemiologi
- Variabel, populasi, sampel, dan unit analisis
- Desain penelitian epidemiologi observasional
- Desain penelitian epidemiologi eksperimental

- Pemilihan desain penelitian sesuai tujuan penelitian

Blok 4 – Analisis dan Interpretasi Data Epidemiologi (Bab 7)

- Manajemen dan validasi data epidemiologi
- Analisis deskriptif dan ukuran asosiasi
- Ukuran dampak kesehatan masyarakat
- Interpretasi hasil penelitian epidemiologi
- Pengendalian bias dan variabel perancu
- Translasi hasil penelitian menjadi kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*)

1.5 Cara Menggunakan Buku Ini

1. Untuk Mahasiswa

Bacalah setiap bab secara berurutan karena setiap bab membangun pemahaman di atas fondasi bab sebelumnya. Perhatikan kotak definisi dan contoh kasus yang disediakan karena keduanya dirancang untuk memperkuat pemahaman konseptual. Kerjakan latihan soal di akhir setiap bab sebagai sarana mengukur pemahaman sendiri. Ketika menemukan istilah baru, telusuri glosarium di bagian akhir buku sebelum melanjutkan membaca.

2. Untuk Dosen dan Pengajar

Setiap bab dilengkapi dengan capaian pembelajaran khusus yang dapat langsung diintegrasikan ke dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS). Tabel capaian pembelajaran pada bagian C.2 dapat digunakan sebagai acuan penyusunan rubrik penilaian dan instrumen evaluasi. Disarankan untuk melengkapi pembelajaran

dengan studi kasus aktual dari laporan epidemiologi Kementerian Kesehatan atau dinas kesehatan setempat.

3. Untuk Praktisi Kesehatan

Bagi tenaga kesehatan yang sudah bekerja di lapangan, buku ini dapat berfungsi sebagai referensi cepat ketika menghadapi masalah kesehatan yang memerlukan pendekatan epidemiologi. Bab 6 (Surveilans), Bab 13 (Perencanaan Program), dan Bab 14 (Investigasi KLB) khususnya dirancang dengan orientasi praktis yang tinggi.

1.6 Pertanyaan Reflektif Pembuka

Sebelum memulai perjalanan membaca buku ini, luangkan waktu untuk merenungkan pertanyaan-pertanyaan berikut. Tidak ada jawaban benar atau salah. Pertanyaan ini bertujuan mengaktifkan pengetahuan awal dan membantu pembaca menghubungkan materi buku dengan pengalaman nyata:

1. Penyakit apa yang paling banyak menyebabkan kematian di wilayah tempat tinggal atau tempat kerja Anda? Apa yang Anda ketahui tentang faktor-faktor yang berkontribusi terhadap tingginya angka kematian tersebut?
2. Pernahkah Anda menyaksikan atau mendengar tentang kejadian luar biasa (KLB) penyakit di sekitar Anda? Bagaimana respons yang diberikan, dan menurut Anda apakah respons tersebut sudah tepat dan cepat?
3. Jika Anda diminta merancang program untuk menurunkan angka kematian ibu di suatu kabupaten, data apa saja yang perlu Anda kumpulkan terlebih dahulu?

4. Mengapa dua orang yang tinggal di lingkungan yang sama dan terpapar kuman yang sama bisa mengalami nasib yang berbeda, satu jatuh sakit dan satu lainnya tetap sehat?
5. Apa perbedaan antara membuat seseorang sembuh dari penyakit dengan membuat populasi menjadi sehat? Pendekatan apa yang lebih efisien dari sudut pandang sumber daya?

DAFTAR PUSTAKA

- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5th ed.). Elsevier Saunders.
- Rothman, K. J., Greenland, S., & Lash, T. L. (2008). *Modern Epidemiology* (3rd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Webb, P., Bain, C., & Page, A. (2011). *Essential Epidemiology: An Introduction for Students and Health Professionals* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Kementerian Kesehatan RI. (2023). *Profil Kesehatan Indonesia 2022*. Kemenkes RI, Jakarta.
- Last, J. M. (2001). *A Dictionary of Epidemiology* (4th ed.). Oxford University Press.
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellstrom, T. (2006). *Basic Epidemiology* (2nd ed.). World Health Organization.
- Murti, B. (2018). *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi* (Edisi Keempat). Bintang Fajar Offset, Surakarta.
- Noor, N. N. (2014). *Epidemiologi*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Timmreck, T. C. (2004). *Epidemiologi: Suatu Pengantar* (Edisi 2). EGC, Jakarta.
- WHO. (2020). *Basic Principles of Epidemiology*. World Health Organization, Geneva.

BAB 2

KONSEP DASAR DAN RUANG LINGKUP EPIDEMIOLOGI

Oleh Nurul Aziza

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bidang kesehatan mendorong para tenaga ahli selalu mengadakan riset terhadap berbagai penyakit demi mengatasi kejadian penderitaan dan kematian akibat penyakit yang timbul di masyarakat. Maka berkembang ilmu yang disebut dengan epidemiologi. Istilah epidemiologi berasal dari bahasa Yunani yaitu *epi* yang berarti diatas, *demos* yang berarti masyarakat dan *logos* yang berarti ilmu.

Jadi epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari segala sesuatu yang terjadi didalam masyarakat. Dalam melakukan penyelidikan secara epidemiologi perlu diketahui dasar-dasar pendekatan lebih dulu, yaitu darimana penyelidikan tersebut akan dimulai. Epidemiologi merupakan cabang ilmu kesehatan untuk menganalisis sifat dan penyebaran berbagai masalah kesehatan dalam suatu penduduk tertentu serta mempelajari sebab timbulnya masalah. Epidemiologi adalah studi tentang distribusi dan fakto-faktor yang menentukan keadaan yang berhubungan dengan kesehatan atau kejadian-kejadian pada kelompok penduduk tertentu. Persamaan dari berbagai definisi adalah tentang kajian di bidang kesehatan, sasaran atau target. Tujuan dari epidemiologi adalah untuk melakukan Pencegahan maupun penanggulangan masalah

yang timbul dimasyarakat baik penyakit menular maupun penyakit tidak menular.

Lalu, mengapa kita perlu mempelajari epidemiologi? Hal ini karena epidemiologi merupakan cabang ilmu yang erat kaitannya dengan kesehatan masyarakat. Setiap individu yang bekerja di bidang kesehatan, baik secara klinis maupun non-klinis, perlu memiliki pemahaman tentang epidemiologi (Cainerro I, 2017). Ilmu ini mempelajari pola kejadian penyakit dalam suatu populasi serta faktor-faktor yang memengaruhinya. Informasi yang diperoleh dari penelitian epidemiologi sangat berharga dalam merancang strategi pencegahan penyakit, mengevaluasi kebijakan kesehatan, serta menjadi pedoman dalam pengelolaan pasien (BMJ, 2024).

Ilmu Epidemiologi berasal dari kata Yunani "EPI", yang berarti "pada" atau "tentang", dan "DEMOS", yang berarti "penduduk", dan "LOGOS", yang berarti "ilmu" (Azwar, 2002). Sehingga ilmu epidemiologi diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang frekuensi dan distribusi (penyebaran) masalah kesehatan pada sekelompok orang atau masyarakat serta determinannya (Bustan MN, 2002). Menurut Irwan (2017); Ismah (2018) membagi ilmu epidemiologi menjadi tiga pokok yaitu:

1. Frekuensi masalah Kesehatan menjelaskan seberapa besarnya masalah kesehatan yang terdapat pada sekelompok manusia/masyarakat. Ada dua hal yang dapat membantu mengetahui frekuensi terhadap masalah Kesehatan yaitu:
 - a. Menemukan masalah kesehatan
 - b. Pelaksanaan pengukuran atas masalah kesehatan yang ditemukan
2. Distribusi masalah kesehatan merujuk kepada pengelompokan masalah kesehatan pada keadaan tertentu. Keadaan tertentu mencakup dalam hal:

- a. Menurut ciri Manusia (MAN) siapa orang yang terkena penyakit.
 - b. Menurut Tempat (PLACE), di mana penyebaran atau terjadinya penyakit tersebut.
 - c. Menurut Waktu (TIME), kapan penyebaran atau terjadinya penyakit tersebut.
3. Determinan/ factor yang mempengaruhi penyebab suatu penyakit terjadi. Terdapat tiga Langkah untuk mencari determinan, yaitu:
- a. Merumuskan Hipotesa
 - b. Melakukan pengujian terhadap rumusan hipotesa tersebut.
 - c. Membuat kesimpulan.

Sehingga secara umum, dapat dijabarkan bahwa Ilmu Epidemiologi merupakan ilmu kompleks yang mempelajari distribusi, penyebab, dan pencegahan kesehatan dalam suatu populasi. Adanya ilmu epidemiologi dapat membantu masyarakat untuk memiliki pemahaman tentang kesehatan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya pada tingkat individu dan populasi. Disisi lainnya, ilmu epidemiologi dapat melihat seberapa efektif intervensi preventif dan terapeutik dan keluasan layanan 3 kesehatan. Pada bab ini, kita akan membahas definisi epidemiologi, sejarahnya, jenisnya, jangkauan dan aktivitasnya, dan ruang lingkup dan batasan epidemiologi.

Pada pertengahan tahun 1950-an, fokus epidemiologi tidak hanya pada penyakit menular, tetapi mempelajari faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi mereka yang mengalami penyakit. Pada tahun 1960-an, fokus epidemiologi terhadap penyebaran penyakit di populasi dan menyusun Undang-Undang yang mengatur penanganan penyebaran penyakit di tingkat populasi. Pada tahun 1980-an, fokus epidemiologi adalah bagaimana mengontrol dan meminimalisasi masalah kesehatan dan penyakit di populasi. Ilmu epidemiologi terus berkembang dalam mempelajari

permasalahan-permasalahan penyakit di populasi dan mendukung peningkatan kesehatan masyarakat. Perubahan pola distribusi penyakit di populasi, tingkat kesuburan, angka harapan hidup dan penyebab kematian dijelaskan dalam transisi epidemiologi. Transisi epidemiologi dibagi menjadi empat transisi yaitu:

1. Transisi epidemiologi yang pertama berhubungan dengan munculnya penyakit menular dan penyakit terkait nutrisi.
2. Transisi epidemiologi yang kedua berhubungan dengan sistem kekebalan tubuh manusia dan organisme penyebab penyakit yang mengakibatkan perubahan epidemik penyakit menjadi penyakit endemik.
3. Transisi epidemiologi ketiga berhubungan dengan pola penyakit menular menjadi penyakit tidak menular (degeneratif) karena peningkatan gizi, kesehatan masyarakat dan pengobatan klinis.
4. Transisi epidemiologi keempat berhubungan dengan meningkatnya globalisasi yaitu dengan munculnya penyakit baru dan munculnya kembali penyakit infeksi serta penyebarannya sangat cepat dimasyarakat.

2.1 Definisi Ilmu Epidemiologi Menurut Para Ahli

Menurut Azwar (2002) bahwa ilmu Epidemiologi merupakan ilmu yang mempelajari populasi/ penduduk. Epidemiologi berasal dari Bahasa Yunani, dari kata yaitu "epi" yang berarti "pada" atau "tentang", "demos" yang berarti "penduduk", dan "logos" yang berarti "ilmu". Sehingga epidemiologi didefinisikan ilmu yang mempelajari pola kesehatan dan penyakit serta factor yang mempengaruhi penyebaran masalah kesehatan pada populasi.

Wiyono, 2016 menjelaskan bahwa ilmu Epidemiologi mempelajari pola kesehatan dan penyakit serta factor yang mempengaruhinya. Menurut Abramson (1979) bahwa

Epidemiologi, yang awalnya mempelajari epidemi, sekarang berfokus pada diagnosis masalah kesehatan masyarakat, identifikasi etiologi dan perjalanan penyakit, dan penilaian dan perencanaan pelayanan kesehatan. Menurut CDC, 2002; Last, 2001; Gordis, 2000, Amiruddin *et al*, 2011 menjelaskan bahwa ilmu epidemiologi yaitu ilmu yang menyelidiki penyebaran dan faktor pendorong penyakit pada populasi, sehingga dapat mengendalikan masalah status kesehatan pada individu dan populasi.

JM Last. Kamus Epidemiologi. Edisi ke-2 menjelaskan bahwa Epidemiologi adalah bidang ilmu yang mempelajari penyebaran penyakit dan faktor penyebab yang berkaitan dengan kesehatan pada manusia. Menurut Fletcher, Fletcher, Wagner, Epidemiologi Klinis, 1996, menjelaskan bahwa epidemiologi klinis adalah bidang ilmu epidemiologi yang menghitung kejadian klinis pada pasien dan membuat prediksi hingga menggunakan metode ilmiah yang tepat untuk mempelajari kelompok pasien. Menurut Haryono dkk, 2021 menjelaskan bahwa Epidemiologi adalah bidang ilmu kesehatan yang menganalisis bagaimana berbagai masalah kesehatan muncul dan menyebar dalam populasi tertentu serta mengidentifikasi faktor penyebabnya.

Menurut Wade Hampton Frost, 1972 dalam Susanti N, 2022 menjelaskan bahwa Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari fenomena massal penyakit menular. Menurut Anders Ahlbom dan Staffan Norel, 1989 dalam Susanti N, 2022 menyatakan bahwa epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari penyakit yang menyerang manusia. Menurut Asosiasi Epidemiologi Internasional (1983) menyebutkan bahwa epidemiologi adalah ilmu tentang distribusi dan determinan penyakit pada populasi, dan penerapan untuk mengendalikan masalah kesehatan. Menurut Hirsch, 1883 dalam Wahyuni G dkk, 2022, ilmu epidemiologi yaitu Suatu gambaran tentang kejadian, distribusi, dan jenis penyakit

manusia yang terjadi di bumi pada waktu tertentu dan hubungannya dengan faktor eksternal.

Menurut Taylor (1963) menjelaskan bahwa ilmu Epidemiologi adalah studi ilmu kesehatan yang mempelajari penyakit dalam populasi. Menurut LibraryText (2023); Brian Mac Mohan (1970) dalam PAEI, 2023 menjelaskan bahwa epidemiologi adalah studi yang mempelajari tentang pola, penyebab, dan dampak kondisi kesehatan dan penyakit pada populasi tertentu. Hal ini merupakan landasan kesehatan masyarakat untuk memberikan informasi dalam pengambilan kebijakan dan pengobatan berbasis bukti/ evidence based dengan mengidentifikasi faktor risiko penyakit dan pencegahan pengobatan.

Epidemiologi dapat diterapkan pada berbagai bidang kesehatan masyarakat seperti penyakit infeksi, penyakit kronis, kesehatan ibu dan anak, cedera, kesehatan lingkungan, nutrisi, kebijakan kesehatan, dan perilaku kesehatan. Penyakit menular disebabkan oleh agen infeksius yang menular dari individu yang terinfeksi, hewan, atau reservoir ke penajamu (host yang rentan. Penularan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung melalui inang tumbuhan, hewan, dan vektor. Seiring waktu, terjadi perubahan fokus epidemiologi kepada penyakit tidak menular. Perubahan ini terjadi sebagian karena ketersediaan antibiotik dan vaksin yang telah mengurangi insiden beberapa penyakit menular, menyembuhkan beberapa kasus, atau bahkan mencegah beberapa kasus penyakit menular.

Perubahan menjadi fokus pada penyakit kronis dimulai pada 1940-an dan 1950-an. Studi epidemiologi penyakit kronis memiliki durasi yang lama, seperti penyakit jantung, s, diabetes, epilepsi, kanker, stroke, radang sendi, glaukoma, dan asma. Epidemiologi kesehatan Ibu dan Anak fokus pada peningkatan kesehatan dan kesejahteraan perempuan, anak-anak, dan keluarga, dan menyelidiki faktor risiko yang memengaruhi kesehatan perempuan dan anak-anak.

Pencegahan cedera dan keselamatan kendaraan bermotor adalah masalah yang sangat penting dalam kesehatan masyarakat. Urbanisasi dan bekerja di pabrik meningkat selama revolusi industri dan menyebabkan peningkatan risiko kecelakaan dan cedera. Banyak cedera dan kecelakaan dapat diprediksi dan lebih mungkin terjadi di antara kelompok risiko tertentu, sehingga dapat bekerja untuk mengurangi atau mencegahnya.

Fokus epidemiologi lingkungan adalah paparan lingkungan oleh bahan kimia, agen fisik, patogen dan mikrobiologis yang dapat mempengaruhi kondisi lingkungan dan perubahan iklim. Ahli epidemiologi gizi meneliti hubungan antara nutrisi dan kesehatan. Studi penelitian fokus pada diet dan aktivitas fisik. Sebagai contoh, penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa alergi makanan meningkat. Jumlah anak dengan alergi makanan naik 18% dari tahun 1997 hingga 2007. Pada 2007, CDC melaporkan bahwa sekitar 3 juta anak-anak di Amerika Serikat yang lebih muda dari 18 tahun memiliki alergi makanan atau pencernaan 12 bulan terakhir.

Pengetahuan yang diperoleh dari studi epidemiologi dapat digunakan saat perencanaan kesehatan dan program pengendalian penyakit pada tingkat populasi dan individu. Seharusnya keputusan kebijakan kesehatan masyarakat berdasarkan bukti, dan penelitian epidemiologis dapat memberikan bukti. Contoh bidang kebijakan kesehatan termasuk kebijakan penelitian medis, kebijakan farmasi, kebijakan vaksin, kebijakan pengendalian tembakau, dan kebijakan promosi. Pemahaman tentang bagaimana perilaku mempengaruhi promosi kesehatan dan pencegahan penyakit. Penelitian epidemiologi perilaku kesehatan, distribusi, penentu perilaku kesehatan, dan evaluasi intervensi dan layanan untuk perilaku, perlu dilakukan.

2.2 Sejarah Epidemiologi

Masih terjadi perbedaan pandangan tentang epidemiologi. Sementara orang beranggapan bahwa epidemiologi hampir sama tuanya dengan ilmu kedokteran itu sendiri, tetapi sebagian lagi menganggap bahwa epidemiologi merupakan ilmu yang baru. Epidemiologi berkembang dari empat dasar pemikiran, yaitu: penyakit manusia berhubungan dengan lingkungannya, banyaknya fenomena-fenomena alam yang dapat dipelajari, percobaan-percobaan alam dapat menjadi alat untuk menyelidiki etiologi suatu penyakit, serta kondisi tertentu, percobaan-percobaan pada manusia dapat juga digunakan untuk mencapai tujuan ini. Dari keempat dasar tersebut di atas diuraikan sebagai berikut:

1. Lingkungan

Hippocrates adalah orang pertama yang mempelajari epidemiologi (460 – 377 BC). Ia memperkenalkan hubungan penyakit dengan faktor-faktor lingkungan yang tertentu yaitu: tempat, keadaan air, iklim, kebiasaan makan dan perumahan, serta empat unsur tanah, udara, api dan air. Figur lain yang memberikan andil dalam bidang epidemiologi adalah Galen (129-199 AD). Ia menyatakan bahwa penyakit adalah suatu hasil interaksi dari tiga faktor, yaitu: Temperamen (pembawaan) seseorang, pandangan hidup dan pengaruh lingkungan. Teori pertama mengenai konsep penyakit menular diperkenalkan oleh seorang ahli fisiologi berkebangsaan Italia yaitu Hyronimus Fracastorius (1478-1553).

Bahwa penyakit syphilis (French Disease) ditularkan oleh partikel yang tidak terlihat melalui kontak langsung. Tetapi teori ini selama bertahun-tahun kemudian tidak terdengar lagi. Thomas Sydenham (1624-1689) seorang berkebangsaan Inggris, ia merevisi pemikiran Hippocrates bahwa penyakit

berhubungan dengan musim, tahun dan umur penderita. Noah Webster (1758-1843) adalah seorang pelopor epidemiologi di Amerika. Walaupun ia sebenarnya seorang ahli Hukum. Ia mempelajari epidemi dari penyakit influenza, Scarlet Fever dan Yellow fever yang terjadi dikota sepanjang pantai atlantik pada akhir abad ke 18. Benjamin Rush dari Philadelphia pada tahun 1799 menulis buku “Epidemic and Pestilential Disease” . Dalam buku tersebut ia menyatakan bahwa epidemi terjadi bila berbagai kombinasi faktor di alam mengenai sejumlah besar masyarakat pada waktu yang bersamaan.

2. Statistik

Kesehatan John Graunt (1620–1674) terkenal karena andilnya dibidang epidemiologi dimana ia memberikan informasi mengenai catatan penderita/vital statistic (nama, jeniskelamin, tanggal kematian dan sifat/jenis penyakit). Tulisannya yang terkenal adalah “Bills Of Mortality”.

3. Infeksi dan Imunisasi

John Snow (1813–1815) adalah seorang pioner epidemiologi dilapangan, ia menyelidiki kasus penyakit kolera yang terjadi secara sporadik dan mewabah pada tahun 1848–1854, hipotesanya mengenai penyakit tersebut adalah penularan terjadi karena orang mencerna makanan atau minuman yang terkontaminasi oleh tinja penderita. Sumbangan Snow yang terbesar dalam epidemiologi adalah percobaannya yang dikenal sebagai “Grand Experiment”.

Dalam percobaan tersebut ia mendapatkan bahwa kematian akibat kolera banyak menimpa konsumen pemakai air Southwark dan Vaxhall, sedangkan pada masyarakat pemakai air yang berasal dari Lambeth Co, kasus kolera tidak separah pada yang pertama tadi. Ternyata air yang diambil dari perusahaan Southwark dan Vaxhall berasal dari air sungai Thames yang tercemar. Edward Jenner (1749–1823). Inokulasi cacar

dari cairan gelembung/vesikel yang menimbulkan kekebalan. Benjamin Yesty (1774). Inokulasi cacar air yang menimbulkan kekebalan. Fracostorius (1478–1553). Penyakit yang diakibatkan karena infeksi oleh partikel kecil (yang tidak kelihatan) yang terjadi karena kontak langsung antara penderita dengan orang sehat. Louis Pasteur (1822–1896). Penyelidikannya dengan mendemonstrasikan kuman penyebab penyakit (anthrax). Patrick Manson (1878) Penyelidikannya dengan mendemonstrasikan cacing filaria. P. Manson dan R. Ross. Penyelidikannya dengan mendemonstrasikan parasit malaria.

4. Pembuktian sebab musabab

Penyakit Pengaruh, baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap masalah kesehatan terus menerus dipelajari dan berkembang menjadi suatu disiplin ilmu yang disebut Ilmu Kesehatan Lingkungan.

2.3 Ruang Lingkup Epidemiologi

Kegiatan epidemiologi meliputi berbagai aspek kehidupan masyarakat, baik yang berhubungan dengan bidang kesehatan maupun di luar bidang kesehatan. Berbagai bentuk dan jenis kegiatan dalam epidemiologi saling berhubungan satu dengan yang lainnya sehingga tidak jarang dijumpai bentuk kegiatan yang tumpang tindih. Ruang lingkup epidemiologi adalah sebagai berikut:

1. Subjek dan objeknya adalah masalah kesehatan. Awalnya subjek dan objek adalah masalah kesehatan hanya penyakit infeksi dan menular. Sesuai perkembangan zaman, penyakit degeneratif mulai marak dipelajari dan sekarang banyak digunakan pada masalah-masalah kesehatan yang bukan penyakit, sehingga dikenal dengan epidemiologi penyakit menular dan epidemiologi penyakit tidak memular.

2. Masalah kesehatan yang dimaksud adalah masalah kesehatan yang ditemukan pada sekelompok populasi/ manusia, sehingga menjadi epidemiologi komunitas (kependudukan, lingkungan, gizi masyarakat, dll) dan epidemiologi klinis (pengelolaan layanan kesehatan, kesehatan jiwa, dll)
3. Dalam merumuskan penyebab timbulnya suatu masalah kesehatan dimanfaatkan data tentang frekuensi dan penyebaran masalah tersebut

Dalam Buku Guntur, dkk. 2019 menyatakan bahwa epidemiologi merupakan ilmu yang tidak hanya penting bagi ilmu kesehatan, tetapi juga erat hubungannya dengan disiplin ilmu lainnya. Sehingga tidak jarang epidemiologi dikembangkan pada berbagai bidang.

1. Epidemiologi Penyakit Menular Epidemiologi berperan dalam memantau munculnya ataupun tren suatu penyakit menular yang terjadi. Surveilans dalam epidemiologi menjadi alat untuk pencatatan dan pelaporan penyakit menular yang terjadi terutama yang menjadi perhatian pemerintah. Contoh: surveilans terpadu penyakit HIV-AIDS, TC, dan Malaria.
2. Epidemiologi Penyakit Tidak Menular Keberhasilan metode epidemiologi dalam memantau penyakit menular, menjadi alasan memonitor penyakit tidak menular. Awalnya, penyakit menular yang menjadi perhatian pencacatan rutin, namun dengan semakin bergesernya pola hidup manusia yang berakibat pada semakin banyak masyarakat yang didiagnosa menderita penyakit tidak menular, maka epidemiologi juga diperlukan untuk hal ini.
3. Epidemiologi Penyakit Klinik Epidemiologi mulai digunakan oleh para klinisi seperti dokter dalam mengatasi masalah kesehatan individu. Para klinisi seperti dokter awalnya hanya fokus pada upaya pengobatan atau kuratif saja. Namun dengan semakin

berkembangnya ilmu pengetahuan dan penyebab penyakit yang semakin kompleks, maka para klinisi perlu dibekali pengetahuan dan keterampilan khusus mengatasi masalah kesehatan dengan pendekatan epidemiologi. dengan demikian, para klinisi mulai menerapkan upaya pengobatan yang bukan hanya berorientasi pada kesembuhan, tetapi juga berusaha mengedukasi pasien untuk terus berupaya untuk melakukan pencegahan agar terhindar dari penyakit.

4. **Epidemiologi Kependudukan** Cabang epidemiologi ini mengkaji tentang bagaimana faktor demografi sangat berperan penting dalam mempengaruhi status kesehatan. Karakteristik penduduk yang beragam mulai dari karakteristik biologis, sosial, ekonomi, pendidikan dan lain sebagainya tentu akan menyebabkan masalah penyakit yang beragam. Hal ini tentu sangat penting untuk diketahui terutama bagi pembuat kebijakan kesehatan.
5. **Epidemiologi Pengelolaan Pelayanan Kesehatan** Epidemiologi dalam pelayanan kesehatan sangat berperan dalam hal manajemen guna menganalisis masalah kesehatan, menganalisis kebutuhan domestik, jumlah biaya pengobatan maupun kebutuhan sumber daya dalam suatu pelayanan kesehatan. Kerja sama yang baik antara epidemiologi dan perencanaan akan menghasilkan input, output serta outcome yang baik. Pengelolaan pelayanan kesehatan baik merupakan satu hal yang menentukan keberhasilan pelayanan kesehatan.
6. **Epidemiologi Lingkungan** Bentuk epidemiologi ini mempelajari tentang cara menganalisis faktor lingkungan yang dapat menyebabkan masalah kesehatan. Mulai dari lingkungan air, udara, maupun tanah. Analisis faktor pencemaran yang bersumber dari ketiga unsur lingkungan tersebut perlu diamati dengan pendekatan epidemiologi untuk mengetahui

- penyakitpenyakit yang terjadi akibat paparan lingkungan.
7. Epidemiologi Kesehatan Kerja Bagian epidemiologi kesehatan kerja mempelajari serta menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan masalah kesehatan pada tenaga kerja akibat keterpaparan di lingkungan kerja. Faktor-faktor yang dimaksud bukan hanya terkait paparan unsur kimia, biologis, maupun fisik akan tetapi juga termasuk pengaruh sosial, budaya, psikologis hingga perilaku pekerja.
 8. Epidemiologi Kesehatan Jiwa Epidemiologi juga bermanfaat dalam ilmu kesehatan jiwa. Dalam hal ini epidemiologi merupakan ilmu yang dijadikan dasar pendekatan dalam menganalisis kejadian gangguan jiwa yang terjadi dalam suatu kelompok masyarakat. Sehingga dengan demikian, upaya pencegahan maupun penanggulangan dapat dilakukan dengan baik.
 9. Epidemiologi Gizi Analisis masalah gizi juga dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan epidemiologi. Hal ini bertujuan untuk mencari serta menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan masalah gizi yang terjadi pada masyarakat, dimana bukan saja hanya karena faktor biologis melainkan juga dapat dilihat dari sudut pandang lain seperti budaya.
 10. Epidemiologi Perilaku Perilaku merupakan salah satu faktor yang sangat kompleks dalam mempengaruhi derajat kesehatan masyarakat. Epidemiologi sangat berperan dalam mengidentifikasi dan menganalisis perilaku kelompok manusia yang dapat mempengaruhi status kesehatan. Sebab, perilaku sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti umur, jenis kelamin, pekerjaan, pendidikan, suku, budaya, status sosial serta aspek lainnya. Hal ini sangat jelas terlihat pada Negara yang majemuk seperti Indonesia yang memiliki beragam suku dan budaya.

11. **Epidemiologi Molekuler** Epidemiologi molekuler didefinisikan sebagai studi yang mengaplikasikan teknik dari biologi molekuler dalam mempelajari suatu populasi yang berfokus pada investigasi penyakit. Investigasi molekuler dapat berkontribusi terhadap mengurai penyebab-penyakit
12. **Epidemiologi Genetik** Epidemiologi genetik merupakan bentuk kombinasi antara disiplin ilmu genetik manusia dengan epidemiologi seperti biometri. Kombinasi dari kedua ilmu ini sangat diperlukan dalam bidang genetik manusia untuk mendeteksi asal mula genetik pada fenotif manusia yang berbeda-beda, khususnya mempelajari tentang komponen genetik yang berpengaruh pada kejadian penyakit misalnya mengamati ciri-ciri bawaan genetik manusia. Hal ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan upaya preventif yang bisa dilakukan sejak dini yaitu sejak diketahuinya sifat-sifat genetik seorang sejak lahir.
13. **Farmakoepidemiologi** Epidemiologi farmasi didefinisikan sebagai pengaplikasian dari ilmu epidemiologi, metode serta penalaran untuk mempelajari efek-efek dan penggunaan obat-obatan pada populasi manusia. Farmakoepidemiologi menyelidiki keuntungan maupun kerugian dari efek obat-obatan. Hal tersebut difokuskan pada penilaian risiko yang tidak bisa terjadi, pada masa laten, dan reaksi perlawanan tubuh yang sering tidak diperkirakan pada saat obat pertama kali digunakan sebelum obat tersebut dijual. Tantangan terbesar dari farmakoepidemiologi adalah mengukur risiko sebuah obat secara tepat, bergantung dari satu atau beberapa alternatif. Sehingga dengan demikian, didapatkan pilihan atau kombinasi obat yang tepat dalam melakukan upaya kuratif.
14. **Epidemiologi Reproduksi Kesehatan** reproduksi sangat berkaitan erat dengan dinamika penduduk dalam hal ini terkait angka kesuburan, program kehamilan, hingga

jumlah kelahiran. Berbagai faktor mempengaruhi kesehatan reproduksi yang dapat diidentifikasi dengan menggunakan pendekatan epidemiologi. Epidemiologi kesehatan reproduksi mempelajari determinan yang berperan dalam kesuksesan reproduksi. Sebagai contoh, seorang ibu hamil yang mengalami pre-eklamsia akan berisiko terhadap kehamilannya.

2.4 Tujuan dan Penerapan Epidemiologi

Bagi seorang tenaga kesehatan, yang akan terjun ke masyarakat hendaknya memahami tujuan dan manfaat ilmu epidemiologi bagi kesehatan masyarakat. Tujuan dan manfaat tersebut antara lain:

1. Mempelajari Riwayat Alamiah penyakit Pengetahuan tentang riwayat alamiah suatu penyakit penting untuk menggambarkan perjalanan penyakit, terutama yang berkaitan dengan orang (man), waktu (time) dan tempat (place). Dengan mengetahui riwayat alamiah penyakit tersebut dapat diupayakan tindakan pencegahan atau penghentian perjalanan penyakit tersebut. Epidemiologi dapat digunakan untuk memahami kecenderungan dan prediksi kejadian penyakit, misalnya, penyakit demam berdarah yang terjadi antara peralihan musim hujan ke musim kemarau. Disini petugas kesehatan sudah dapat memahami siklus alamiah penyakit dan dapat memotong rantai terjadinya penyakit tersebut. Selain itu, epidemiologi sangat bermanfaat untuk perencanaan dan pelayanan kesehatan. Misalnya, membuat program perencanaan kesehatan menjadi efisien dan akurat
2. Menentukan Masalah Komunitas Kejadian-kejadian yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan di antaranya penyakit, kondisi, kecelakaan, gangguan, kelainan atau cacatan apapun yang menyebabkan kesakitan, kematian dan masalah kesehatan yang terjadi pada

komunitas atau wilayah tertentu. Harus ditelusuri mengapa masalah tersebut terjadi sehingga masalah dapat dicegah di lain waktu. Dengan menjelaskan mengapa terjadi suatu masalah kesehatan tersebut dan mengetahui penyebabnya, dapat disusun langkah-langkah pencegahan dan penanggulangannya agar tidak meluas dan dapat dilakukan tindakan preventif serta kuratif.

3. Melihat Risiko dan Pengaruhnya Dengan menjelaskan masalah kesehatan yang terjadi, dapat pula diketahui faktor risiko yang dapat mempengaruhi individu dan pengaruhnya pada populasi yang ada. Hal ini dapat dilakukan melalui kegiatan penilaian kesehatan, skrining kesehatan, pemeriksaan medis, dan lain sebagainya.
4. Menilai dan Meneliti Kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui masalah kesehatan dan melihat perkembangan masalah tersebut melalui penilaian/evaluasi dan penelitian. Dengan demikian tenaga kesehatan mengetahui seberapa baiknya kesehatan masyarakat termasuk pelayanan kesehatannya mengelola masalah kesehatan yang ada di masyarakat. Selain itu dapat diketahui kebutuhan masyarakat serta dapat mempelajari efektivitas, efisiensi, kualitas, kuantitas, akses, dan ketersediaan pelayanan untuk menanggulangi masalah kesehatan.
5. Menyempurnakan Gambaran Penyakit Epidemiologi dapat menerangkan keadaan suatu masalah kesehatan/penyakit, terutama yang berkaitan dengan man, time, place. Salah satu kegiatannya adalah identifikasi dan proses diagnostik untuk meyakinkan bahwa seseorang menderita penyakit tertentu, misalnya penyakit infeksi saluran napas atau ISPA oleh kuman streptokokus yang sering menyebabkan semam reumatik.
6. Identifikasi Sindrom Salah satu kegiatan epidemiologi juga dapat membantu memantapkan dan menyusun

kriteria untuk menmendefinisikan sindrom tertentu. Misalnya, AIDS, SARS, flu burung, dan lain-lain.

7. Menentukan Penyebab dan Sumber Penyakit Pekerjaan epidemiologi dapat menjelaskan mengapa suatu masalah kesehatan itu terjadi. Temuan-temuan epidemiologi memungkinkan untuk digunakan dalam pengendalian, pencegahan, dan eliminasi penyakit, kecelakaan, kecacatan, dan kematian.

Seorang tenaga kesehatan masyarakat sangat memerlukan pemahaman tentang tujuan dan manfaat epidemiologi. Tujuan dan manfaat epidemiologi antara lain diuraikan di bawah ini:

1. Menerangkan besarnya masalah kesehatan (penyakit) dan penyebarannya yakni memberikan gambaran (deskripsi) tentang penyebaran (distribusi), besar & luasnya masalah kesehatan dan lainnya
2. Identifikasi faktor penyebab masalah Kesehatan
3. Menyiapkan data dan informasi terkait masalah Kesehatan
4. Menjelaskan interaksi faktor-faktor kausa-etologi (agent), host & envirotment yang menggambarkan riwayat alamiah penyakit
5. Menguraikan kelompok penduduk yang dalam risiko dan yang berisiko tinggi terhadap kelompok penduduk yang tidak memiliki Risiko
6. Mengevaluasi efektifitas dan efisiensi serta keberhasilan kegiatan
7. Membantu pekerjaan aadminstratif kesehatan yakni pada planning, monitoring, dan evalution
8. Menerangkan keadaan masalah kesehatan apakah termasuk dalam epidemik, pandemi, endemik atau sparodik.

2.5 Trias Epidemiologi (Segitiga Epidemiologi)

Segitiga epidemiologi atau yang sering disebut dengan Trias Epidemiologi merupakan ilmu dasar yang harus dimiliki oleh seorang epidemiolog kesehatan. Trias Epidemiologi adalah gambaran interaksi antara 3 faktor utama (*Host*, *Agent*, dan *Environment*) yang menjadi penyebab terjadinya suatu penyakit dan masalah kesehatan lainnya pada kelompok masyarakat atau populasi.

Triad epidemiologi atau segitiga epidemiologi adalah model tradisional untuk menjelaskan bagaimana penyakit menular disebabkan dan ditularkan. Model ini sangat sederhana dan mewakili pandangan umum yang luas tentang penyakit menular. Jumlah informasi tentang penyakit menular yang sangat banyak dapat membuat mahasiswa yang baru memulai studi epidemiologi kewalahan. Segitiga epidemiologi merupakan titik awal yang bagus untuk mempelajari bagaimana penyakit yang ada dan yang baru muncul disebabkan dan menyebar. Konsep tradisional ini membantu para calon ahli epidemiologi untuk menguraikan komponen-komponen penting dari penularan penyakit. Para pengajar sering menggunakan segitiga epidemiologi untuk meningkatkan pembelajaran dan membangun fondasi yang kuat dalam epidemiologi.

Para ahli epidemiologi yang membuat representasi visual dari segitiga epidemiologi juga mendapatkan gambaran langsung tentang informasi apa yang mereka miliki dan apa yang masih perlu dipelajari. Memahami dasar-dasar dari triad epidemiologi dapat membantu merumuskan respons kesehatan masyarakat yang tepat selama wabah. Sebagai contoh, ketika COVID-19 pertama kali menyerang, dunia mengetahui agen penyebabnya (virus baru) dan satu inang yang terkonfirmasi (manusia). Ada kesalahpahaman tentang lingkungan yang akhirnya terbantahkan. Awalnya, kita diberitahu bahwa virus dapat

bertahan hidup dan menular melalui permukaan. Gagasan ini kemudian dibantah dengan lebih banyak data, dan petugas kesehatan dapat memfokuskan upaya mereka pada faktor lingkungan lainnya.

Timbulnya suatu penyakit dikarena tidak seimbangnya antara agent, host dan environment. Sehat adalah gambaran yang terbaik suatu keseimbangan dari penyebab (*agent*) penyakit, host (*host*) dan lingkungan (*environment*). Penyakit akan timbul bila terjadi perubahan-perubahan pada satu atau lebih faktor-faktor diatas sehingga keseimbangan diantaranya terganggu. Sebelum interaksi dari ketiga faktor tersebut dibahas, da baiknya ketiga faktor yang menentukan itu diuraikan satu persatu.

2.5.1 *Agent* (Penyebab Penyakit)

Agent dalah penyebab sebenarnya dari suatu penyakit, tanpa adanya agent, penyakit tidak akan terjadi. Sesuai dengan konsep epidemiologi modern, agentt penyebab penyakit tidak terbatas hanya pada agent-agent biologi saja, tetapi juga agent yang bersifat kimia dan fisik. Agent-agent biologi terdiri dari protozoa, bakteri, virus, rickettsia dan fungi. Adapun agent yang bersifat kimia antara lain pestisida, obatobatan, food additives, bahan kimia industri dan lain-lain. Sedangkan agent yang bersifat fisik misalnya panas, cahaya, radiasi, suara dan vibrasi. Agent biologi yang berhasil, artinya dapat menimbulkan penyakit pada host harus memenuhi syarat, yaitu:

1. Dapat tahan terhadap pengaruh-pengaruh lingkungan (suhu, panas, matahari, hujan, d.l.l)
2. Mampu berkembang baik diluar tubuh host, misalnya bakteri dapat berkembang biak di media yang mati seperti susu, makanan. Sedangkan virus dapat berkembang pada sel yang hidup (pada antropoda, hewan air atau mamalia)

3. Mempunyai kemampuan untuk menimbulkan penyakit pada host (*pathogenicity*)

2.5.2 Host (Inang atau Pejamu)

Yang dimaksud dengan host disini adalah manusia yang dapat menderita penyakit sebagai akibat adanya agent didalam tubuh serta akibat perubahan pada faktor lingkungan. Host ini dapat dibedakan menjadi dua kriteria, yaitu:

1. Kriteria biologi, yang meliputi data-data host mengenai umur, sex, ras, keturunan (faktor hereditas) dan imunitas.
2. Kriteria sosial, yang meliputi pekerjaan, jabatan, status perkawinan, keluarga, status sosial, adat istiadat, kebiasaan, cara hidup dan pandangan hidup.

2.5.3 Lingkungan (*Environment*)

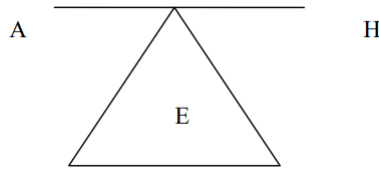
Lingkungan adalah seluruh keadaan diluar host. Karena lingkungan ini amat luas dan beragam, maka lingkungan dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu:

1. Lingkungan fisik yang meliputi kondisi geografi, geologi, klimatologi dan meteorologi. Lingkungan geografi berhubungan dengan batas-batas alam secara langsung mempengaruhi keadaan iklim. Keadaan geografi meliputi sifat dan tipe tanah yang juga mempengaruhi flora dan fauna serta kondisi sosial ekonomi manusia. Klimatologi (keadaan iklim) secara langsung mempengaruhi manusia (sinar matahari, hujan, salju, suhu, angin, d.l.l), iklim inilah yang menentukan pola musim sepanjang tahun.
2. Lingkungan biologi, semua yang hidup disekeliling manusia serta flora, fauna termasuk parasit patogen adalah lingkungan biologi. Keadaan ini secara

langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kesehatan manusia. Contohnya keadaan gizi manusia tergantung secara langsung pada pengadaan bahan makanan dimasyarakat seperti beras, ubi-ubian, sayur, ikan dan daging atau hasil ternak lain.

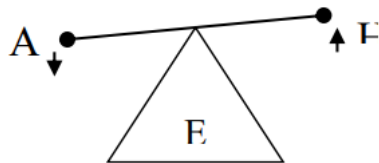
3. Lingkungan sosial ekonomi, keadaan sosial ekonomi seseorang secara tidak langsung mempengaruhi kesehatannya. Golongan ekonomi mampu dengan status sosial tinggi mempunyai cara dan pandangan hidup yang berbeda dengan golongan ekonomi bawah dan menengah. Bagi keluarga dengan soisal ekonomi tinggi memandang bahwa membuang kotoran harus pada jamban yang memenuhi syarat, namun bagi kelaurga social ekonomi rendah membaung kotoran disungai tidak apa-apa, hal ini sangat berpengaruh tertahadap kemungkinan terjadi penularan penyakit.

Pendekatan epidemiologi saat ini didasarkan atas adanya interaksi antara host-agent dan envoronment. Dengan kata lain ketiga faktor tesebut tidak dapat dipisahkan. Adanya agent penyebab dan host belumlah berarti penyakit akan timbul dan berkembang, karena interaksi antara agent dan host masih tergantung pada pengaruh-pengaruh yang berasal dari lingkungan. Contoh yang nyata adalah apabila orang tertular basil tuberculose, belum tentu ia akan menderita tuberculosis, sebab untuk terjadinya proses penyakit ini harus ada peran serta dari lingkungan. Pendekatan terhadap ketiga faktor ini dikenal sebagai “model segitiga epidemiologi” (*the epidemiologic triangle*) yang dikenalkan oleh DR. John Gordon.

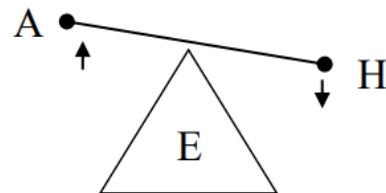


Bila sistem dari ketiga faktor ini dalam keadaan seimbang (equilibrium) maka tidak akan terjadi suatu penyakit. Tetapi bila keseimbangan ketiga faktor ini terganggu maka penyakit dapat terjadi. Ada empat gambaran pengaruh interaksi faktor agent-inang dan lingkungan, sebagai berikut:

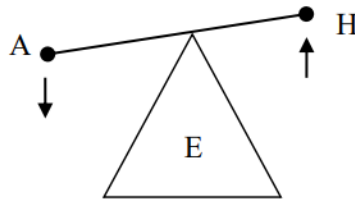
1. Kemampuan agent untuk menginfeksi host meningkat, sehingga pada host terjadi penyakit. Contoh: Mutasi strain virus influenza menjadi semakin virulen sehingga host menjadi tidak kebal.



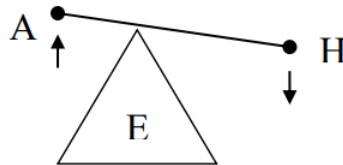
2. Kepekaan host terhadap agent meningkat, misalnya karena angka kelahiran jauh lebih tinggi dari angka kematian



3. Lingkungan berubah sehingga agent penyakit menjadi menyebar dilingkungan, misalnya akibat banjir.



4. Lingkungan merubah host menjadi lebih rentan, misalnya pencemaran limbah industri menyebabkan kepekaan terhadap infeksi saluran pernafasan meningkat.



Model lain yang menggambarkan timbulnya penyakit adalah “model jaring-jaring sebab akibat” (*the web of causation*) dan “model roda” (*the wheel*).

DAFTAR PUSTAKA

- Abramson JH. (1998) Cross sectional studies. In: R Detels, WW Holand, J McEwen, GS Omenn. Oxford Text Book of Public Health. 3rd Ed Vol 2. New York. Oxford University Press, pp: 517-535
- Azwar, A.1999. Pengantar Epidemiologi, Jakarta, Binarupa Aksara
- BMJ. 2024. Introduction of Epidemiology. Epidemiological Research Methods. The Pennsylvania State University
- Bustan MN. 2002. Pengantar Epidemiologi, Jakarta, Rineka Cipta
- Chandra, Budiman, 1996, Pengantar Prinsiup dan Metode Epidemiologi, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Coggon, Rose Geoffrey, Epidemiologi Bagi Pemula, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta
- Elwood, M. (2007). Critical Appraisal of Epidemiological Studies and Clinical Trials (Vol. Third Edition). Melbourne: Oxford University Press
- Friedman, Gary D, 1986, Prinsip – Prinsip Epidemiologi, Yayasan Essentia Medica, Yogyakarta
- Gordis, L. (2014). Epidemiology (Fifth Edit). Canada: Elsevier Saunders
- Hulu, Victor Trismanjaya. 2020. *Epidemiologi Penyakit Menular: Riwayat, Penularan dan Pencegahan*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Irwan. 2017 Epidemiologi Penyakit Menular. Yogyakarta, Cv Absolute Media.
- Noor, N. N. (2013). Pengantar epidemiologi penyakit menular.

- Principles Of Epidemiology In Public Health Practice : An Introduction, To Applied Epidemiology And Biostatistics. No Title. Third Edition, Editor. Atlanta, Ga: U.S. Department Of Health And Human Services Centers For Disease Control And Prevention (Cdc); 2012.
- Raj S. Bhopal. Concepts Of Epidemiology : Integrating The Ideas, Theory, Principle And Method Of Epidemiology. Angew Chemie Int Ed 6(11), 951–952. 2018;10–27.
- Rothman, K., Greenland, S., & Thimoty, L. (2008). Modern Epidemiology. Third Edition. Philadelphia: Lippincot William and Wilkin.
- Sepudin, M. 2011. Prinsip-Prinsip Epidemiologi. Jakarta: Trans Info Media.

BAB 3

EPIDEMIOLOGI PENYAKIT TIDAK MENULAR

Oleh Melly Kristanti

3.1 Definisi dan Ruang Lingkup

Epidemiologi didefinisikan sebagai studi tentang distribusi dan determinan status atau kejadian yang berhubungan dengan kesehatan dalam populasi tertentu, serta penerapan studi ini untuk mengendalikan masalah kesehatan. Dalam konteks Penyakit Tidak Menular (PTM) atau penyakit kronis, fokus utamanya adalah pada penyakit yang tidak ditularkan dari satu orang ke orang lain, memiliki durasi panjang, dan umumnya berkembang lambat. (Stellman, 2010)

3.2 Penyakit Utama dalam Epidemiologi Tidak Menular

Sebagian besar beban penyakit tidak menular global disebabkan oleh empat kelompok penyakit utama (Stellman, 2010):

1. Penyakit Kardiovaskular: Seperti penyakit jantung koroner dan stroke (penyebab kematian tertinggi sebesar 17,5 juta jiwa).
2. Kanker: Termasuk kanker paru-paru, payudara, dan serviks.

3. Penyakit Pernapasan Kronis: Seperti penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dan asma.
4. Diabetes Melitus.

Selain empat besar tersebut, epidemiologi penyakit tidak menular juga mencakup gangguan kesehatan mental, cedera (akibat kecelakaan lalu lintas atau kekerasan), serta gangguan sensorik seperti gangguan penglihatan dan pendengaran.

3.3 Faktor Risiko dan Kerangka Penyebab

Penyakit tidak menular tidak disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan hasil dari interaksi kompleks berbagai faktor risiko yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Ahlbom, 2021):

1. Faktor Risiko Perilaku (Dapat Diubah): Penggunaan tembakau, konsumsi alkohol yang berbahaya, diet tidak sehat (rendah buah dan sayur), dan kurangnya aktivitas fisik. Hal ini merupakan faktor risiko utama yang berasal dari gaya hidup individu dan dapat diintervensi secara langsung:
 - i. Penggunaan Tembakau: Merupakan penyebab utama banyak PTM, termasuk kanker paru-paru, stroke, dan penyakit kardiovaskular (CVD). Risiko stroke pada perokok ditemukan jauh lebih tinggi dibandingkan non-perokok.
 - ii. Diet Tidak Sehat: Pola makan tinggi lemak jenuh hewani adalah penyebab dasar penyakit jantung koroner. Sebaliknya, rendahnya konsumsi buah dan sayuran berkorelasi terbalik dengan risiko penyakit jantung iskemik.
 - iii. Kurangnya Aktivitas Fisik: Gaya hidup sedenter atau kurang gerak meningkatkan risiko berbagai kondisi kronis.

- iv. Konsumsi Alkohol yang Berbahaya: Penggunaan alkohol yang berlebihan berkontribusi pada beban penyakit kronis secara global.
2. Faktor Risiko Fisiologis (Menengah): Tekanan darah tinggi (hipertensi), kadar glukosa darah meningkat, lemak darah abnormal (hiperlipidemia), serta kelebihan berat badan atau obesitas. Faktor-faktor ini sering kali merupakan hasil dari perilaku tidak sehat dan menjadi penanda biologis peningkatan risiko PTM(Ahlbom, 2021; Lakshmi *et al.*, n.d.):
 1. Tekanan Darah Tinggi (Hipertensi): Risiko penyakit kardiovaskular dan stroke meningkat secara bertahap pada setiap level tekanan darah; tidak ada ambang batas mutlak di mana risiko tiba-tiba muncul.
 2. Kelebihan Berat Badan dan Obesitas: Berhubungan erat dengan peningkatan risiko diabetes dan penyakit jantung.
 3. Kadar Glukosa Darah Meningkat: Merupakan indikator utama risiko diabetes melitus.
 4. Lemak Darah Abnormal (Hiperlipidemia): Kadar kolesterol total yang tinggi dalam populasi sangat berkorelasi dengan angka kematian akibat jantung koroner.
3. Faktor Risiko Non-Modifiable: Karakteristik pribadi yang tidak dapat diubah tetapi membantu dalam mengidentifikasi kelompok populasi berisiko tinggi(Ahlbom, 2021):
 - a. Usia: Risiko Penyakit tidak menular umumnya meningkat seiring bertambahnya usia.
 - b. Jenis Kelamin: Prevalensi penyakit tertentu dapat berbeda antara pria dan wanita.
 - c. Faktor Genetik (Hereditas): Riwayat keluarga dan sifat genetik spesifik dapat membuat seseorang lebih rentan terhadap agen penyakit atau paparan lingkungan tertentu.

4. Faktor-faktor ini berada di luar kendali individu dan sering disebut sebagai "penyebab dari penyebab" (cause of a cause).
 - a. Determinan Sosial (Upstream): Kondisi di mana orang dilahirkan, tumbuh, dan bekerja, termasuk pengaruh globalisasi, urbanisasi, dan penuaan populasi
 - b. Kondisi Sosial-Ekonomi: Status sosial ekonomi rendah (pendapatan, pendidikan, dan pekerjaan rendah) menyebabkan kerentanan umum terhadap kesehatan yang buruk. Misalnya, pendapatan rendah sering kali membatasi akses ke makanan sehat seperti buah dan sayur.
 - c. Lingkungan Fisik: Paparan polusi udara perkotaan, debu asbes di tempat kerja, dan kepadatan hunian berkontribusi signifikan pada PTM seperti kanker paru dan penyakit pernapasan kronis.
 - d. Pengaruh Global: Proses globalisasi, urbanisasi yang cepat, dan penuaan populasi merupakan pendorong utama pergeseran pola penyakit menuju kronis di banyak negara.

5. Interaksi dan Hierarki Faktor Risiko

Penting untuk dicatat bahwa PTM jarang disebabkan oleh satu faktor tunggal melainkan merupakan hasil dari multi-kausalitas. Efek dari dua atau lebih faktor risiko yang bertindak bersamaan sering kali lebih besar daripada jumlah efek masing-masing (interaksi). Contoh klasiknya adalah pekerja yang terpapar debu asbes sekaligus merokok memiliki risiko kanker paru-paru yang berlipat ganda berkali lipat dibandingkan jika hanya terpapar salah satu faktor saja.

Faktor-faktor ini juga tersusun dalam suatu hierarki, di mana faktor distal (seperti kebijakan ekonomi) mempengaruhi faktor proksimal (seperti kebiasaan merokok), yang akhirnya menyebabkan perubahan fisiologis dan penyakit.

Selain itu, berkaitan dengan usia, kesehatan mental pada remaja juga merupakan gangguan penyakit tidak menular yang paling umum. Pada usia 10-14 tahun, conduct disorder (gangguan perilaku) merupakan beban tertinggi. Pada usia 15-19 tahun, gangguan depresi mayor adalah penyebab utama Disability-Adjusted Life Years (DALY). Kondisi lain bisa dari masalah kesehatan seperti migrain, asma, nyeri punggung bawah, dan jerawat (acne vulgaris) juga masuk dalam daftar 10 besar beban penyakit tidak menular pada remaja (Hashim Jafarova *et al.*, 2020).

Sebagian besar penyakit tidak menular pada orang dewasa bermula dari perilaku yang dimulai sejak masa kanak-kanak dan remaja. Sebanyak 70% kematian dini pada orang dewasa disebabkan oleh perilaku yang dimulai pada periode ini. Faktor risiko utamanya meliputi:

1. Gaya Hidup: kebiasaan merokok sejak dini, konsumsi alkohol, penggunaan obat-obatan, diet yang tidak sehat, dan kurangnya aktivitas fisik.
2. Biologis dan Metabolik: Obesitas, hipertensi (darah tinggi), kolesterol tinggi, dan kadar gula darah tinggi.
3. Lingkungan: Polusi udara dan sanitasi yang buruk.

3.4 Tingkatan Pencegahan PTM

Pencegahan adalah inti dari Epidemiologi Penyakit Tidak Menular karena banyak kondisi kronis yang sulit disembuhkan setelah terjadi. Terdapat empat tingkat pencegahan:

1. Pencegahan Primordial: Bertujuan menghindari munculnya pola hidup sosial, ekonomi, dan budaya yang diketahui meningkatkan risiko penyakit (misalnya: kebijakan tata kota yang mendukung aktivitas fisik).
2. Pencegahan Primer: Membatasi insiden penyakit dengan mengendalikan penyebab spesifik (misalnya: program berhenti merokok atau penggunaan garam beryodium).

3. Pencegahan Sekunder: Diagnosis dini dan pengobatan segera untuk mengurangi konsekuensi yang lebih serius (misalnya: skrining kanker serviks atau tes tekanan darah rutin).
4. Pencegahan Tersier: Mengurangi kecacatan dan rehabilitasi bagi pasien yang sudah memiliki penyakit menetap (misalnya: rehabilitasi pasca-stroke).

WHO memantau kemajuan 194 Negara Anggota dalam memenuhi komitmen nasional untuk pencegahan dan pengendalian PTM melalui 19 indikator target. Indikator utama meliputi:

1. Penyusunan target nasional yang terikat waktu untuk mengurangi kematian PTM.
2. Implementasi langkah-langkah pengurangan permintaan tembakau (pajak, kemasan polos, larangan iklan).
3. Kebijakan untuk membatasi pemasaran makanan tidak sehat kepada anak-anak.
4. Penguatan sistem kesehatan melalui cakupan kesehatan semesta (UHC) dan perawatan primer

Selain itu dalam pencegahan perlunya intervensi berbasis platform tujuannya agar pencegahan dapat dilakukan melalui sekolah, komunitas, keluarga, dan media massa. Contohnya adalah program insentif tunai untuk meningkatkan retensi sekolah yang secara tidak langsung menurunkan penggunaan alkohol dan tembakau. Kebijakan Nasional juga berperan dalam suatu negara, banyak negara yang telah memiliki kebijakan untuk pengendalian tembakau dan kesehatan mental, namun kebijakan yang memungkinkan remaja mengakses layanan kesehatan tertentu (seperti kontrasepsi atau pengurangan dampak buruk narkoba) tanpa izin orang tua masih sangat terbatas di banyak wilayah (Briggs *et al.*, 2016).

Penyakit tidak menular ini merupakan penyebab utama kematian dan morbiditas secara global, di mana sebagian besar beban penyakit ini sebenarnya dapat dicegah. Meningkatnya permintaan pada layanan kesehatan global mendorong perlunya penekanan yang lebih besar pada upaya pencegahan PTM agar sumber daya publik yang terbatas dapat digunakan secara efisien.(Briggs *et al.*, 2016; Hashim Jafarova *et al.*, 2020)

Tantangan dalam pemodelan pencegahan penyakit tidak menular ini terdapat lima tantangan utama dalam membuat model ekonomi untuk intervensi penyakit tidak menular yang sering kali tidak terpenuhi oleh pedoman penilaian teknologi kesehatan standar(Akseer *et al.*, 2020):

1. Dampak Kesehatan Jangka Panjang: Efek intervensi (seperti perubahan harga makanan tidak sehat) bisa menetap selama bertahun-tahun.
2. Konsekuensi Sosial yang Luas: Kebijakan seperti transportasi untuk aktivitas fisik memiliki dampak di luar sektor kesehatan, misalnya pada tingkat kriminalitas atau polusi udara.
3. Dampak pada Ketimpangan: Kelompok populasi yang berbeda (misalnya kelompok miskin vs kaya) merespons intervensi dengan cara yang berbeda.
4. Intervensi Multikomponen: Kebijakan sering kali terdiri dari berbagai elemen yang saling berkaitan.
5. Interaksi Sistem Kompleks: Adanya interaksi dengan sektor non-kesehatan, seperti sektor energi atau perumahan.

Model tanpa interaksi dari penguatan pencegahan penyakit tidak menular yaitu sebagai berikut(Akseer *et al.*, 2020) :

1. *Decision Trees* (Pohon Keputusan): Mudah dibangun dan diinterpretasikan, tetapi kurang memiliki komponen waktu eksplisit dan sulit untuk kondisi kronis jangka panjang.
2. *Comparative Risk Assessment* (CRA): Mampu memodelkan banyak penyakit dan faktor risiko secara bersamaan menggunakan fraksi atribusi populasi.
3. *Markov Models*: Model yang paling umum digunakan untuk PTM karena dapat mensimulasikan pergerakan individu antar status kesehatan dari waktu ke waktu, meskipun memiliki keterbatasan dalam hal "ingatan" model (asumsi Markovian).

Sedangkan jika dibuat tanpa interaksi dalam melakukan pencegahan yaitu sebagai berikut (Akseer *et al.*, 2020; Briggs *et al.*, 2016):

1. *System Dynamics*: Memungkinkan interaksi antara populasi dan lingkungannya, sangat baik untuk memodelkan kebijakan transportasi atau umpan balik sistem.
2. *Discrete Event Simulation* (DES) & *Agent-Based Simulation* (ABS): Model yang sangat fleksibel dan kuat

yang menerapkan aturan pada tingkat individu (agen) agar mereka bisa "belajar" dan berinteraksi. Model ini sangat akurat untuk merepresentasikan jaringan sosial tetapi membutuhkan daya komputasi dan data yang besar.

3.5 Beban Penyakit dan Proyeksi

PTM merupakan penyebab utama kematian di hampir semua negara, menyumbang sekitar 61% dari total kematian dunia dan 48% dari beban penyakit global. Ironisnya, 80% dari kematian PTM terjadi di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, di mana akses terhadap layanan

pengecahan dan pengobatan seringkali terbatas. Tanpa intervensi yang lebih kuat, kematian akibat PTM diproyeksikan akan terus meningkat seiring bertambahnya usia populasi dunia(Ahlbom, 2021; Stellman, 2010).

Penyakit tidak menular seringkali memiliki masa laten yang lama (waktu yang lama antara paparan dan munculnya penyakit), studi epidemiologi yang sering digunakan meliputi(Stellman, 2010):

1. Studi Kohort: Mengikuti kelompok sehat berdasarkan paparan (misalnya: merokok) untuk melihat siapa yang terkena penyakit di masa depan.
2. Studi Kasus-Kontrol: Membandingkan orang yang sudah sakit dengan kelompok kontrol yang sehat untuk melihat riwayat paparan masa lalu.
3. Studi Cross-sectional: Mengukur prevalensi penyakit dan paparan pada satu titik waktu tertentu

Selain studi epidemiologi ini, bisa juga dilakukan studi intervensi dengan cara Multistate Life Tables yang mana digunakan untuk menambah komponen waktu pada model statis (seperti CRA) sehingga dampak kesehatan jangka panjang dapat diestimasi. Selain itu bisa ditambahkan juga dengan microsimulation yang memungkinkan simulasi pada tingkat individu untuk mengatasi heterogenitas populasi dan melaporkan ketimpangan kesehatan secara lebih akurat.(Akseer *et al.*, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlbom, A. (2021). Modern Epidemiology, 4th edition. TL Lash, TJ VanderWeele, S Haneuse, KJ Rothman. Wolters Kluwer, 2021. In *European journal of epidemiology* (Vol. 36, Number 8, pp. 767–768). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1007/s10654-021-00778-w>
- Akseer, N., Mehta, S., Wigle, J., Chera, R., Brickman, Z. J., Al-Gashm, S., Sorichetti, B., Vandermorris, A., Hipgrave, D. B., Schwalbe, N., & Bhutta, Z. A. (2020). Non-communicable diseases among adolescents: current status, determinants, interventions and policies. *BMC Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09988-5>
- Briggs, A. D. M., Wolstenholme, J., Blakely, T., & Scarborough, P. (2016). Choosing an epidemiological model structure for the economic evaluation of non-communicable disease public health interventions. In *Population Health Metrics* (Vol. 14, Number 1). BioMed Central Ltd. <https://doi.org/10.1186/s12963-016-0085-1>
- Hashim Jafarova, K., Shura Tagiyeva, F., Farman Vahabov, E., & Nazim Vakilov, V. (2020). To teaching the epidemiology of non-communicable diseases. *SCIENTIFIC WORK*, 58(9), 56–59. <https://doi.org/10.36719/2663-4619/58/56-59>
- Lakshmi, B., Latha, P., Bhakshu, L. M., & Venkatesu, P. (n.d.). *Non-Communicable Diseases: A Global and Indian Perspective*. <https://doi.org/10.51244/IJRSI>
- Stellman, S. D. (2010). Epidemiology, L. Gordis, Fourth ed, 2009, Saunders. *Preventive Medicine*, 50(5–6). <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2010.02.010>

BAB 4

EPIDEMIOLOGI KESEHATAN LINGKUNGAN

Oleh Dhorkas Dhonna Ruth Marpaung

Lingkungan terus mengalami perubahan. Seiring lingkungan yang berubah, begitu juga manusia perlu menyadari masalah yang berada di sekitarnya. Masalah lingkungan membuat manusia perlu memahami dan menanganinya. Beberapa masalah lingkungan lain yang saat ini terjadi adalah polusi, pemanasan global, pembuangan limbah, perubahan iklim, deforestasi, hujan asam, dan rekayasa genetika. Polusi atau pencemaran di lingkungan membutuhkan waktu berjutaan tahun untuk membersihkannya. Polusi dapat terjadi di air, udara dan tanah. Perubahan iklim seperti pemanasan global merupakan hasil praktik manusia seperti emisi gas rumah kaca. Konsumsi sumber daya dan penciptaan plastik secara berlebihan menciptakan krisis pembuangan limbah global. Kerusakan hutan akibat penebangan liar juga marak terjadi dikarenakan manusia membutuhkan perluasan lahan baik untuk pemukiman ataupun untuk ladang atau sawah. Hujan asam dapat terjadi karena adanya polutan tertentu di atmosfer. Hujan asam bisa disebabkan karena pembakaran bahan bakar fosil atau letusan gunung berapi yang melepaskan sulfur dioksida dan nitrogen oksida ke atmosfer. Modifikasi genetik pada makanan dengan menggunakan bioteknologi disebut dengan rekayasa genetika. Tanaman

yang dimodifikasi menyebabkan masalah lingkungan yang mengancam karena gen rekayasa dapat mengandung racun bagi satwa (Daud, A. & Ishak, 2020).

Meningkatnya masalah kesehatan akibat pencemaran dan perubahan lingkungan menjadikan epidemiologi kesehatan lingkungan sebagai salah satu cabang ilmu yang penting dalam kesehatan masyarakat. Pencemaran lingkungan dapat menimbulkan penyakit atau gangguan kesehatan. Salah satu contoh penyakit yang muncul akibat pengaruh berbagai faktor lingkungan, baik dalam bentuk paparan yang menyebabkan keracunan secara langsung maupun faktor yang berkontribusi terhadap penyakit kompleks adalah asma dan gangguan kardiovaskular (A'aqoulah, A., 2025).

4.1 Definisi Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Epidemiologi kesehatan lingkungan merupakan cabang ilmu yang mengkaji hubungan antara kondisi lingkungan dan terjadinya masalah kesehatan pada manusia. Bidang ini berfokus pada identifikasi, pengukuran, serta analisis interaksi antara populasi dengan berbagai unsur lingkungan yang berpotensi menimbulkan bahaya di wilayah dan periode tertentu. Hasil kajian tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan upaya promotif, preventif, maupun pengendalian masalah kesehatan masyarakat (Silalahi, 2021).

Epidemiologi kesehatan lingkungan merupakan salah satu cabang ilmu epidemiologi yang berfokus pada kajian mengenai pengaruh berbagai faktor lingkungan terhadap terjadinya masalah kesehatan atau penyakit pada manusia. Disiplin ilmu ini mempelajari serta menganalisis interaksi antara populasi dan lingkungan sekitarnya, khususnya lingkungan yang mengandung potensi risiko bagi kesehatan. Melalui pengukuran dan evaluasi hubungan tersebut pada

periode dan wilayah tertentu, epidemiologi kesehatan lingkungan berupaya menjelaskan peran faktor lingkungan dalam munculnya penyakit serta dampaknya terhadap masyarakat (Saepudin, 2020).

Kajian epidemiologi lingkungan menitikberatkan pada peran berbagai faktor lingkungan dalam memengaruhi pola penyebaran serta tingkat kejadian penyakit di masyarakat. Fokus utama bidang ilmu ini adalah memahami hubungan antara paparan lingkungan dan dampaknya terhadap kesehatan penduduk. Dengan demikian, epidemiologi lingkungan menyediakan landasan ilmiah dan metodologis untuk meneliti berbagai agen yang terdapat di lingkungan, baik fisik, kimia, maupun biologis, serta menilai pengaruhnya terhadap status kesehatan masyarakat (Soemirat, 2015).

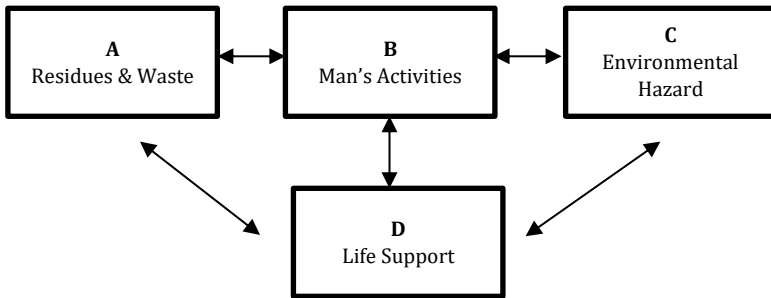
4.2 Ruang Lingkup Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Secara umum, epidemiologi mempelajari pola distribusi suatu penyakit atau masalah kesehatan berdasarkan karakteristik individu, lokasi, dan waktu kejadian. Selain itu, epidemiologi juga berusaha mengungkap faktor-faktor yang berperan dalam munculnya kejadian tersebut pada kelompok penduduk tertentu. Perkembangan ilmu ini tidak terlepas dari pengalaman para ahli dalam meneliti berbagai wabah yang pernah terjadi dan menyebabkan tingginya angka kesakitan serta kematian pada masa lalu (Tosepu, 2015).

Hal-hal pokok yang dapat disimpulkan berdasarkan definisi epidemiologi para ahli yaitu (Ryadi, 2012).

A. *Environmental impact assessment*

Konsep *environmental impact assessment* dapat kita lihat dengan menggunakan pendekatan *ecological environmental system model*, sebagaimana terdapat pada model berikut ini:



Gambar 4. 1 *Ecological Environmental System Model* (Purdon, 1971)

Pada model di atas terdapat empat komponen saling berinteraksi timbal balik antara A-B, B-C, dan B-D. *Man's activities* menjalin interaksi dengan masing-masing komponen dan bersifat terpusat. *Residues & waste* terpisah dari *environmental hazard* karena *environmental hazard* sudah ditekankan sebagai *potential risk factor*, sedangkan sebaliknya *residues & waste* tidak atau belum dikaitkan dengan *risk factor*.

Environmental hazard mencakup hal-hal berikut:

- 1) *Biological hazard* melalui sistem biologi, gangguan lingkungan dapat mengakibatkan proses *overburning* terhadap kapasitas alamiah sehingga secara timbal balik dapat mempengaruhi kemampuan pembaruan, dispersi dan asimilasi. Contoh *overburning* adalah binatang serangga atau mikroorganisme yang semula tidak ada atau tidak banyak kemudian terlihat berakumulasi menjadi *biological hazard*.
- 2) *Chemical hazard* merupakan limbah atau bahan kimia beracun dan berbahaya atau setidaknya minimal merupakan alergen atau iritan.
- 3) *Physical hazard* seperti vibrasi, radiasi, tekanan, abrasi, dan kelembaban.

- 4) Psikologis seperti stres, ketegangan, *discomfort* (suasana yang dapat menimbulkan perasaan yang kurang enak atau kurang menyenangkan, tekanan, depresi).
- 5) Sosiologis meliputi kepadatan penduduk (*overcrowded*) dan implikasinya, isolasi, *population expolution*, dan lain-lain.

The National Academy of Science USA (1983) menyampaikan bahwa penilaian risiko terbagi empat tahap yaitu (Mukono, 2002).

1) *Hazard identification*

Adalah suatu proses untuk menentukan bahan kimia yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia, misalnya kanker dan cacat lahir. Jika data dari efek bahan kimia terhadap manusia sulit didapat, maka dipakai data dari hasil percobaan binatang.

2) *Dose response assesment*

Adalah suatu proses untuk menentukan hubungan antara dosis suatu gen dengan efek terhadap kesehatan. Pada analisis ini termasuk metode eksplorasi data dari binatang ke manusia.

3) *Exposure assesment*

Mengidentifikasi dan menghitung jumlah populasi yang terpapar serta lamanya agen tersebut bekerja. Mengidentifikasi faktor umur, status kesehatan, sejarah merokok dan memperkirakan adanya efek sinergistik pada pemaparan bahan toksik.

4) *Risk characterization*

Merupakan gabungan dari ketiga tahap di atas yang menghasilkan perkiraan adanya masalah kesehatan masyarakat.

Tingkat paparan suatu agen dalam lingkungan dengan manusia merupakan interaksi antara agen dengan tubuh manusia (melalui kulit, traktus respiratoris, traktus gastro intestinalis). Dosis tergantung pada jumlah yang dihisap, ditelan, lokasi pengambilan polutan, kecepatan translokasi dan perjalanan polutan serta paparan akut atau kronis (Mukono, 2002).

B. *Risk management*

Risk management adalah aplikasi tentang perencanaan dan implementasinya langkah-langkah tindakan *protected* untuk mengurangi atau meniadakan risiko kesehatan (Ryidi, 2012). Sebelum menerapkan *risk management*, ada dua proses yang mengawalinya yaitu:

- 1) *Environmental audit*, yang pada hakikatnya adalah *analysis of the exiting situation*.
- 2) *Environmental impact assesment*, yang pada hakikatnya merupakan suatu *predictive analysis* (Shi, 2022).

Dalam *risk management* ada empat langkah-langkah utama yaitu (Ryidi, 2012).

1. Melakukan identifikasi terhadap *environmental health hazards* secara prioritas di antara berbagai alternatif yang telah tercatat dalam *environmental audit*.
2. Melakukan analisis terhadap dampak kesehatan baik tingkat atau bobot penting dampak (*importance of impact*) dan besarnya dampak (*magnitude*).
3. Menghitung atau memperkirakan tingkat eksposur sesungguhnya yang memberikan dampak pada masyarakat. Penilaian eksposur dalam tubuh

masyarakat dilakukan dengan menghitung jumlah eksposur bersama melalui *environmental and biological monitoring* atau berbagai informasi tentang riwayat eksposur dan perubahan selama waktu tersebut.

4. Data dari berbagai subkelompok disubtitusikan ke dalam *dose-effect* dan *dose response relationship* untuk memperkirakan risiko kesehatan masyarakat.

Dalam hubungan dengan sebab timbulnya penyakit, ada empat tipe *risk factor*, yaitu (Ryiadi, 2012).

1. *Predisposing risk factor*

Karakteristik internal dari *susceptable host* antara lain umur, jenis kelamin dan penyakit-penyakit yang memungkinkan suatu eksposur eksternal dengan cepat berpengaruh menimbulkan *defect*.

2. *Enabling risk factor*

Yang termasuk dalam kelompok ini adalah pendapatan rendah, gizi, perumahan, dan pelayanan kesehatan yang buruk atau jelek.

3. *Precipitating risk factor*

Termasuk dalam faktor ini adalah eksposur yang berpengaruh terhadap timbulnya suatu spesifik disease agent atau agen yang beracun dikaitkan dengan timbulnya suatu penyakit atau kondisi kesehatan yang fatal.

4. *Reinforcing risk factor*

Adalah eksposur berulang-ulang dan kerja keras terus-menerus yang mengganggu penyakit kronis yang sudah ada sehingga *reinforcing risk factor* ini dapat berlangsung menimbulkan *defect*.

4.3 Manfaat Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Mempelajari epidemiologi kesehatan lingkungan memberikan pemahaman mengenai peran faktor-faktor lingkungan dalam memengaruhi derajat kesehatan manusia. Analisis terhadap hubungan tersebut memerlukan pendekatan yang sistematis dan menyeluruh karena berbagai masalah kesehatan sering kali berkaitan dengan paparan lingkungan yang bersifat kompleks dan melibatkan banyak faktor yang saling berinteraksi. Oleh karena itu, epidemiologi lingkungan menjadi alat penting untuk menelaah keterkaitan antara kondisi lingkungan dan munculnya gangguan kesehatan pada masyarakat (Keman, 2013).

Di era modern, ketika tingkat pencemaran lingkungan terus menunjukkan kecenderungan meningkat, keberadaan epidemiologi lingkungan menjadi semakin penting. Disiplin ilmu ini berperan dalam mengidentifikasi kelompok masyarakat yang berisiko mengalami dampak negatif akibat pencemaran udara, air, maupun tanah. Berbagai jenis agen pencemar, seperti faktor fisik, bahan kimia, agen biologis, dan radiasi, dapat menimbulkan ancaman kesehatan sehingga diperlukan upaya perlindungan yang didukung oleh kebijakan serta regulasi yang memadai (Mukono, 2002).

Epidemiologi lingkungan memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung upaya kesehatan masyarakat serta penyusunan kebijakan lingkungan. Kontribusi tersebut dapat dilihat dari beberapa aspek utama. Pertama, epidemiologi lingkungan membantu mengidentifikasi berbagai faktor bahaya (*hazard*) dan menilai tingkat risiko yang ditimbulkannya terhadap kesehatan manusia. Melalui penelitian epidemiologis, hubungan sebab akibat antara paparan lingkungan dan penyakit dapat dibuktikan, misalnya keterkaitan antara paparan asbes dengan mesothelioma atau benzena dengan leukemia.

Kedua, hasil kajian epidemiologi menjadi landasan ilmiah dalam penyusunan standar dan regulasi kesehatan lingkungan. Temuan penelitian digunakan untuk menetapkan baku mutu lingkungan serta menentukan batas aman paparan berbagai polutan, termasuk standar konsentrasi partikulat halus PM2.5 di udara.

Ketiga, epidemiologi lingkungan berfungsi sebagai sarana evaluasi terhadap efektivitas berbagai program dan intervensi kesehatan lingkungan. Evaluasi tersebut penting untuk memastikan bahwa strategi yang diterapkan mampu mencapai tujuan yang diharapkan serta mendukung penggunaan sumber daya secara efisien.

Keempat, epidemiologi lingkungan berperan dalam pengembangan sistem surveilans yang dapat digunakan sebagai mekanisme peringatan dini dan respons terhadap keadaan darurat kesehatan. Melalui pemantauan yang berkelanjutan, ancaman kesehatan akibat pencemaran atau kontaminasi lingkungan, seperti kejadian luar biasa yang bersumber dari air tercemar, dapat dideteksi lebih cepat.

Kelima, temuan epidemiologi lingkungan mendukung kegiatan komunikasi risiko dan edukasi kesehatan kepada masyarakat. Informasi yang diperoleh dari penelitian dapat digunakan untuk menyampaikan risiko lingkungan secara jelas dan berbasis bukti, sehingga masyarakat mampu mengambil keputusan yang lebih tepat terkait paparan lingkungan serta perilaku yang mendukung kesehatan (Naningsi, A., 2023).

4.4 Variabel Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Variabel epidemiologi dikelompokkan menurut: Orang (*person*), Tempat (*place*), dan Waktu (*Time*).

Orang (*person*)

Perbedaan sifat/karakteristik individu secara tidak langsung memberikan perbedaan sifat/keterpaparan, dipengaruhi oleh:

1. Faktor genetik, faktor bersifat tetap, seperti: jenis kelamin, ras, data kelahiran dan sebagainya.
2. Faktor biologi, faktor ini berhubungan dengan kehidupan biologi seperti: umur, status gizi, kehamilan, dan sebagainya.
3. Faktor perilaku, faktor ini berpengaruh secara individu, seperti: adat istiadat, mobilitas, pola makan, dan sebagainya.
4. Faktor sosial ekonomi, seperti: pekerjaan, status perkawinan, pendidikan, kualitas pangan, daerah tempat tinggal.

Contoh: Anak-anak lebih rentan terhadap paparan timbal dibandingkan orang dewasa.

Tempat (*place*)

Pengetahuan distribusi geografis suatu penyakit berguna untuk perencanaan pelayanan kesehatan dan dapat memberikan penjelasan etiologi penyakit.

Keterangan tempat dapat bersifat:

1. Keadaan geografis, misal: daerah pegunungan, pantai, dataran rendah, dan sebagainya.
2. Batas administratif, misal: batas negara, provinsi, kabupaten/kota, kecamatan/kelurahan dan batas ekologis (batas penyebaran dampak).

Untuk menganalisis hubungan penyakit dengan tempat harus dipikirkan hal-hal sebagai berikut:

1. Keadaan penduduk setempat dan sifat karakteristiknya
2. Apakah penyakit berhubungan langsung dengan tempat, seperti:
 - a. Angka kesakitan tinggi pada semua golongan umur
 - b. Penyakit tidak dijumpai/kurang di tempat lain
 - c. Penduduk yang pindah ke tempat tersebut akan terserang penyakit
 - d. Penduduk yang keluar dari tempat yang bersangkutan akan sembuh atau penyakitnya tidak bertambah, atau sebagai karier yang akan menulari orang di tempat lain
 - e. Adanya gejala penyakit yang sama pada hewan
 - f. Faktor lingkungan biologis dan sosial ekonomi setempat harus diperhitungkan.

Contoh: Wilayah pesisir memiliki risiko penyakit yang berbeda dengan wilayah pegunungan.

Waktu (*time*)

Perubahan-perubahan penyakit menurut waktu menunjukkan adanya perubahan faktor-faktor etiologis, yaitu dengan adanya:

- a. Faktor penyebab penyakit pada waktu tertentu
- b. Adanya perubahan komposisi dan jumlah penduduk menurut waktu
- c. Adanya perubahan komposisi lingkungan menurut waktu (lingkungan fisik, biologi dan sosial ekonomi)
- d. Adanya perubahan kriteria dan alat diagnosa dari waktu ke waktu

- e. Adanya perubahan pola penyakit karena usaha pencegahan dan penanggulangan serta perubahan lainnya dari waktu ke waktu.

Contoh: Kasus DBD dapat meningkat pada musim hujan.

Perubahan pola penyakit menurut waktu

- a. Perubahan dalam waktu singkat
 - 1) *Epidemi*: jumlah penderita melampaui keadaan normal, umumnya terjadi pada penyakit menular, namun tidak menutupi kemungkinan karena akibat bahan kimia/akibat fisik serta kelainan perilaku, misal penyakit menular DBD.
 - 2) *Common sources/point epidemic*: timbul wabah mendadak dengan terfokus pada limit waktu sesuai dengan masa inkubasi terpanjang pada penyakit, misal keracunan makanan.
 - 3) *Epidemi berkepanjangan*: epidemi yang terus-menerus berlangsung terutama penyakit dengan kontak orang, misal AIDS, ataupun kontak dengan vektor penyakit, misal malaria.
- b. Perubahan secara periodik
 - 1) Pengaruh musim
 - a) Hubungan penyakit dengan musim tertentu terutama penyakit menular, juga dijumpai pada penyakit kronik, seperti asma.
 - b) Perbedaan waktu erat hubungannya dengan keadaan cuaca yang dapat mempengaruhi sifat penyebab, pejamu serta lingkungan.
 - c) Perubahan tahunan secara epidemiologi karena sifat penyakit.
 - 2) Perubahan periodik yang bersifat siklus

Perubahan insidensi penyakit secara reguler antara beberapa bulan tertentu secara teratur.

c. Perubahan secara sekuler

Perubahan yang terjadi setelah sekian tahun (5-10 tahun atau lebih) yang menampakkan perubahan keadaan penyakit/kematian yang cukup berarti dalam hubungan interaksi antara pejamu/manusia (*host*), penyebab (*agent*) dan lingkungan (*environment*) (Budiman, & Suyono, 2019).

4.5 Komponen Epidemiologi Kesehatan Lingkungan

Kejadian penyakit dalam epidemiologi kesehatan lingkungan dipahami sebagai hasil interaksi berbagai determinan kesehatan yang saling memengaruhi. Salah satu model yang paling banyak digunakan untuk menjelaskan hubungan tersebut adalah segitiga epidemiologi yang diperkenalkan oleh John Gordon dan La Richt pada tahun 1950, yang kemudian dikenal sebagai Teori Gordon. Teori ini menekankan bahwa kejadian penyakit merupakan hasil interaksi antara tiga unsur utama, yaitu pejamu (*host*), penyebab penyakit (*agent*), dan lingkungan (*environment*) yang saling memengaruhi satu sama lain (Susilawaty, 2022).

1. Pejamu

Pejamu adalah manusia atau makhluk hidup lain yang menjadi tempat terjadinya proses alamiah perkembangan penyakit. Faktor pejamu adalah faktor nyata yang mempengaruhi pemajanan individual, kerentanan, atau pemajanan agen penyebabnya. Determinan yang termasuk faktor pejamu adalah umur, jenis kelamin, etnis, keadaan fisiologi tubuh, imunitas, perilaku dan riwayat penyakit sebelumnya.

Karakteristik pejamu:

- 1) *Resistensi*: kemampuan pejamu untuk bertahan hidup terhadap infeksi (*agent*)

- 2) *Imunitas*: kemampuan pejamu mengembangkan sistem kekebalan tubuh baik yang didapat maupun alamiah
- 3) *Infectiousness*: kemampuan pejamu yang terinfeksi untuk menularkan penyakit yang diderita ke orang lain.

2. Penyebab

Penyebab atau bibit penyakit (*agent*) adalah substansi elemen, baik yang hidup maupun mati yang terlihat atau tidak terlihat yang dapat memulai atau melanjutkan proses penyakit. Penyakit dapat berupa agent tunggal, kumpulan beberapa agent alternatif atau yang kompleks dari dua atau lebih yang terkomposisi esensial untuk pengembangan dari penyakit.

Agent dapat berupa makhluk biologis yang umumnya jasad renik, bahan nutrient, benda atau kondisi fisik benda, bahan kimia, mekanik, ketiadaan atau kecukupan atau kekurangan faktor yang diperlukan untuk kesehatan, ataupun faktor sosial.

Beberapa faktor yang menyebabkan penyakit atau masalah kesehatan adalah sebagai berikut:

- 1) Gizi: kelebihan atau kekurangan gizi bisa berupa vitamin, mineral
- 2) Kimia: pengawet, pewarna, asbestos, kobalt, racun, antigen
- 3) Fisik: radiasi, trauma, suara, getaran
- 4) Biologis: bakteri, jamur, virus, riketsia, cacing.

Agent yang berpotensi bahaya terhadap kesehatan manusia dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 1) Golongan fisik: kebisingan, radiasi, iklim/cuaca
- 2) Golongan kimia: pestisida, asap rokok, asap kendaraan bermotor, limbah pabrik
- 3) Golongan biologis: spora, jamur, bakteri, cacing, virus

- 4) Golongan sosial: antar anggota keluarga, antar tetangga, antar staf di kantor

Karakteristik penyebab:

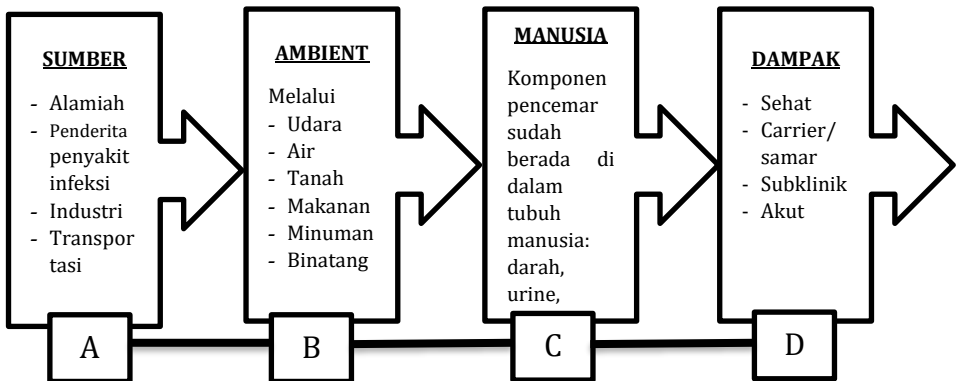
1. *Infektivitas*: kesanggupan agent untuk beradaptasi sendiri terhadap lingkungan. Pejamu mampu tinggal ataupun hidup dan berkembang biak dalam jaringan pejamu.
 2. *Patogenisitas*: kesanggupan agent untuk menimbulkan reaksi patologis (penyakit) pada host setelah infeksi.
 3. *Virulensi*: kesanggupan agent untuk menghasilkan reaksi patologis berat yang menyebabkan kematian.
 4. *Toksitas*: kesanggupan agent untuk memproduksi toksin yang merusak jaringan host.
 5. *Invasivitas*: kesanggupan agent untuk penetrasi dan menyebar ke dalam jaringan host.
 6. *Antigenisitas*: kesanggupan agent merangsang reaksi imunologis host (membentuk antibodi).
3. Lingkungan
- Lingkungan adalah semua faktor di luar individu yang dapat berupa lingkungan fisik, biologi, dan sosial. Faktor lingkungan yang mempengaruhi host dan agent.
- 1) Fisik: benda mati di antaranya iklim (kemarau dan hujan), geografis/topografis (pantai dan pegunungan), demografis (kota dan desa), air, udara, tanah, cahaya, suhu, dan lainnya.
 - 2) Biologi: makhluk hidup di antaranya flora dan fauna, mikroorganisme, serangga dan manusia.
 - 3) Sosial: gaya hidup, kemiskinan, kehidupan komunitas, penghasilan, pendidikan, stres, migrasi/urbanisasi, lingkungan kerja, perumahan, bencana alam, perang, banjir, dan lainnya.

Karakteristik Lingkungan:

1. *Topografi*: situasi lokal tertentu (letak/posisi/peta), baik alamiah maupun buatan manusia, yang mempengaruhi terjadinya dan penyebaran penyakit tertentu (gunung, danau, hutan, sungai, sawah).
2. *Geografis*: keadaan yang berhubungan dengan permukaan bumi (struktur geologi, iklim, penduduk, flora, fauna) yang mempengaruhi terjadinya dan penyebaran penyakit tertentu (tanah pasir atau tanah liat).
3. *Klimatologis*: berhubungan dengan iklim dan musim. Secara ilmiah didefinisikan sebagai kondisi cuaca yang dirata-ratakan selama periode waktu yang panjang. Iklim secara umum dapat terbagi menjadi iklim tropis, subtropis, sedang dan dingin. Pembagian iklim ini disebut iklim matahari. Musim di daerah tropis terdiri dari musim hujan dan musim kemarau, sedangkan di daerah dingin terdapat musim semi, panas, rontok dan salju. Iklim ini berpengaruh terhadap laju perkembangbiakan agent biologis dan vektor penyakit maupun kecepatan penyebarannya. Selain itu faktor iklim juga dapat berpengaruh terhadap ketahanan tubuh host (Budiman, & Suyono, 2019).

4.6 Teori Simpul

Interaksi antara pejamu, penyebab, dan lingkungan dalam epidemiologi lingkungan tidak bersifat statis. Untuk memahami dinamika perjalanan faktor risiko lingkungan hingga menimbulkan dampak kesehatan digunakan pendekatan Teori Simpul yang dikembangkan oleh Achmadi (Achmadi, U. F. & Wulandari, 2014).



Gambar 4. 2 Teori Simpul (Achmadi, U. F. & Wulandari, 2014)

- Simpul A: pengamatan, pengukuran, dan pengendalian agent penyakit pada sumbernya.
- Simpul B: pengamatan, pengukuran, dan pengendalian bila komponen lingkungan tersebut sudah berada di sekitar manusia.
- Simpul C: pengamatan, pengukuran, dan pengendalian bahan (*agent*) penyakit apabila sudah berada pada tubuh manusia.
- Simpul D: pengamatan, pengukuran, dan pengendalian prevalensi korban (sudah menimbulkan dampak kesehatan).

Dalam Teori Simpul tersebut di atas (paradigma kesehatan lingkungan), berbagai parameter Kesehatan Lingkungan dapat diukur pada simpul A, yaitu pengukuran pada sumbernya atau lazim dikenal sebagai pengukuran emisi. Pengukuran simpul B atau pengukuran berbagai komponen penyebab sakit pada ambient (sebelum kontak dengan manusia), seperti pengukuran kualitas udara, air, makanan dan sebagainya. Pengukuran simpul C, yakni pengukuran pada spesimen tubuh manusia lazim dikenal sebagai bio-indikator atau biomarker, pengukuran kadar

merkuri pada rambut, atau kadar Pb dalam darah. Yang terakhir adalah pengukuran pada simpul D, yakni apabila interaktif itu menjadi “out-come” berupa kejadian penyakit, contoh prevalensi berbagai penyakit, seperti jumlah penderita keracunan, jumlah penderita kanker dalam sebuah komunitas, jumlah penderita diare, penyakit kulit, dan sebagainya (Achmadi, U. F. & Wulandari, 2014).

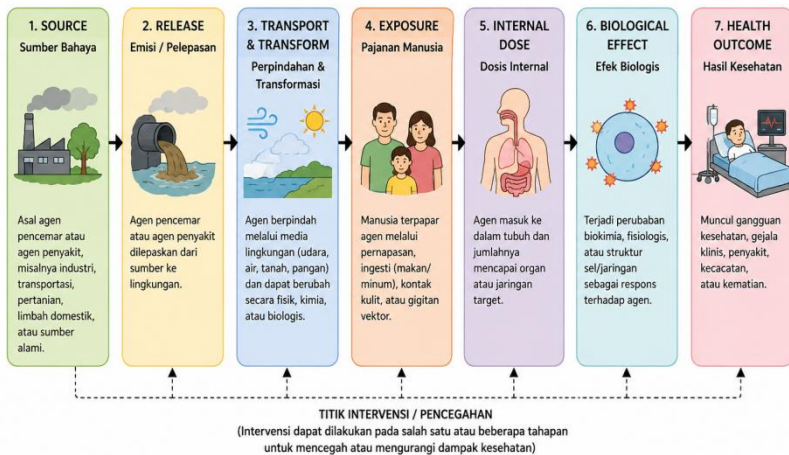
4.7 Penyakit Berbasis Lingkungan

Penyakit berbasis lingkungan merupakan masalah kesehatan yang timbul akibat interaksi antara manusia dengan faktor-faktor lingkungan yang berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan. Faktor lingkungan tersebut dapat berupa faktor fisik, kimia, biologis, maupun sosial yang memengaruhi derajat kesehatan individu maupun masyarakat. Dalam perspektif epidemiologi kesehatan lingkungan, penyakit tidak dipandang sebagai akibat dari satu faktor tunggal, melainkan sebagai hasil interaksi yang kompleks antara sumber bahaya, media lingkungan, manusia sebagai pejamu, dan berbagai faktor pendukung lainnya.

Terjadinya penyakit berbasis lingkungan dapat dijelaskan melalui suatu rantai pajanan (*exposure pathway*). Proses tersebut dimulai dari adanya sumber bahaya (*source*) yang menghasilkan agen pencemar atau agen penyakit. Agen tersebut kemudian dilepaskan ke lingkungan melalui berbagai media seperti udara, air, tanah, makanan, atau vektor penyakit. Selanjutnya terjadi kontak atau pajanan terhadap manusia sehingga agen tersebut masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan, saluran pencernaan, kulit, atau mekanisme lainnya. Apabila dosis pajanan melebihi kemampuan tubuh untuk melakukan adaptasi atau pertahanan, maka akan muncul gangguan kesehatan atau penyakit.

Dalam kajian epidemiologi lingkungan, hubungan tersebut sering dijelaskan melalui model *Source-to-Outcome Continuum*. Model ini menggambarkan perjalanan suatu agen dari sumber pencemar hingga menghasilkan dampak kesehatan. Tahapan tersebut meliputi sumber pencemar (*source*), pelepasan ke lingkungan (*release*), perpindahan melalui media lingkungan (*transport*), pajanan pada manusia (*exposure*), dosis internal (*internal dose*), perubahan biologis (*biological effect*), hingga munculnya penyakit atau dampak kesehatan (*health outcome*). Pendekatan ini membantu mengidentifikasi titik-titik intervensi yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya penyakit (Mukono, 2002).

Gambar 9.3. Model Source-to-Outcome Continuum dalam Epidemiologi Kesehatan Lingkungan



Keterangan:

- Setiap tahapan saling berhubungan dan berkesinambungan.
- Pemahaman terhadap rantai ini membantu menentukan intervensi yang paling efektif untuk melindungi kesehatan masyarakat.

Gambar 4. 3 Model Source-to-Outcome Continuum dimodifikasi dari (Mukono, 2002; Achmadi, U. F. & Wulandari, 2014)

Secara konseptual, *Source-to-Outcome Continuum* memiliki kesamaan dengan Teori Simpul yang dikembangkan oleh Achmadi. Sumber pencemar (*source*) dapat dianalogikan dengan Simpul A, media lingkungan dengan Simpul B, dosis internal dengan Simpul C, dan dampak kesehatan dengan Simpul D. Perbedaannya, *Source-to-Outcome Continuum* memberikan penjelasan yang lebih rinci mengenai proses biologis yang terjadi setelah pajanan.

Faktor yang memengaruhi timbulnya penyakit berbasis lingkungan tidak hanya berasal dari lingkungan fisik, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik penduduk. Umur, jenis kelamin, status gizi, tingkat pendidikan, pekerjaan, perilaku kesehatan, dan kondisi sosial ekonomi dapat memengaruhi tingkat kerentanan seseorang terhadap pajanan lingkungan. Oleh karena itu, individu yang terpapar agen lingkungan yang sama belum tentu mengalami dampak kesehatan yang serupa.

Media lingkungan memiliki peranan penting dalam proses penularan atau penyebaran penyakit. Udara dapat menjadi media penyebaran polutan maupun mikroorganisme penyebab penyakit pernapasan. Air yang tercemar dapat menjadi sarana transmisi berbagai penyakit berbasis air (*waterborne diseases*), sedangkan tanah dan pangan dapat menjadi media penularan penyakit akibat kontaminasi biologis maupun kimia. Selain itu, berbagai hewan dan serangga dapat berfungsi sebagai vektor yang membawa agen penyakit dari satu tempat ke tempat lain.

Berdasarkan media dan faktor penyebabnya, penyakit berbasis lingkungan dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori. Penyakit berbasis air meliputi diare, kolera, disentri, dan hepatitis A. Penyakit berbasis udara mencakup infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), asma, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), dan kanker paru. Penyakit berbasis vektor antara lain malaria, demam berdarah dengue (DBD), filariasis, dan chikungunya. Sementara itu, penyakit akibat

paparan bahan kimia dapat berupa keracunan pestisida, keracunan logam berat, gangguan saraf, gangguan reproduksi, hingga berbagai jenis kanker.

Salah satu contoh penyakit berbasis lingkungan yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di Indonesia, khususnya di Papua, adalah malaria. Penyakit ini dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti keberadaan genangan air yang menjadi habitat perkembangbiakan nyamuk *Anopheles*, curah hujan yang tinggi, kondisi vegetasi, serta karakteristik permukiman masyarakat. Dalam perspektif epidemiologi lingkungan, kejadian malaria dapat dijelaskan melalui interaksi antara faktor lingkungan, vektor, dan manusia sebagai pejamu. Oleh karena itu, pengendalian malaria tidak hanya dilakukan melalui pengobatan penderita, tetapi juga melalui pengelolaan lingkungan, pengendalian vektor, dan peningkatan perilaku hidup sehat di masyarakat.

Dalam konteks kesehatan masyarakat, derajat kesehatan suatu populasi dapat dinilai melalui indikator seperti angka kesakitan (morbiditas), angka kematian (mortalitas), dan angka harapan hidup. Tingginya kejadian penyakit berbasis lingkungan menunjukkan adanya masalah pada kualitas lingkungan dan efektivitas pengelolaan faktor risiko kesehatan. Oleh karena itu, upaya pengendalian penyakit berbasis lingkungan tidak hanya dilakukan melalui pelayanan kesehatan, tetapi juga melalui pengelolaan lingkungan, pengendalian sumber pencemar, peningkatan sanitasi, penyediaan air bersih, pengendalian vektor, serta perubahan perilaku masyarakat (Susilawaty, 2022).

Pendekatan epidemiologi kesehatan lingkungan berperan penting dalam mengidentifikasi sumber bahaya, mengukur tingkat paparan, menganalisis faktor risiko, dan mengevaluasi dampak kesehatan yang terjadi. Informasi tersebut menjadi dasar dalam perencanaan program kesehatan lingkungan yang bertujuan untuk menurunkan

risiko penyakit dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara berkelanjutan (Pakaya, 2025).

Dengan demikian, epidemiologi kesehatan lingkungan tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi hubungan antara lingkungan dan penyakit, tetapi juga menjadi dasar ilmiah dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi berbagai upaya pengendalian risiko lingkungan guna meningkatkan derajat kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- A'aqoulah, A., *et al* (2025) 'Challenges and opportunities of complexity theory in health care systems', *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 20(4), pp. 429–434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2025.06.006>.
- Achmadi, U. F. & Wulandari, R. A. (2014) *Paradigma Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Tangerang Selatan: Universitas Terbuka.
- Budiman, & Suyono (2019) *Buku Ajar Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Daud, A. & Ishak, H. (2020) *Kesehatan Lingkungan Kontemporer*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Keman, S. (2013) *Penelitian Epidemiologi Lingkungan: Dalam Perspektif Kesehatan Masyarakat*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Mukono, H. J. (2002) *Epidemiologi Lingkungan (Environmental Epidemiology)*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Naningsi, A., *et al* (2023) *Epidemiologi Lingkungan*. Purbalingga: Eureka Media Aksara.
- Pakaya, R. . *et al* (2025) *Epidemiologi Lingkungan*. Bandung: Widina Media Utama.
- Ryidi, A. S. (2012) *Dasar-Dasar Epidemiologi*. Jakarta: Salemba Medika.
- Saepudin, M. (2020) *Epidemiologi Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.

- Shi, X. Z. . *et al* (2022) 'Exposure to outdoor and indoor air pollution and risk of overweight and obesity across different life periods: A review', *Exotoxicology and Environmental Safety*, 242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113893>.
- Soemirat, J. (2015) *Epidemiologi Lingkungan*. Yogyakarta: UGM Press.
- Susilawaty, A. *et al* (2022) *Epidemiologi Lingkungan*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Tosepu, R. (2015) *Epidemiologi Lingkungan Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

BAB 5

DETERMINAN KESEHATAN IBU DAN ANAK

Oleh Sintikhewati Yenly Sucipto

Kesehatan ibu dan kesehatan anak merupakan isu kesehatan yang penting dan masih menjadi salah satu perhatian utama kesehatan masyarakat hingga saat ini. Beberapa negara masih memiliki angka kematian ibu dan anak yang tinggi. Tingginya angka kematian ibu dan anak di suatu daerah mengidentifikasi bahwa sebagian besar berkaitan dengan kesenjangan dan tantangan sistem kesehatan, khususnya tenaga kesehatan yang tidak memadai, kurangnya akses terhadap obat-obatan esensial, sistem rujukan yang belum berfungsi baik, kualitas perawatan yang rendah, dan gizi yang buruk (WHO, 2025).

Kondisi saat ini dapat muncul karena adanya konsekuensi dari pandemi COVID-19 yang terus berkembang sehingga mengubah arah prioritas para pemimpin dunia yang awalnya berkomitmen untuk mempromosikan kedamaian, kehidupan yang makmur, kehidupan yang sehat, dan jejaring kemitraan global yang dapat memastikan kesinambungan peradaban manusia dengan menetapkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*); prioritasnya berubah pada keadaan darurat iklim yang mendesak, konflik, dan ketidakstabilan politik yang saat ini lebih diprioritaskan untuk mendapatkan perhatian dan sumber daya. Dalam hal ini, tantangan

sebelumnya dan yang terus berlanjut seperti kematian ibu dan anak menjadi terabaikan. SDGs yang memiliki tujuan untuk mencapai rasio kematian ibu global sebesar 70 per 100.000 kelahiran hidup dan rasio kematian bayi global sebesar 12 per 1.000 kelahiran hidup di tahun 2030, masih sulit dicapai (Kementerian PPN, 2023).

Angka Kematian Ibu (AKI) di Indonesia telah mengalami lonjakan penurunan dari 346 per 100.000 kelahiran hidup di tahun 2010 menjadi 189 per 100.000 kelahiran hidup di tahun 2020. Hasil ini menunjukkan penurunan sebesar 45 persen dalam sepuluh tahun terakhir. Progres yang serupa juga ditunjukkan pada data Angka Kematian Bayi (AKB). AKB di Indonesia juga telah mengalami penurunan yang signifikan yaitu dari 26 per 1.000 kelahiran hidup di tahun 2010 menjadi 16,85 per 1.000 kelahiran hidup di tahun 2020 (BPS, 2023). Meskipun keduanya baik AKI maupun AKB telah mengalami penurunan, namun untuk mencapai cakupan SDGs, pelayanan kesehatan pada ibu dan anak perlu terus ditingkatkan dan upaya penurunan AKI dan AKB perlu lebih dioptimalkan.

Data global memperlihatkan Angka Kematian Ibu juga merupakan masalah yang mendesak. Sebanyak 287.000 wanita diperkirakan meninggal karena sebab yang berkaitan dengan kehamilan, persalinan, dan periode pasca persalinan di tahun 2020 saja. Kehilangan hampir 3 juta nyawa wanita secara global yang seharusnya dapat dicegah antara 10 tahun terakhir (2010-2020), bukan hanya menjadi permasalahan global, tetapi juga menjadi indikator adanya ketimpangan kesehatan yang buruk antara dan di dalam suatu negara serta adanya pelanggaran hak asasi manusia yang sangat mencolok (WHO, 2023). Terlepas dari kemajuan besar yang dicapai oleh banyak negara dalam hal peningkatan pemberdayaan, pendidikan, pekerjaan, dan keinginan kesuburan perempuan; kemajuan ini belum bersifat universal termasuk masih terdapat di sebagian wilayah di Indonesia. Sebagian besar

terkonsentrasi di antara kelompok perempuan yang rendah sosial ekonominya. Kondisi yang terjadi di masyarakat seperti halnya wabah, penyakit, konflik, maupun kondisi kesehatan masyarakat yang darurat, dapat memperburuk situasi karena kondisi-kondisi tersebut secara tidak langsung dapat meningkatkan risiko komplikasi kehamilan, mengganggu sistem kesehatan, dan juga menimbulkan kendala yang lebih kompleks bagi perawatan kesehatan maternal dan perinatal (WHO, 2023).

Kematian ibu membawa dampak jangka panjang pada anak yang ditinggalkan seperti malnutrisi dan rendahnya capaian meneyam pendidikan (National Research Council, 2020). Kondisi kesehatan ibu khususnya gizi saat hamil dan menyusui juga sangat mempengaruhi kesehatan anak. Di Indonesia selama sepuluh terakhir menunjukkan bahwa ibu yang mengalami kurang gizi selama kehamilan akan menyebabkan berat badan bayi yang dilahirkan rendah (BBLR) (UNICEF, 2020). Masalah gizi pada ibu juga memengaruhi munculnya keterbatasan pada pertumbuhan bayi sehingga dapat meningkatkan potensi kematian bayi baru lahir dan kondisi stunting saat anak usia dua tahun, serta dapat menjadi penyebab utama munculnya penyakit tidak menular saat usia dewasa (BPS, 2024).

Pendekatan yang sering digunakan untuk menangani permasalahan kematian ibu adalah dengan lebih memprioritaskan investasi untuk mengatasi penyebab langsung (biomedis utama) kematian ibu khususnya selama periode perinatal, dibandingkan pada determinan-determinan yang menyebabkan buruknya hasil kehamilan dan persalinan, serta pada sistem kesehatan yang seharusnya dapat memberikan pelayanan yang efektif dan mengurangi dampak buruk faktor sosial terhadap kesehatan ibu. Meskipun penyebab langsung seperti kondisi medis yang sudah dimiliki ibu sebelumnya (seperti anemia kronis, hipertensi kronis, diabetes) dan komplikasi obstetri langsung

(seperti perdarahan post partum, pre-eklamsi, dan infeksi) tetap menjadi penyebab utama kematian ibu; serta sudah adanya teknologi, komoditas, dan layanan yang diperlukan untuk secara efektif mengurangi kematian ibu, akan tetapi masih sangat diperlukan analisa terhadap determinan-determinan kesehatan ibu dan anak agar dapat mengidentifikasi dan mengatasi akar penyebab kematian ibu dan anak yang seharusnya dapat dicegah (Joao Paulo Souza, 2024). Pemahaman akan faktor-faktor seperti status sosial ekonomi, pendidikan, dan akses terhadap perawatan memungkinkan intervensi yang tepat sasaran, mengurangi kesenjangan, dan memastikan masa depan yang lebih sehat bagi ibu dan bayi.

5.1 Konsep Determinan Kesehatan Ibu dan Anak

Kesehatan dan kesejahteraan individu dan komunitas dipengaruhi oleh lingkungan yang lebih luas seperti lingkungan dimana orang tinggal, belajar, bekerja, dan bermain, serta dampak genetik dan perilaku individu. Faktor-faktor ini yang dikenal sebagai determinan kesehatan (Charla B. Johnson, 2022). Sedangkan determinan kesehatan ibu dan bayi baru lahir merupakan interaksi kompleks dari faktor-faktor penentu seperti faktor-faktor sosial, ekonomi, lingkungan, dan sistem kesehatan yang memengaruhi hasil sebelum, selama, dan setelah kehamilan. Faktor-faktor kunci meliputi pendidikan ibu, kemiskinan, akses ke pelayanan kesehatan, dan infrastruktur, yang secara bersama-sama menentukan tingkat kelangsungan hidup ibu dan bayi baru lahir.

Dalam konteks kesehatan ibu, faktor penentu utama (superdeterminan kesehatan ibu) yang saling berinteraksi meliputi karakteristik biosfer (misalnya: iklim dan ekosistem), ciri biologis spesies manusia (misalnya: endokrinologi persalinan manusia dan anatomi panggul

perempuan), dasar ekonomi, politik, dan budaya masyarakat (misalnya: kebijakan asuransi kesehatan dan alokasi anggaran kesehatan; kebijakan pelayanan kesehatan dan legislasi tentang hak reproduksi serta akses ke pelayanan; norma dan harapan masyarakat terkait peran gender dan kepercayaan budaya seputar kehamilan dan persalinan) (Joao Paulo Souza, 2024).

Model determinan berlapis (*multilevel determinants*) atau yang sering dikenal dengan *Rainbow Model* menunjukkan bahwa kesehatan individu dalam hal ini adalah kesehatan ibu dan anak dipengaruhi oleh interaksi antara faktor individu, keluarga, komunitas, dan sistem kesehatan. Determinan kesehatan ibu dan anak dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu Determinan Langsung (Biologis/Medis), Determinan Tidak Langsung (sosial-ekonomi), Determinan kontekstual (lingkungan dan sistem kesehatan) (Government of South Australia, 2024).

5.1.1 Determinan Langsung

Faktor biologis atau medis merupakan determinan langsung yang berkaitan dengan kondisi fisik ibu dan anak. Faktor biologis ini masuk ke dalam faktor tingkat individu. Faktor atau karakteristik tingkat individu yang spesifik pada masing-masing ibu hamil (seperti usia, genetik, kondisi kesehatan yang sudah diderita sebelum kehamilan) dan paparan terhadap agen eksternal (seperti paparan fisik, kimia, dan biologis; infeksi; kecelakaan) merupakan penentu utama kesehatan ibu (Joao Paulo Souza, 2024).

1. Usia Ibu

Kehamilan di usia remaja dan kehamilan di usia lebih dari 35 tahun dikaitkan dengan peningkatan risiko beberapa komplikasi seperti pre-eklamsia (Joao Paulo Souza, 2024). Data menyebutkan sebanyak 36 persen perempuan berusia 20-24

tahun di negara berkembang menikah sebelum usia 18 tahun. Tingkat pernikahan anak tiga kali lebih tinggi di antara gadis remaja termiskin dibandingkan dengan teman sebaya mereka dari keluarga berkecukupan. Pernikahan dini menempatkan wanita berusia remaja pada risiko besar untuk melahirkan anak sebelum waktunya, kecacatan, dan kematian (WHO, 2024).

Di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, 1 dari 10 gadis, menjadi ibu pada usia 16 tahun, dengan angka tertinggi di Afrika Sub-Sahara, Asia Selatan Tengah, dan Asia Tenggara. Angka ini sangat besar jika dibandingkan dengan angka kehamilan remaja yang hanya sekitar 3% di negara-negara berpenghasilan tinggi seperti Kanada dan Swedia. Risiko kematian ibu paling besar adalah pada ibu maternal di bawah usia 15 tahun (WHO, 2024).

Dampak lain yang muncul selain terkait dengan kesehatan ibu adalah bahwa kehamilan remaja memaksa banyak perempuan untuk putus sekolah, dengan konsekuensi jangka panjang bagi masa depan mereka dan secara tidak langsung bagi masa depan keluarga serta komunitas mereka di kemudian hari (Ghadeer Alzboon, 2021).

Pada tingkat individu, berbagai faktor biologis dan demografis secara signifikan memengaruhi hasil kesehatan neonatal. Sebagai contoh, kelahiran kembar meningkatkan kemungkinan risiko neonatal sekitar 21,65%. Selain itu, usia ibu di bawah 21 tahun berhubungan dengan risiko hasil neonatal yang buruk sebesar 2,03% lebih tinggi, menekankan pada adanya dampak ibu muda terhadap kesehatan neonatal (Xiong QF, 2022). Hal ini sangat relevan di Indonesia, yang masih memiliki permasalahan pernikahan dini, dengan 11,2%

wanita menikah sebelum usia 18 tahun. Usia ibu yang muda umumnya dihubungkan dengan akses yang terbatas terhadap sumber daya dan pendidikan kesehatan, pertimbangan penting dengan potensi dampak buruk pada kesehatan ibu dan neonatal (Rooswanti Soeharno, 2024).

2. Status Gizi Ibu

Status gizi ibu merupakan faktor yang sangat penting bagi kesehatan ibu dan perkembangan janin. Gizi yang tidak memadai secara nyata meningkatkan risiko bayi lahir dengan berat badan lahir rendah, kelahiran prematur, dan juga stunting jangka panjang pada anak. Faktor-faktor kunci yang memengaruhi hal ini meliputi kendala sosial ekonomi, pengetahuan gizi yang terbatas, pantangan makanan dalam sangat dipengaruhi oleh budaya, dan gejala kehamilan seperti mual dan muntah (Joao Paulo Souza, 2024).

3. Penyakit penyerta

Wanita yang telah menderita penyakit sebelum kehamilannya, seperti hipertensi, diabetes, penyakit jantung, dan obesitas; meningkatkan risiko kematian yang lebih tinggi selama kehamilan, persalinan, dan masa pasca persalinan, dibandingkan dengan wanita yang tidak menderita penyakit apapun sebelum kehamilannya. Selain itu, gangguan genetik, seperti hemoglobinopati (misalnya: anemia sel sabit, talasemia mayor), hemofilia, trombofilia hereditas, dan kardiomiopati hipertropik, dapat meningkatkan risiko komplikasi pada ibu dan berpotensi menyebabkan kematian (Joao Paulo Souza, 2024). Setiap hari, hampir 800 wanita (99%) di negara berkembang, meninggal karena penyebab kematian ibu terkait kehamilan dan persalinan yang seharusnya dapat dicegah (WHO, 2024).

Komplikasi kehamilan juga memainkan peran penting dalam meningkatkan risiko neonatal. Bagi ibu dengan kondisi kesehatan yang sudah ada sebelumnya atau mengalami komplikasi selama kehamilan, terdapat peningkatan risiko tambahan sebesar 4,6% (nilai $p < 0,000$) untuk masalah kesehatan neonatal. Hal ini yang menjadi alasan pentingnya perawatan kesehatan berkualitas tinggi selama periode kritis seperti kehamilan. Pendekatan perawatan antenatal (ANC) yang menyeluruh, dengan cakupan layanan yang lengkap, dapat mengurangi risiko neonatal sebesar 1,11%. Dengan kata lain, perawatan prenatal yang berkelanjutan dan menyeluruh dapat meningkatkan kesehatan neonatal (Rooswanti Soeharno, 2024).

4. Paritas

Kehamilan umumnya dipandang sebagai pengalaman normal dalam kehidupan seorang wanita. Namun demikian, banyak penelitian telah menunjukkan hasil bahwa kualitas hidup wanita menurun selama kehamilan. Kualitas hidup adalah konsep multidimensi yang mencakup kesehatan fisik, psikologis, dan sosial (Ghadeer Alzboon, 2021). Paritas adalah salah satu faktor yang terkait dengan kesehatan wanita dan kualitas hidupnya. Wanita dengan paritas yang tinggi (memiliki jumlah anak lebih dari 4) lebih cenderung mengalami hasil kesehatan ibu dan anak yang buruk seperti depresi antenatal, operasi caesar, dan kematian bayi baru lahir. Selain itu, wanita dengan paritas yang tinggi terbukti kurang puas dengan kehidupan dan memiliki kualitas hidup yang lebih buruk dibandingkan dengan wanita dengan jumlah anak yang sedikit (Joao Paulo Souza, 2024).

Hal lain yang ditemukan terkait paritas adalah wanita dengan paritas yang tinggi lebih jarang melakukan layanan ANC dibandingkan dengan wanita dengan paritas rendah. Hasil studi tersebut sejalan dengan studi lain yang menyatakan 3 hal yang memengaruhi keterlibatan ibu hamil dalam ANC yaitu persepsi setelah memiliki kehamilan sebelumnya, preferensi jenis kelamin bayi, dan kehamilan yang tidak direncanakan atau tidak diinginkan. Selanjutnya diperkuat dengan hasil studi lain yang menunjukkan bahwa wanita dengan paritas tinggi yang memiliki pengalaman positif pada kehamilan sebelumnya telah merasa nyaman dan rileks sehingga mereka beranggapan hanya membutuhkan sedikit atau tidak sama sekali perawatan antenatal. Mereka percaya bahwa perawatan antenatal penting dan diperlukan bagi wanita primipara (hamil pertama kali) yang masih perlu belajar lebih banyak tentang kehamilan karena belum memiliki pengalaman sebelumnya (Mukesh Hamal, 2020).

5. Faktor Perilaku

Pada tingkat individu, faktor-faktor penentu dibentuk oleh karakteristik keluarga dan komunitas. Hal ini cenderung akan memunculkan pola gaya hidup yang dapat mengurangi atau meningkatkan risiko kematian atau mengalami masalah kesehatan terkait kehamilan. Contohnya adalah pola gaya hidup dengan efek substansial pada kesehatan ibu seperti diet (misalnya: asupan zat besi dan kalsium yang rendah, akan meningkatkan risiko anemia defisiensi besi dan pre-eklamsi), kurangnya aktivitas fisik, penggunaan obat-obat terlarang dan merokok, serta perilaku seksual selama kehamilan (misalnya: praktik

seksual berbahaya yang menjadi penularan HIV) (Joao Paulo Souza, 2024).

Perilaku konsumsi alkohol selama kehamilan juga menjadi perhatian utama. Prevalensi janin dengan sindrom alkohol pada populasi umum yang lebih dari 1% di 76 negara, menjadikan konsumsi alkohol saat kehamilan sebagai penyebab utama kecacatan saat lahir dan gangguan perkembangan yang seharusnya dapat dicegah (Mark Hanson, 2025).

6. Paparan Lingkungan

Paparan racun dari lingkungan dan bahan kimia industri (misalnya: timbal, merkuri, pestisida, polutan udara), obat-obatan, narkoba, radiasi ion (misalnya: x-ray dan gamma ray, yang memiliki gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi), ancaman patogen (misalnya: Virus Ebola, SARS-CoV-2); mengakibatkan trauma fisik dan cedera yang memiliki berbagai dampak merugikan pada kesehatan ibu, tergantung pada keadaan dan tingkat paparan pada masing-masing wanita (Joao Paulo Souza, 2024).

5.1.2 Determinan Tidak Langsung

Determinan tidak langsung kesehatan ibu dan anak dikenal dengan istilah determinan sosial kesehatan ibu dan anak. Determinan sosial kesehatan berasal dari superdeterminan ekonomi, politik, dan budaya, dan didefinisikan sebagai faktor non-biomedis yang memengaruhi risiko dan hasil kesehatan sepanjang hidup (Joao Paulo Souza, 2024). Berkaitan dengan kesehatan ibu, determinan sosial kesehatan adalah kondisi di mana perempuan dilahirkan, tumbuh, bekerja, dan hidup sebelum kehamilan, selama kehamilan, persalinan, dan periode pasca persalinan. Beberapa

determinan sosial yang mempengaruhi kesehatan ibu dan anak adalah sebagai berikut:

1. Dinamika gender yang mendukung seksisme dan ketidakadilan gender (ketidaksetaraan dan ketimpangan)

Harapan masyarakat dan peran gender dapat memengaruhi otonomi ibu hamil, akses pendidikan, sumber daya, dan perawatan kesehatan, serta memengaruhi ibu dalam pengambilan keputusan di dalam rumah tangga mereka, untuk kesehatan mereka sendiri, dan apa saja yang akan ibu lakukan. Di beberapa komunitas, kesehatan perempuan kurang dihargai dibandingkan kesehatan laki-laki. Orang tua memprioritaskan kehidupan dan kesehatan anak laki-laki daripada anak perempuan mereka. Anak perempuan dan ibu seringkali tidak memiliki kendali atas sumber daya keuangan atau akses transportasi sehingga masih sangat bergantung pada kerabat laki-laki atau ibu mertua untuk mobilitas dan akses untuk mendapatkan layanan kesehatan (Joao Paulo Souza, 2024).

Di seluruh negara berkembang, kesehatan anak perempuan dan ibu lebih ditentukan oleh determinan sosial daripada faktor biologis. Kemiskinan dan ketidaksetaraan gender membuat anak perempuan berisiko mengalami eksploitasi, kekerasan fisik, kehamilan dini dan risiko terkaitnya, serta infeksi menular seksual, termasuk HIV (Charla B. Johnson, 2022).

2. Rendahnya pendapatan dan rendahnya status sosial ekonomi

Status penghasilan rendah dapat mempengaruhi kemampuan ibu untuk mengakses pelayanan kesehatan yang berkualitas. Selain itu juga memengaruhi dalam menyediakan asupan

yang bergizi bagi ibu dan anak. Ibu dengan praktik diet yang tidak sehat dapat meningkatkan risiko anemia defisiensi pra-kehamilan atau obesitas. Diet yang tidak sehat pada ibu dapat berkontribusi pada peningkatan berat badan ibu yang berlebihan, yang menyebabkan berbagai komplikasi, seperti diabetes gestasional, hipertensi, pre-eklamsi, pertumbuhan janin terganggu, aborsi spontan, kelahiran prematur, serta risiko diabetes, obesitas, dan kondisi terkait pada bayi yang dilahirkan. Demikian pula, anemia yang tidak teratasi selama kehamilan memiliki efek merugikan pada janin yang sedang tumbuh dan membuat ibu hamil rentan terhadap hasil yang buruk, termasuk perdarahan pasca persalinan dan kematian (Charla B. Johnson, 2022).

Dengan demikian, interaksi kompleks dari determinan ini secara substansial mengganggu kesehatan fisik dan mental ibu. Seorang wanita yang lahir dan dibesarkan dalam kemiskinan, memiliki sedikit akses terhadap pendidikan, pendapatan, nutrisi yang baik, bahkan terhadap pemilihan metode keluarga berencana yang tepat (Mukesh Hamal, 2020).

Kebutuhan kontrasepsi yang belum terpenuhi paling tinggi di kalangan perempuan miskin, kurang berpendidikan, lebih muda, dan tinggal di daerah pedesaan. Di banyak negara berkembang, perempuan di kelompok pendapatan tertinggi, dua kali lebih berpeluang menggunakan kontrasepsi modern dibandingkan perempuan di kelompok pendapatan rendah. Secara keseluruhan, 215 juta perempuan di negara berkembang memiliki kebutuhan kontrasepsi yang belum terpenuhi (Mukesh Hamal, 2020).

3. Dinamika etnis dan ras yang memicu rasisme dan diskriminasi

Diskriminasi, bias sistemik, dan ketidakadilan sosial sering dikaitkan dengan hasil persalinan yang buruk bagi perempuan minoritas ras dan etnis. Suatu penelitian menunjukkan bahwa sistem layanan kesehatan mengabaikan rasa sakit yang dikeluhkan oleh perempuan kulit hitam sehingga cenderung tidak dapat mengenali tanda-tanda bahaya yang mengarah pada morbiditas ibu (Mukesh Hamal, 2020).

4. Rendahnya Pendidikan Ibu

Pendidikan merupakan penentu penting kesehatan perempuan. Pendidikan memungkinkan perempuan untuk membuat pilihan yang tepat dan mencari perawatan kesehatan yang layak. Sebuah laporan dari *World Health Organization* (WHO) tentang Asia Pasifik menunjukkan bahwa tingkat melek huruf perempuan merupakan prediktor kuat angka kematian ibu. Semakin tinggi tingkat melek huruf populasi perempuan, semakin rendah angka kematian ibu (Joao Paulo Souza, 2024).

Perempuan miskin, tidak berpendidikan, serta tinggal di daerah pedesaan atau daerah terpencil memiliki sedikit peluang untuk menerima perawatan kesehatan ibu yang memadai. Di negara-negara berpenghasilan tinggi, hampir semua perempuan setidaknya melakukan empat kali kunjungan perawatan antenatal (*Antenatal Care/ANC*) dengan didampingi oleh tenaga kesehatan terampil selama persalinan dan menerima perawatan pasca persalinan yang memadai. Di negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah, kurang dari setengah perempuan hamil menerima perawatan tersebut (Mukesh Hamal, 2020).

Dari perspektif lingkungan sosial, pekerjaan ibu memiliki hubungan lemah dengan risiko neonatal, yang kaitannya dengan stres fisik atau emosional yang dialami selama kehamilan. Sebuah penelitian menunjukkan hal yang menarik. Sementara pendidikan ibu memiliki dampak langsung yang terbatas, pendidikan kepala rumah tangga diketahui memengaruhi hasil neonatal, dengan kepala rumah tangga yang tidak berpendidikan atau kurang berpendidikan meningkatkan risiko neonatal sebesar 1,7% (nilai $p < 0,04$). Hal ini menunjukkan kesadaran dan pemahaman rumah tangga tentang praktik kesehatan dapat menjadi vital dalam perawatan prenatal dan perilaku dalam mencari perawatan kesehatan (Mark Hanson, 2025).

Sebagai perbandingan, status pekerjaan kepala rumah tangga memiliki dampak yang lebih kecil pada hasil neonatal. Di kota dengan tingkat ANC yang lebih tinggi (setidaknya tujuh kali pemeriksaan), risiko neonatal berkurang sebesar 0,16%, menunjukkan pentingnya pemantauan ibu yang konsisten dan ekstensif. Peningkatan akses ke ANC dapat mengurangi hasil neonatal yang buruk dan meningkatkan kesehatan ibu dan anak secara keseluruhan (Rooswanti Soeharno, 2024).

5. Faktor Sociocultural

Faktor-faktor sosiobudaya yang melanggengkan bias gender dan sosial terhadap perempuan, terbatasnya kendali atas hak-hak seksual dan reproduksi. Selain itu, norma budaya mengenai kehamilan dan persalinan akan memengaruhi perilaku kesehatan ibu dan praktik pencarian pelayanan kesehatan, serta memengaruhi pengambilan keputusan, seperti usia untuk memulai keluarga, jumlah anak yang dimiliki,

dan sejauh mana pasangan terlibat dalam perawatan ibu. Faktor budaya juga mempengaruhi keputusan tentang nutrisi, praktik perawatan kehamilan (ANC), dan pencarian penolong dan tempat untuk bersalin (Joao Paulo Souza, 2024).

6. Paparan terhadap sumber-sumber hiperinformasi dan disinformasi.

Platform media sosial dapat memengaruhi kesehatan baik yang menguntungkan maupun yang merugikan. Seringkali ibu menggunakan sumber informasi kesehatan online di awal kesempatan, meskipun kontennya tidak dapat dipastikan berasal dari bukti yang kuat atau pedoman yang dapat diandalkan. Informasi yang seperti ini dapat menimbulkan risiko bagi keselamatan pasien jika mengikuti informasi yang ada tanpa memastikan kebenaran informasinya (Mark Hanson, 2025).

Penyedia layanan media sosial mengumpulkan data pribadi, menargetkan iklan produk komersial, dan memberikan akses langsung ke informasi yang salah. Kondisi pernah terjadi pada saat Pandemi COVID-19 dimana terdapat teori konspirasi yang memicu keraguan terhadap vaksin yang mengakibatkan sejumlah besar perempuan memilih untuk tidak menerima imunisasi COVID-19, yang merugikan kesehatan mereka. Selanjutnya, hal yang masih disayangkan hingga saat ini yaitu mengingat pengaruhnya yang sangat besar, platform media sosial belum banyak dimanfaatkan secara efektif untuk promosi kesehatan (Mark Hanson, 2025).

7. Tinggal di area konflik

Selain adanya dampak langsung paparan konflik dan bentuk kekerasan lainnya pada ibu maternal, pengungsian akibat konflik dan migrasi paksa dapat mengganggu sistem dan infrastruktur pelayanan kesehatan, membatasi akses menuju

tempat rujukan pada kondisi kegawatdaruratan, dan menyebabkan stress psikologis dan trauma yang parah bagi perempuan hamil dan nifas. Perempuan migran yang sedang hamil harus menghadapi beberapa hambatan untuk mengakses layanan kesehatan di negara tujuan, seperti kendala bahasa, status imigran, dan ketidakpahaman terhadap sistem layanan kesehatan di wilayah setempat (Joao Paulo Souza, 2024).

8. Kekerasan (termasuk kekerasan dalam rumah tangga)

Kekerasan terhadap perempuan patut mendapat perhatian khusus. Meskipun kekerasan seringkali lebih terlihat di daerah konflik, namun dampaknya terhadap kesehatan ibu dan anak sama buruknya bahkan di daerah yang tidak dilanda konflik terutama jika dilakukan oleh pasangan (Joao Paulo Souza, 2024).

5.1.3 Determinan Konstektual (Lingkungan dan Sistem Kesehatan)

Sistem kesehatan memainkan peran penting dalam mewujudkan kesehatan ibu dan anak. Layanan dan komoditas kesehatan (contoh : uterotonika terbukti dapat mengurangi perdarahan post partum pada ibu yang mengalami anemia saat melahirkan) dapat memodifikasi dampak kekuatan ekososial yang menyebabkan buruknya hasil kesehatan. Oleh karena itu, sistem kesehatan dapat dianggap sebagai faktor pertahanan yang menentukan, yang mampu menetralkan atau meminimalkan efek faktor risiko yang merugikan. Dengan demikian dampak negatif dari beberapa faktor risiko yang ada, dapat dikurangi oleh layanan kesehatan yang berfungsi dengan baik, khususnya layanan prakonsepsi, layanan antenatal,

layanan intrapartum, dan layanan pasca persalinan yang berkualitas (Joao Paulo Souza, 2024).

Dalam konteks ini, kualitas perawatan muncul sebagai atribut sentral layanan kesehatan yang dapat memberikan dampak perlindungan terhadap kesehatan ibu. Kualitas adalah konsep multidimensi yang diterjemahkan ke dalam layanan maternal sebagai interaksi antara sumber daya manusia yang tersedia, infrastruktur, komoditas, dan proses yang efisien, menghasilkan pengalaman perawatan yang positif bagi ibu dan hasil kesehatan yang baik dengan biaya yang terjangkau (Joao Paulo Souza, 2024).

Sistem kesehatan standar yang memiliki keterbatasan sumber daya, peralatan yang tidak memadai atau kurang optimal dalam melakukan deteksi dini dan diagnosis, kekurangan tenaga kesehatan yang kompeten, intervensi kesehatan yang masih belum efektif, atau gabungan dari masalah-masalah ini, yang secara bersama-sama membentuk situasi yang disebut dengan 3 Terlambat yaitu terlambat mengenali tanda bahaya maternal dan perinatal serta dalam mengambil keputusan, terlambat dalam mencapai fasilitas kesehatan yang adekuat, dan terlambat mendapat penanganan medis yang tepat (Mukesh Hamal, 2020).

Meskipun sistem kesehatan berpotensi untuk mengurangi faktor-faktor kesehatan yang merugikan, sistem tersebut juga dapat menimbulkan bahaya. Komplikasi intervensi kesehatan (yaitu, faktor iatrogenik) merupakan kontributor penting terhadap mortalitas semua penyebab dan penyebab substansial atau faktor yang berkontribusi terhadap mortalitas ibu. Intervensi kesehatan dirancang dan diimplementasikan untuk memperbaiki situasi di mana manfaat yang diharapkan lebih besar daripada potensi risiko. Misalnya, operasi caesar yang diindikasikan secara

media dapat menjadi intervensi yang dapat menyelamatkan ibu dan janin, serta tidak dilakukannya operasi caesar dapat memperburuk kesehatan ibu dan janin (Mukesh Hamal, 2020).

Namun, ketika intervensi kesehatan diimplementasikan dalam situasi dengan risiko hasil buruk yang relatif rendah, manfaatnya mungkin tidak lebih besar daripada risikonya, dan bahkan dapat menyebabkan kerugian. Intervensi yang sama yang diterapkan pada situasi dengan risiko hasil buruk yang lebih rendah mungkin memiliki hasil yang berbeda. Misalnya, komplikasi jangka pendek dan jangka panjang dari operasi caesar yang tidak diindikasikan secara medis lebih besar daripada potensi manfaat bagi ibu dan bayi. Memastikan pengambilan keputusan operasi caesar yang rasional sangat penting, terutama di lingkungan yang tidak memiliki akses yang memadai ke tindakan operasi yang aman. Mendorong penggunaan intervensi yang tidak dibenarkan secara medis (yaitu, pencegahan kuaterner) atau tidak diinginkan oleh klien/penerima perawatan dapat menguras sumber daya terutama ibu di lingkungan yang terbatas sumber daya (Mukesh Hamal, 2020).

Faktor-faktor yang berkaitan dengan sistem kesehatan khususnya memengaruhi faktor psikososial ibu. Salah satu alasan utama tidak mencari perawatan kesehatan ibu yang tepat adalah kurangnya kesadaran mereka tentang perawatan selama kehamilan, risiko obstetri, dan hak-hak ibu. Kinerja sistem kesehatan dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik eksternal maupun internal sistem. Contoh faktor eksternal meliputi lingkungan yang tidak mendukung, misalnya kurangnya akses jalan/transportasi bagi tenaga kesehatan untuk melakukan kunjungan ke masyarakat. Studi-studi yang ada sebagian besar melaporkan berbagai masalah dalam

sistem kesehatan yang membatasi penyediaan layanan kesehatan ibu. Misalnya, fasilitas kesehatan kekurangan staf yang kompeten untuk mengidentifikasi dan menangani komplikasi obstetri karena kekosongan posisi, ketidakhadiran staf, atau kurangnya pelatihan dan pengawasan yang memadai. Perlakuan yang tidak tepat terhadap perempuan dalam keadaan darurat oleh tenaga kesehatan terkadang disebabkan oleh kekurangan staf atau staf yang terlalu tertekan yang cukup kepada ibu atau keterlibatan mereka dalam tugas-tugas administrasi tenaga kesehatan. Studi-studi melaporkan bahwa masalah-masalah dalam sistem kesehatan tersebut disebabkan oleh kurangnya prioritas perawatan kesehatan ibu dibandingkan dengan pelaksanaan program lain seperti imunisasi, sterilisasi, dan lain sebagainya; kurangnya pemantauan dan pengawasan yang tepat; dan kurangnya akuntabilitas (Mark Hanson, 2025).

Beberapa studi menyoroti kurangnya akuntabilitas sistem kesehatan sebagai alasan kegagalan dalam memastikan perawatan obstetri esensial yang tepat. Isu akuntabilitas lebih menonjol dalam hal rujukan yang tidak rasional dan tanpa bantuan, perilaku yang tidak bertanggung jawab dan tidak hormat, serta sikap negatif dari petugas kesehatan, terutama terhadap perempuan miskin dan terpinggirkan, dan korupsi serta permintaan uang secara ilegal. Sistem kesehatan juga kekuatan mekanisme akuntabilitas seperti prosedur pengaduan atau mekanisme untuk mendapatkan ganti rugi, kontrol administratif, penilaian kinerja, dan prosedur disiplin (Mark Hanson, 2025).

5.2 Respon Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak

Komitmen mengurangi angka kematian dan kecacatan ibu bukan hanya masalah kesehatan global, melainkan merupakan masalah hak asasi manusia. Solusi untuk menyelamatkan nyawa ibu selama kehamilan dan persalinan sudah tersedia, tetapi ratusan ribu perempuan terus meninggal setiap tahun karena kemiskinan, sistem kesehatan yang tidak efektif, dan ketidaksetaraan gender yang mengakar sehingga perempuan dan anak tidak mampu membuat keputusan yang tepat dan mandiri untuk melindungi kesehatan mereka. Dalam upaya mengatasi masalah ini, membutuhkan tindakan di berbagai tingkatan. Komunitas internasional harus memprioritaskan investasi dalam kebijakan dan program kesehatan ibu dan keluarga berencana, khususnya untuk perempuan miskin. Strategi global untuk kesehatan ibu dan anak menunjukkan kemajuan yang menggembirakan di bidang ini dengan memanfaatkan peningkatan sumber daya keuangan untuk kesehatan perempuan dan anak (Mukesh Hamal, 2020).

Negara-negara berkembang juga harus mengakui kesehatan ibu sebagai isu pembangunan utama dan berkomitmen untuk meningkatkan kualitas dan aksesibilitas perawatan kesehatan reproduksi. Hal ini membutuhkan perluasan dan peningkatan sistem kesehatan, sekaligus mendidik perempuan tentang kesehatan mereka dan mengatasi faktor sosial dan budaya yang dapat menghalangi beberapa perempuan yang paling rentan untuk mencari perawatan kesehatan. Komponen kunci dari tindakan tersebut adalah melibatkan pemeriksaan sikap dan perilaku penyedia layanan kesehatan, yang sering kali mencerminkan norma budaya dan sikap gender yang dominan, beberapa diantaranya dapat bersifat diskriminatif terhadap ibu dan anak (WHO, 2024).

Menyelamatkan nyawa ibu menuntut tantangan terhadap bias sosial yang berbahaya yang secara drastis membatasi pilihan perempuan dan yang menghalangi suami, ayah, penyedia layanan kesehatan, dan pembuat kebijakan untuk berinvestasi pada ibu dan anak. Mengubah sikap dan perilaku ini sangat membutuhkan kerja sama dari berbagai pihak, tidak hanya dengan perempuan tetapi juga dengan laki-laki untuk menunjukkan manfaat yang dibawa oleh kesetaraan gender bagi keluarga dan masyarakat (WHO, 2024).

Pada saat yang sama, karena kesehatan ibu terkait erat dengan status sosial dan ekonomi perempuan, investasi dalam pendidikan dan pemberdayaan perempuan sangat penting untuk mencegah kematian ibu. Upaya global untuk mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDGs) poin 3 dengan tujuan menjamin kehidupan yang sehat dan meningkatkan kesejahteraan seluruh penduduk pada semua usia (WHO, 2024).

5.3 Manfaat dari Respon Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak

Adapun manfaat yang didapatkan ketika respon yang ditunjukkan dengan upaya mengelola determinan kesehatan ibu dan anak adalah sebagai berikut:

1. Tercapainya target keluarga berencana (KB) yaitu angka *unmet need* (kebutuhan KB yang tidak terpenuhi/ PUS belum ber-KB) di Indonesia yaitu < 8-9% dan perawatan kesehatan ibu dan bayi baru lahir akan mengurangi kematian ibu secara signifikan. Investasi dalam perencanaan keluarga dan peningkatan perawatan kesehatan ibu membawa manfaat yang saling melengkapi yaitu pengaturan waktu dan jarak

kehamilan yang lebih baik, pengurangan risiko komplikasi, dan peningkatan kesehatan perempuan dan bayi baru lahir (WHO, 2024).

2. Pendidikan anak perempuan dan wanita memberikan manfaat kesehatan yang sangat penting. Sebuah studi menemukan bahwa wanita yang tidak berpendidikan hampir tiga kali lebih mungkin meninggal selama kehamilan dan persalinan daripada wanita yang telah menyelesaikan sekolah menengah. Pendidikan seorang ibu tidak hanya membantunya bertahan hidup, tetapi juga memainkan peran penting dalam kelangsungan hidup anaknya setelah lima tahun. Penelitian menunjukkan bahwa ibu yang berpendidikan lebih baik, cenderung memiliki anak yang lebih sehat (WHO, 2024).
3. Menurunkan kejadian kehamilan yang tidak diinginkan (KTD), khususnya di kalangan remaja, akan meningkatkan kesempatan bagi perempuan untuk memperoleh pendidikan dan pekerjaan, yang pada saatnya akan membantu meningkatkan status perempuan, meningkatkan penghasilan keluarga, mengurangi kemiskinan, dan mendorong pertumbuhan ekonomi (WHO, 2024).
4. Peningkatan kesehatan ibu menghasilkan keuntungan sosial dan ekonomi, membantu memutus siklus kemiskinan antar generasi. Ketika perempuan dan pasangan memiliki kehamilan yang direncanakan dan sehat, ada manfaat pembangunan yang signifikan bagi mereka, anak-anak mereka, komunitas mereka, dan tentunya negara mereka (WHO, 2024).

5.4 Rekomendasi Terhadap Determinan Kesehatan Ibu dan Anak

Kesehatan ibu dan kesehatan anak yang buruk merupakan suatu permasalahan sosial, sedangkan kematian ibu dan kematian anak merupakan sebuah tragedi sosial.

Penurunan Angka Kematian Ibu dan Angka Kematian Bayi, serta peningkatan kesehatan serta kesejahteraan ibu dan anak, dibutuhkan upaya yang kompleks. Dalam membatasi dampak buruknya terhadap kesehatan ibu dan anak diperlukan kebijakan, proses regulasi, langkah-langkah fiskal dan keuangan, mekanisme akuntabilitas, dan tindakan untuk meningkatkan pemahaman tentang determinan kesehatan (WHO, 2024). Selain itu, juga sangat diperlukan upaya di berbagai tingkatan dan dalam pendekatan terpadu yang melibatkan inisiatif dari atas ke bawah ataupun sebaliknya. Hal ini dikarenakan mengatasi permasalahan kematian ibu dan anak membutuhkan tindakan yang lebih luas yang bukan hanya melakukan penanganan terhadap penyebab biomedis.

Para pembuat kebijakan khususnya di negara-negara dengan beban kematian ibu yang tinggi, harus memahami bahwa penyebab biomedis utama (perdarahan post partum, pre-eklamsi, infeksi, dan aborsi) dari kematian merupakan penyebab yang seharusnya dapat dicegah, sehingga dapat memperbaharui strategi penanganan dalam upaya peningkatan kesehatan dan kesejahteraan ibu dan anak. Tindakan multisektoral untuk mendorong pembangunan sosial dan kesetaraan gender juga diperlukan dalam upaya penurunan AKI secara berkesinambungan. Meskipun dalam menerapkan strategi-strategi (peningkatan infrastruktur sosial dan program transformasi sosial lainnya) seringkali lambat terwujud, tetapi dapat menjanjikan manfaat dalam jangka waktu yang panjang (Joao Paulo Souza, 2024).

Dalam hal ini, sektor kesehatan memiliki peran penting. Terlepas dari aspek sosial, tindakan yang diambil oleh sistem kesehatan, pada tingkat layanan kesehatan, merupakan kesempatan terakhir untuk menyelamatkan nyawa dan meningkatkan kesehatan serta kesejahteraan perempuan yang mengalami komplikasi terkait persalinan. Selain itu, ekosistem sektor kesehatan dan jaringan perawatan juga perlu diperluas agar dapat mengurangi dampak buruk dari

determinan distal dan proksimal, secara substansial akan meningkatkan kesehatan ibu. Adanya perluasan dan peningkatan akses terhadap layanan dan komoditas kesehatan reproduksi seperti kontrasepsi modern; aborsi yang aman; perawatan antenatal, persalinan, dan post partum; sangat diperlukan untuk pencegahan primer, identifikasi awal, dan pengelolaan komplikasi kehamilan yang memadai. Upaya yang dilakukan secara konsisten dalam mencapai target kesehatan universal dan memperkuat sistem kesehatan dalam menyediakan pelayanan maternal dan perinatal yang berkualitas, dinilai sangat penting untuk mengurangi AKI, AKB, dan meningkatkan kesehatan serta kesejahteraan ibu dan anak (Joao Paulo Souza, 2024).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik/BPS. 2023. Analisis Tematik Kependudukan Indonesia: Fertilitas Remaja, Kematian Maternal, Kematian Bayi, dan Penyandang Disabilitas. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan Pusat Statistik/BPS. 2024. Profil Kesehatan Ibu dan Anak 2024 Volume 10. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Government of South Australia. 2024. The Determinants of Health: Resource Guide. Adelaide: Government of South Australia.
- Hamal M, Dieleman M, Brouwere VD. Social Detrerminants of Maternal Health: A Scoping Review of Factors Influencing Maternal Mortality adan Maternal Health Service Use in India. *BioMed Central*. 2020; 41(13): h 1-24
- Hanson M, Bustreo F, Renzo GCD, *et al*. The Commercial Determinants of Maternal Health. *NPJ Women's Health*. 2025; 3 (44): 1-5
- World Health Organization. 2025. WHO Recommendations on Maternal Health: Guidelines Approved by the WHO Guidelines Review Committee, Second Edition. Geneva: World Health Organization.
- Kementerian PPN/Bappenas. 2023. Metadata Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB)/Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia Pilar Pembangunan Sosial Edisi II. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Johnson CB, Luther B, Wallace AS, Kulesa MG. Social Determinants of Health: What Are They and How Do We Screen. *National Association of Orthopaedic Nurses* 2022; 41: h 88-100.

- National Research Council. 2020. The Consequences of Maternal Morbidity and Maternal Mortality: Report of a Workshop. Edited by Holly E. Reed, Marjorie A. Committee on Population, National Research Council. Washington D.C: National Academy Press.
- Soeharno R, Sjaaf AC. Social Determinants of Neonatal Health Outcomes in Indonesia: A Multilevel Regression Analysis. 2024; 19(4): 282-291. (Diakses 1 Juni 2026). <https://scholarhub.ui.ac.id/kesmas/vol19/iss4/8>
- Souza JP, Day LT, Gomes ACR, Zhan J. Maternal Health in The Perinatal Period and Beyond 1: A Global Analysis of The Determinants of Maternal Health and Transitions in Maternal Mortality. Lancet Glob Health 2024; 2: h306-16.
- UNICEF. 2020. Situasi Anak di Indonesia 2020. Jakarta: Unicef Indonesia.
- World Health Organization. 2023. Trends in Maternal Mortality 2000 to 2020: estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and The UNDESA/Population Division. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240068759/> (diakses Mei 2, 2026).
- World Health Organization. 2024. Maternal Health. (Diakses Mei 14, 2026). https://www.who.int/health-topic/maternal-health#tab=tab_1.
- Xiong QF, Zhou H, Yang L, *et al*. Impact of Maternal Age on Perinatal Outcomes in Twin Pregnancies: A Systematic Review and Meta-Analysis. 2022; 26 (1):99-109. DOI: 10.26355/eurev_202201_27753.

BAB 6

METODE PENELITIAN EPIDEMIOLOGI

Oleh Iha Nursolihah

6.1 Pertanyaan Penelitian dan Kerangka Epidemiologi

Suatu penelitian akan dimulai dengan merumuskan pertanyaan yang jelas. Pertanyaan akan menjadi arah utama bagi peneliti, seperti menentukan subjek penelitian, masalah yang akan diamati, faktor-faktor yang mempengaruhi masalah, dan bagaimana hubungan antar variabel akan dianalisis. Begitupun pertanyaan penelitian dalam epidemiologi kesehatan masyarakat harus mampu menjelaskan pola masalah kesehatan masyarakat, faktor risiko yang mungkin berperan, serta dampaknya dalam populasi. Sehingga pertanyaan tidak cukup hanya menjawab “apa penyakitnya?”. (Bonita, Beaglehole dan Kjellström, 2006; Celentano, Szklo dan Farag, 2023).

6.1.1 Jenis Pertanyaan Penelitian Epidemiologi

Secara umum, pertanyaan penelitian epidemiologi dapat dibedakan menjadi pertanyaan deskriptif dan pertanyaan analitik.

1. Pertanyaan deskriptif, merupakan pertanyaan yang akan membantu peneliti memahami seberapa besar masalah kesehatan terjadi. Maka tujuan dari jenis

pertanyaan ini adalah untuk menggambarkan besarnya masalah kesehatan. Contoh pertanyaan deskriptif “Berapa proporsi balita yang mengalami ISPA?”.

2. Pertanyaan analitik, merupakan pertanyaan yang akan membantu menjawab mengapa masalah tersebut terjadi. Maka tujuan pertanyaan ini adalah untuk menilai hubungan paparan dan penyakit. Contoh pertanyaan analitik “Apakah asap rokok meningkatkan risiko ISPA pada balita?”.

6.1.2 Merumuskan Pertanyaan Penelitian

Suatu penelitian epidemiologi dimulai dengan penemuan masalah kesehatan yang nyata di masyarakat, seperti adanya peningkatan kasus ISPA pada balita, tingginya prevalensi hipertensi, atau rendahnya cakupan imunisasi. Masalah-masalah tersebut kemudian perlu dipersempit agar menjadi pertanyaan yang spesifik yang dapat diteliti secara ilmiah (Friis dan Sellers, 2009). Maka untuk merumuskan pertanyaan penelitian dapat dilakukan dengan penemuan masalah, seperti tahapan berikut:

Tabel 6. 1 Tahapan Merumuskan Pertanyaan Penelitian

Tahap	Contoh
Masalah kesehatan	Banyak balita mengalami ISPA
Topik penelitian	Paparan asap rokok dan ISPA pada balita
Pertanyaan penelitian	Apakah paparan asap rokok di rumah meningkatkan risiko ISPA pada balita?

Diperlukan pertanyaan yang spesifik dalam suatu penelitian, karena pertanyaan yang terlalu luas akan sulit dijawab dalam satu penelitian. Misalnya pertanyaan "Apa penyebab ISPA pada balita?" perlu dipersempit agar lebih fokus dan spesifik menjadi "Apakah paparan asap rokok di rumah berhubungan dengan kejadian ISPA pada balita di wilayah kerja Puskesmas X tahun 2026?".

Dalam studi epidemiologi, agar pertanyaan penelitian lebih tajam, maka peneliti dapat menggunakan kerangka PECO, yaitu *Population*, *Exposure*, *Comparator*, dan *Outcome*. Penggunaan kerangka PECO memungkinkan untuk membantu penelitian dalam merumuskan pertanyaan yang lebih jelas, terukur dan sesuai dengan pendekatan analitik. Adapun komponen PECO dan penerapannya dalam contoh sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Kerangka PECO dalam Merumuskan Pertanyaan Penelitian

Komponen PECO	Makna	Contoh
Population	Kelompok yang diteliti	Balita
Exposure	Paparan atau faktor risiko	Asap rokok di rumah
Comparator	Kelompok pembanding	Balita yang tidak terpapar asap rokok
Outcome	Kejadian kesehatan yang diamati	ISPA

Maka jika menggunakan kerangka PECO, pertanyaan penelitian yang sebelumnya “Apakah paparan asap rokok meningkatkan risiko ISPA pada balita?” dapat dirumuskan lebih lengkap menjadi “Apakah balita yang terpapar asap rokok di rumah memiliki risiko ISPA lebih tinggi dibandingkan balita yang tidak terpapar asap rokok?”. Pertanyaan tersebut sudah menunjukkan populasi, paparan, kelompok pembanding, dan outcome. Dengan demikian, peneliti lebih mudah menentukan variabel, sumber data, subjek penelitian, dan desain studi yang sesuai (Morgan *et al.*, 2018).

6.1.3 Paparan, Faktor Risiko, dan Outcome

Beberapa istilah yang berkaitan dalam epidemiologi dan perlu dipahami dan ditentukan mulai awal penelitian atau perumusan pertanyaan diantaranya paparan, faktor risiko, dan outcome. Paparan adalah kondisi atau faktor yang diduga berhubungan dengan kejadian penyakit. Paparan dapat berupa perilaku, lingkungan, karakteristik biologis, sosial ekonomi, atau akses pelayanan kesehatan. Contoh dalam kesehatan Masyarakat diantaranya asap rokok, konsumsi tinggi garam, sanitasi buruk, status gizi kurang, aktivitas fisik rendah, dan contoh lainnya yang berkaitan dengan faktor kejadian masalah.

Selanjutnya outcome, yakni hasil atau kejadian kesehatan yang diamati. Outcome dapat berupa penyakit, komplikasi, kematian, kecacatan, kesembuhan, atau perubahan status kesehatan. Contoh outcome dalam kesehatan Masyarakat ISPA, hipertensi, diare, kematian ibu, kematian bayi, berat badan lahir rendah, dan kejadian lainnya yang menjadi masalah kesehatan Masyarakat. Adapun faktor risiko merupakan suatu paparan yang apabila terbukti meningkatkan

kemungkinan terjadinya outcome tertentu. Misalnya, paparan asap rokok di rumah dapat menjadi faktor risiko ISPA pada balita apabila balita yang terpapar memiliki risiko ISPA lebih tinggi dibandingkan balita yang tidak terpapar (Rothman, 2021).

6.2 Variabel, Populasi, Sampel, dan Unit Analisis

Setelah menyusun pertanyaan penelitian, langkah selanjutnya adalah menentukan komponen teknis penelitian, yaitu variabel, populasi, sampel, kriteria subjek, dan unit analisis. Komponen-komponen tersebut menjadi penting, karena unsur-unsur didalamnya akan menentukan siapa yang diteliti, apa yang diukur, bagaimana data dikumpulkan, dan bagaimana hasil penelitian diinterpretasikan. Maka jika terjadi kesalahan dalam menentukan setiap komponennya, akibatnya hasil penelitian menjadi kurang akurat. Contohnya, penelitian tentang faktor risiko ISPA pada balita akan menjadi tidak tepat apabila populasi yang dipilih bukan balita, paparan tidak didefinisikan secara jelas, atau outcome tidak memiliki kriteria diagnosis yang konsisten (Bonita, Beaglehole dan Kjellström, 2006; Rothman, 2021).

6.2.1 Variabel dalam Penelitian Epidemiologi

Variabel adalah karakteristik, kondisi, atau faktor yang dapat diukur dari suatu subjek. Dalam studi epidemiologi, penggunaan variabel dimaksudkan untuk menjelaskan pengaruh atau hubungan antara faktor risiko dan kejadian penyakit. Dengan menetapkan suatu variabel, maka akan menjawab pertanyaan “Apa yang akan diukur dalam penelitian ini?” (Celentano, Szklo dan Farag, 2023). Contoh variabel dalam penelitian epidemiologi:

Tabel 6. 3 Contoh Variabel dalam Penelitian Epidemiologi

Topik Penelitian	Variabel yang Dapat Diukur
ISPA pada balita	Paparan asap rokok, status gizi, ventilasi rumah, kejadian ISPA
Hipertensi	Konsumsi garam, usia, aktivitas fisik, tekanan darah
Diare	Sumber air minum, sanitasi, kebiasaan cuci tangan, kejadian diare
Diabetes mellitus	Obesitas, aktivitas fisik, riwayat keluarga, kadar gula darah

Agar variabel diukur dengan cara yang sama pada seluruh subjek penelitian, maka setiap variabel perlu didefinisikan secara operasional. Definisi operasional menjelaskan arti variabel dalam penelitian, cara pengukuran, alat ukur, skala data, dan kategori hasil ukur. Berikut contoh definisi operasional variabel penelitian:

Tabel 6. 4 Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Kategori
Paparan asap rokok	Balita tinggal serumah dengan anggota keluarga yang merokok di dalam rumah	Kuesioner	Terpapar / Tidak terpapar
Status gizi	Kondisi gizi balita berdasarkan indikator antropometri	Pengukuran berat dan tinggi badan	Baik / Kurang / Buruk

Variabel	Definisi Operasional	Cara Ukur	Kategori
Kejadian ISPA	Balita mengalami gejala infeksi saluran pernapasan akut dalam periode tertentu	Wawancara atau rekam medis	ISPA / Tidak ISPA

Definisi operasional harus dibuat dengan jelas, karena akan sangat membantu peneliti dalam mengurangi kesalahan pengukuran. Jika suatu variabel didefinisikan secara kabur, maka peneliti berisiko mengelompokkan subjek secara keliru, misalnya memasukkan balita yang tidak sakit ke kelompok sakit atau sebaliknya.

Dalam penelitian epidemiologi dikenal beberapa jenis variabel, meliputi variabel paparan, variabel outcome, dan variabel perancu (*confounder*). Ketiganya memiliki perbedaan yang perlu dipahami oleh peneliti, yaitu:

1. Variabel Paparan

Variabel ini merupakan faktor yang diduga berhubungan dengan terjadinya penyakit atau masalah kesehatan. Contoh variabel paparan dalam epidemiologi seperti paparan asap rokok, aktivitas fisik, kepadatan hunian, dan lain-lain. Paparan tidak selalu sesuatu yang terlihat secara fisik, tetapi juga dapat berupa kondisi sosial, ekonomi, psikologis, atau sistem pelayanan kesehatan yang mungkin dapat mempengaruhi risiko terjadinya penyakit.

Jika suatu penelitian dilakukan tentang “paparan asap rokok dan ISPA pada balita”, maka variabel paparan adalah asap rokok. Variabel tersebut harus dijelaskan secara jelas pada definisi

operasional, misalnya apakah paparan diukur berdasarkan adanya anggota keluarga yang merokok di dalam rumah, jumlah perokok, frekuensi merokok, atau durasi paparan setiap hari.

2. Variabel Outcome

Variabel outcome adalah kondisi, hasil, atau kejadian kesehatan yang akan diamati dalam suatu penelitian. Variabel ini menjawab pertanyaan “Masalah atau kejadian kesehatan apa yang akan diteliti atau dijelaskan?”. Contoh variabel outcome dalam epidemiologi kejadian ISPA, diare, stunting, diabetes melitus, kematian ibu, kematian bayi, dan kejadian kesehatan lainnya.

Seperti halnya variabel paparan, variabel outcome harus didefinisikan dengan jelas, agar tidak menimbulkan interpretasi yang berbeda antar responden penelitian atau antar peneliti. Misalnya, ISPA perlu dijelaskan apakah berdasarkan diagnosis tenaga kesehatan, gejala yang dilaporkan responden, atau catatan rekam medis. Outcome yang tidak jelas dapat menyebabkan kesalahan klasifikasi. Kesalahan ini dapat menurunkan validitas penelitian karena subjek yang sebenarnya mengalami outcome dapat tercatat tidak mengalami outcome, atau sebaliknya.

3. Variabel Perancu

Variabel perancu atau confounder merupakan variabel yang dapat mempengaruhi hubungan antara paparan dan outcome. Variabel ini sering disebut variabel pengganggu, karena dapat membuat hubungan antara paparan dan penyakit tampak lebih kuat, lebih lemah, atau bahkan tampak ada padahal sebenarnya tidak ada. Oleh karena itu keberadaan variabel confounder perlu

dipertimbangkan sejak tahap perencanaan penelitian. Peneliti dapat mengendalikannya melalui pembatasan subjek, matching, randomisasi, stratifikasi, atau analisis multivariat, sesuai dengan desain penelitian dan jenis data yang digunakan.

Contoh variabel confounder pada penelitian tentang “hubungan obesitas dengan diabetes”, maka kemungkinan variabel confoundernya adalah usia, riwayat keluarga, aktivitas fisik. Contoh lain jika suatu penelitian dilakukan untuk mengetahui hubungan “pendidikan ibu dengan status imunisasi anak”, maka variabel perancu yang mungkin adalah pendapatan keluarga, akses fasilitas kesehatan.

Peneliti yang memahami hubungan antara variabel paparan, outcome, dan confounder akan dapat menyusun rancangan penelitian yang logis. Peneliti tidak hanya menanyakan “apakah ada hubungan?”, tetapi juga mempertimbangkan faktor lain yang dapat mempengaruhi hubungan tersebut (Celentano, Szklo dan Farag, 2023).

6.2.2 Populasi dalam Penelitian Epidemiologi

Keseluruhan subjek yang memiliki karakteristik tertentu dan menjadi sasaran penelitian disebut dengan populasi. Populasi menjadi hal yang penting dalam epidemiologi, karena hasil dari penelitian nantinya akan digunakan untuk memahami masalah kesehatan dalam kelompok tertentu. Dalam suatu penelitian, lingkup populasi dibagi menjadi populasi target dan populasi terjangkau. Populasi target adalah populasi luas yang menjadi sasaran generalisasi hasil penelitian. Sedangkan populasi terjangkau adalah bagian dari populasi target yang secara nyata dapat dijangkau oleh peneliti sesuai dengan waktu, lokasi, sumber daya, dan akses data.

Populasi target menjawab pertanyaan “hasil penelitian ini ingin diberlakukan untuk siapa?”, contohnya jika suatu penelitian ingin mengetahui hubungan paparan asap rokok dengan ISPA pada balita, maka populasi targetnya adalah seluruh balita di Kabupaten Karawang. Namun, apabila penelitian hanya dapat dilakukan di wilayah kerja Puskesmas X, maka balita di wilayah kerja puskesmas tersebut menjadi populasi terjangkau. Sehingga populasi terjangkau menjawab pertanyaan “siapa yang benar-benar dapat diteliti oleh peneliti?” (Friis dan Sellers, 2009).

6.2.3 Sampel dalam Penelitian Epidemiologi

Sampel merupakan bagian dari populasi yang terpilih untuk dijadikan subjek atau responden penelitian. Sampel digunakan karena keterbatasan peneliti untuk mengambil seluruh populasi menjadi responden, seperti dalam kondisi populasi yang terlalu banyak, lokasi yang tersebar luas, atau karena keterbatasan sumber daya seperti memerlukan waktu dan biaya yang besar. Namun, pengambilan sampel harus dilakukan dengan benar, karena sampel yang baik harus mewakili populasi. Jika sampel tidak mewakili seluruh populasi, maka hasil penelitian tidak representatif bagi populasi dan berisiko mengalami bias seleksi.

Contoh sampel dalam penelitian epidemiologi, jika populasinya adalah seluruh balita di Kabupaten Karawang, maka setelah menghitung besar sampel mendapatkan 150 balita yang menjadi sampel penelitian. Contoh lain, jika suatu penelitian memiliki populasi seluruh pasien hipertensi di rumah sakit X, maka setelah dihitung jumlah sampelnya sebesar 200 pasien hipertensi yang datang selama periode penelitian.

Dalam penelitian epidemiologi, selain menentukan besar sampel, peneliti perlu memahami cara pengambilan sampel atau teknik sampling yang benar. Teknik sampling yang kurang tepat dapat menyebabkan kelompok tertentu lebih mungkin terpilih dibandingkan kelompok lainnya, sehingga sampel tidak mewakili populasi dan hasil penelitian tidak dapat digeneralisasi terhadap populasi. Teknik sampling yang memungkinkan peneliti untuk merepresentatifkan hasilnya adalah pengambilan sampel dengan metode probability sampling, dimana setiap subjek dalam populasi memiliki kesempatan yang sama untuk dijadikan sampel penelitian. Beberapa teknik probability sampling yang sering digunakan dalam penelitian kesehatan masyarakat diantaranya *simple random sampling*, *systematic random sampling*, *stratified random sampling*, *cluster sampling* (Bonita, Beaglehole dan Kjellström, 2006).

Selain teknik sampling, peneliti juga menetapkan kriteria inklusi dan eksklusi sampel. Kriteria ini digunakan untuk menentukan siapa yang boleh dan tidak boleh dijadikan sampel penelitian. Penetapan kriteria dimaksudkan agar subjek penelitian sesuai dengan tujuan penelitian dan karakteristik populasi yang akan diteliti.

Kriteria inklusi adalah karakteristik yang harus dimiliki subjek agar dapat dipilih menjadi subjek penelitian. Contohnya, pada penelitian ISPA balita, kriteria inklusi dapat berupa balita usia 0–59 bulan, tinggal di wilayah kerja Puskesmas X, memiliki orang tua atau wali yang bersedia menjadi responden, dan tercatat dalam data posyandu atau puskesmas. Sedangkan kriteria eksklusi adalah kondisi tertentu yang menyebabkan subjek tidak dapat diikutsertakan menjadi subjek penelitian, meskipun memenuhi kriteria inklusi.

Contohnya adalah balita dengan penyakit paru kronis, orang tua tidak dapat memberikan informasi yang diperlukan, data rekam medis tidak lengkap, atau responden pindah domisili saat penelitian dilakukan (Hulley *et al.*, 2013).

6.2.4 Unit Analisis dalam Penelitian Epidemiologi

Unit analisis adalah satuan yang dianalisis dalam penelitian. Unit analisis menjawab pertanyaan: “Data ini dianalisis pada tingkat siapa atau apa?”. Dalam epidemiologi, unit analisis dapat berupa individu, keluarga, kelompok, sekolah, desa, puskesmas, rumah sakit, kabupaten, kota, atau wilayah. Pemilihan unit analisis harus sesuai dengan pertanyaan penelitian dan jenis data yang tersedia. Berikut beberapa contoh unit analisis dalam studi epidemiologi kesehatan masyarakat:

Tabel 6. 5 Contoh Unit Analisis dalam Penelitian Epidemiologi

Unit Analisis	Contoh Penelitian
Individu	Hubungan merokok dengan hipertensi pada orang dewasa
Keluarga	Hubungan sanitasi rumah tangga dengan kejadian diare
Sekolah	Hubungan program UKS dengan perilaku hidup bersih siswa
Desa/Kelurahan	Hubungan kepadatan penduduk dengan kasus DBD
Puskesmas	Perbandingan cakupan imunisasi antar puskesmas

Unit Analisis	Contoh Penelitian
Rumah sakit	Analisis angka infeksi nosokomial antar rumah sakit
Kabupaten/Kota	Hubungan indeks kemiskinan dengan prevalensi stunting

Peneliti harus mampu menentukan unit analisis, karena kesalahan dalam penentuan unit analisis dapat menyebabkan kesalahan interpretasi. Misalnya, jika data yang digunakan adalah angka stunting per kabupaten, maka unit analisisnya adalah kabupaten, bukan individu anak. Peneliti tidak boleh langsung menyimpulkan bahwa setiap anak di kabupaten tertentu memiliki risiko yang sama, karena data yang digunakan merupakan data agregat (Rothman, 2021).

6.3 Desain Penelitian Epidemiologi Observasional

Desain penelitian epidemiologi observasional adalah rancangan penelitian yang tidak memberikan perlakuan secara langsung terhadap subjek penelitian. Pada rancangan ini peneliti mengamati paparan, outcome, dan hubungan antara keduanya secara alami sebagaimana terjadi di populasi. Desain observasional sering digunakan dalam penelitian kesehatan masyarakat, karena tidak semua kejadian atau masalah kesehatan masyarakat memerlukan intervensi. Misalnya, peneliti tidak mungkin meminta subjek untuk merokok, tinggal di lingkungan berpolusi, atau mengonsumsi tinggi natrium untuk melihat dampaknya.

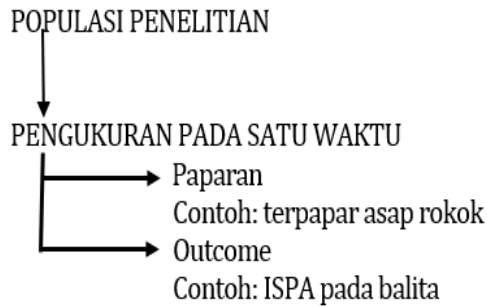
Desain penelitian epidemiologi observasional bertujuan untuk menggambarkan masalah kesehatan, menilai faktor risiko, mengidentifikasi kelompok berisiko, dan menjadi dasar bukti dalam program pencegahan. Desain ini dapat

digunakan pada penyakit menular, penyakit tidak menular, kesehatan lingkungan, kesehatan ibu dan anak, maupun evaluasi pelayanan kesehatan. Berikut jenis-jenis desain observasional yang sering digunakan dalam penelitian epidemiologi:

6.3.1 Studi Potong Lintang (*Cross Sectional Study*)

Studi potong lintang adalah desain penelitian yang mengukur paparan dan outcome di waktu yang sama. Rancangan ini bertujuan untuk mengetahui gambaran masalah kesehatan dalam suatu populasi pada periode tertentu. Dalam *cross sectional study*, karena paparan dan outcome diukur bersamaan, maka peneliti tidak mengikuti subjek dari waktu ke waktu. Pengumpulan data dilakukan dalam satu waktu atau satu periode tertentu untuk mengukur distribusi masalah kesehatan dan kemungkinan hubungan antar variabelnya.

Contoh penelitian dengan studi potong lintang, yaitu penelitian tentang hubungan paparan asap rokok di rumah dengan kejadian ISPA pada balita di wilayah kerja Puskesmas X. Pada penelitian tersebut, data paparan asap rokok dan kejadian ISPA dikumpulkan pada periode yang sama. Dari contoh tersebut terlihat bahwa studi potong lintang sering digunakan dalam survei kesehatan masyarakat karena relatif cepat, praktis, dan dapat dilakukan pada populasi yang besar. Selain itu, desain potong lintang cocok digunakan pada penelitian yang ingin menggambarkan besarnya masalah kesehatan, mengetahui karakteristik populasi, atau menilai hubungan awal antara faktor risiko dan outcome. Jika digambarkan desain potong lintang seperti berikut:



Gambar 6. 1 Desain Penelitian Potong Lintang

Pengumpulan data dalam satu waktu menjadikan studi potong lintang memiliki waktu pelaksanaan penelitian yang relatif singkat, sehingga biaya bisa lebih rendah. Kelebihan lain studi ini adalah dapat menjadi landasan dalam merencanakan program kesehatan karena menggambarkan kondisi populasi pada waktu tertentu. Namun, studi ini juga memiliki keterbatasan yakni sulit menentukan urutan waktu antara paparan dan outcome, karena diukur dalam waktu yang bersamaan, peneliti cenderung tidak memastikan apakah paparan memang terjadi sebelum penyakit atau setelah penyakit (Rothman, 2021).

6.3.2 Studi Kasus Kontrol (*Case Control Study*)

Studi kasus kontrol merupakan desain penelitian yang dimulai dari status outcome. Seperti namanya, peneliti memilih kelompok kasus dan kelompok kontrol. Kelompok kasus subjek penelitian yang mengalami penyakit atau outcome, sedangkan kelompok kontrol adalah subjek yang tidak mengalami outcome, kemudian kedua kelompok tersebut ditelusuri riwayat paparannya.

Desain penelitian ini seringkali digunakan pada penyakit yang jarang terjadi atau penyakit dengan masa laten yang panjang. Karena rancangan ini dimulai dari kasus yang sudah terjadi, studi kasus kontrol dinilai lebih efisien untuk menilai outcome yang jarang terjadi di populasi dibandingkan dengan desain kohort. Contoh penggunaan desain ini pada penelitian epidemiologi tentang riwayat paparan asap rokok pada balita yang mengalami ISPA dibandingkan dengan balita yang tidak mengalami ISPA. Dalam penelitian tersebut, peneliti melihat apakah riwayat paparan lebih banyak ditemukan pada kelompok kasus dibandingkan kelompok kontrol. Berikut gambaran desain kasus kontrol:



Gambar 6. 2 Desain Penelitian Kasus Kontrol

Kelebihan studi kasus kontrol adalah efisien dalam mengkaji penyakit langka. Sedangkan keterbatasannya adalah *recall bias* atau bias ingatan, terlebih jika informasi mengenai paparan berasal dari ingatan subjek.

Selain itu, dalam memilih kelompok kontrol perlu kehati-hatian agar subjek memang benar mewakili populasi (Rothman, 2021).

6.3.3 Studi Kohort (*Cohort Study*)

Studi kohort adalah desain penelitian yang dimulai dari status paparan. Peneliti akan membandingkan kelompok terpapar dan kelompok tidak terpapar, kemudian mengamati outcome apakah terjadi pada masing-masing kelompok. Rancangan ini terdapat dua jenis, yaitu kohort prospektif atau kohort retrospektif. Pada kohort prospektif, peneliti akan mengikuti subjek dari waktu ke waktu selama periode pengamatan. Sedangkan pada kohort retrospektif, peneliti menggunakan data masa lalu untuk mengetahui paparan dan menilai outcome yang sudah terjadi setelah paparan tersebut.

Contoh studi kohort prospektif adalah pada penelitian yang mengikuti balita yang terpapar dan tidak terpapar asap rokok di rumah selama enam bulan, kemudian dilihat outcomenya yaitu kejadian ISPA. Sedangkan contoh studi kohort retrospektif adalah penelitian menggunakan rekam medis untuk melihat apakah bayi dengan berat badan lahir rendah lebih sering mengalami rawat inap dibandingkan bayi dengan berat badan lahir normal. Berikut gambaran alur desain kohort:



Gambar 6. 3 Desain Penelitian Kohort

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa studi kohort harus dimulai dari paparan, sehingga menunjukkan urutan waktu antara paparan dan outcome, hal tersebut menjadi kelebihan utama desain kohort. Namun, studi ini juga memiliki keterbatasan yakni diperlukan waktu penelitian lebih lama, biaya yang lebih besar, dan berisiko mengalami *loss to follow up*, terutama pada kohort prospektif (Celentano, Szklo dan Farag, 2023).

6.3.4 Studi Ekologis (*Ecological Study*)

Studi ekologis merupakan desain penelitian dengan unit analisis yang digunakan adalah kelompok atau wilayah, bukan data individu. Maka data yang digunakan adalah data agregat, seperti prevalensi penyakit per kabupaten, cakupan imunisasi tiap puskesmas, atau polusi udara per wilayah. Desain ini biasanya digunakan untuk mengetahui pola awal hubungan antara faktor populasi dan masalah kesehatan. Contohnya penelitian

untuk melihat perbandingan tingkat kemiskinan antar wilayah dengan prevalensi stunting. Contoh lain, penelitian untuk mengetahui perbandingan tingkat polusi udara antar wilayah dengan kejadian ISPA. Maka jika digambarkan alur kerjanya seperti berikut:



Gambar 6. 4 Desain Penelitian Ekologis

Studi ekologis seringkali menggunakan data sekunder, sehingga hal tersebut menjadi suatu kelebihan dari desain ini. Penelitian relatif cepat, dan secara lingkup bermanfaat untuk mengetahui pola kesehatan pada tingkat populasi. Adapun keterbatasan desain ini adalah ecological fallacy, yaitu kesalahan menyimpulkan hubungan pada tingkat individu berdasarkan data kelompok. Misalnya, jika suatu wilayah dengan polusi tinggi memiliki angka ISPA tinggi, belum tentu setiap individu yang terkena ISPA adalah individu yang paling banyak terpapar polusi (Rothman, 2021).

6.4 Desain Penelitian Epidemiologi Eksperimental

Desain penelitian epidemiologi eksperimental adalah rancangan penelitian yang digunakan jika peneliti memberikan perlakuan atau intervensi pada kelompok tertentu, kemudian hasilnya dibandingkan dengan kelompok lain. Maka subjek penelitian terbagi menjadi kelompok intervensi dan kelompok kontrol sebagai pembanding. Rancangan ini banyak digunakan dalam epidemiologi kesehatan masyarakat, desain ini digunakan untuk menilai apakah suatu intervensi, program, kebijakan, atau strategi memberikan dampak terhadap outcome. Contohnya penelitian untuk mengetahui efektivitas edukasi kesehatan, program imunisasi, atau program berhenti merokok. Desain eksperimental terdiri dari *Randomized Controlled Trial* (RCT), *Field Trial*, *Community Trial*, dan *Quasi-Experiment*.

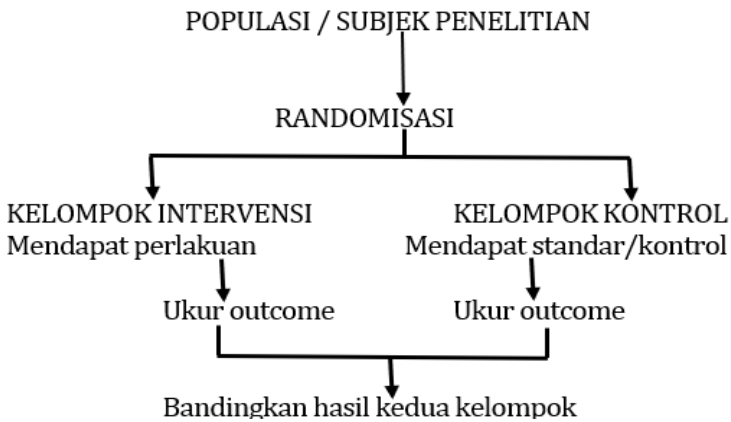
6.4.1 *Randomized Controlled Trial* (RCT)

RCT adalah desain eksperimental yang digunakan jika peneliti secara acak mengalokasikan subjek penelitian ke dalam kelompok intervensi dan kelompok kontrol, atau disebut dengan randomisasi. Randomisasi dilakukan agar karakteristik kelompok seimbang antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol, sehingga harapannya perbedaan outcome lebih mungkin disebabkan oleh intervensi yang diberikan.

RCT merupakan desain penelitian yang kuat dalam membuktikan atau menilai efektivitas intervensi, karena proses randomisasi membantu mengurangi pengaruh *confounding*. Namun, penelitian dengan desain RCT tidak selalu mudah dilakukan dalam kesehatan masyarakat, karena memerlukan waktu yang lebih banyak, biaya yang lebih besar,

pertimbangan etik, dan pemantauan pelaksanaan yang baik.

Contoh RCT dalam epidemiologi kesehatan masyarakat adalah pada penelitian yang ingin membandingkan kelompok ibu yang memiliki balita yang diberikan edukasi tentang bahaya asap rokok di rumah. Kelompok intervensi diberikan edukasi intensif tentang bahaya asap rokok di rumah, sedangkan kelompok kontrol diberikan edukasi standar. Setelah periode yang ditentukan, kemudian peneliti menilai apakah paparan asap rokok pada balita menurun lebih besar pada kelompok intervensi dibanding kelompok kontrol. Berikut alur penelitian desain RCT:



Gambar 6. 5 Desain Penelitian *Randomized Controlled Trial*

Desain RCT yang rancangannya dengan memberikan intervensi dan melakukan randomisasi, menjadikan desain ini lebih kuat untuk menilai hubungan kausal dibanding desain observasional. Namun, pelaksanaannya tidak semua intervensi dapat

diacak, dan tidak semua subjek penelitian bersedia untuk mengikuti protokol (Rothman, 2021).

6.4.2 *Field Trial*

Field trial adalah studi eksperimental yang dilakukan pada individu yang umumnya belum sakit, tetapi berisiko mengalami penyakit atau masalah kesehatan tertentu. Desain ini sering digunakan untuk menilai intervensi pencegahan di lapangan, seperti vaksin, suplementasi, atau edukasi kesehatan. Berbeda dengan uji klinis yang menggunakan pasien sebagai subjek penelitian, *field trial* menggunakan populasi umum atau kelompok masyarakat yang berisiko sebagai subjek penelitian.

Tujuan desain ini adalah mencegah terjadinya penyakit atau penurunan risiko masalah kesehatan di masyarakat sebelum penyakit muncul. Contoh *field trial* adalah pemberian suplementasi zat besi kepada remaja putri untuk menilai penurunan anemia, atau pemberian edukasi cuci tangan kepada anak sekolah untuk menurunkan kejadian diare. Intervensi diberikan di lingkungan nyata, bukan di fasilitas klinis yang sangat terkontrol. Berikut alur penelitian *field trial*:

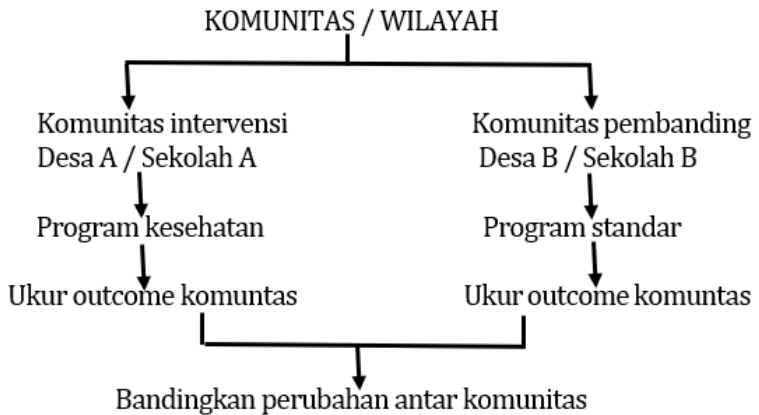


Gambar 6. 6 Desain Penelitian *Field Trial*

Kelebihan *field trial* adalah relevan dengan praktik kesehatan masyarakat karena dilakukan langsung pada populasi sasaran. Keterbatasannya adalah pelaksanaan di lapangan sering sulit dikendalikan, misalnya karena kepatuhan peserta berbeda-beda, atau mobilitas penduduk (Bonita, Beaglehole dan Kjellström, 2006).

6.4.3 Community Trial

Community trial adalah desain eksperimental ketika unit intervensinya adalah komunitas atau kelompok, bukan individu. Intervensi dapat diberikan pada tingkat desa, sekolah, puskesmas, tempat kerja, atau wilayah tertentu. Desain ini cocok digunakan untuk program kesehatan masyarakat yang secara alami dilaksanakan pada tingkat kelompok. Misalnya, kampanye berhenti merokok tingkat desa, program promosi aktivitas fisik di sekolah, atau intervensi sanitasi di suatu wilayah.



Gambar 6. 7 Desain Penelitian *Community Trial*

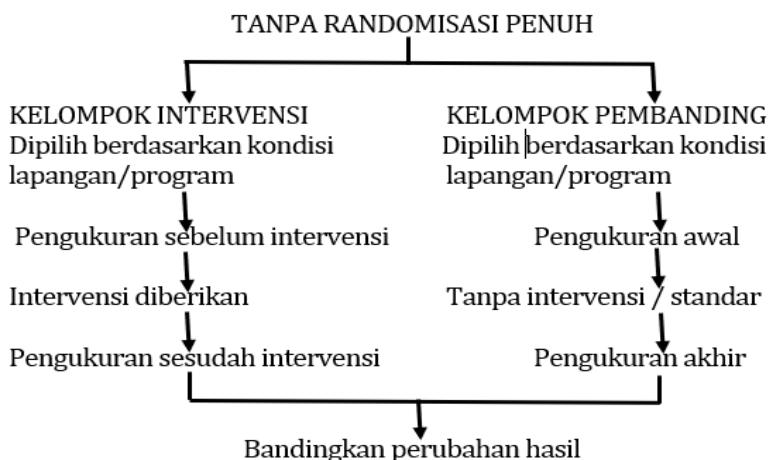
Kelebihan *community trial* adalah sesuai untuk mengevaluasi intervensi populasi yang tidak mungkin diberikan hanya kepada individu tertentu. Namun,

seringkali komunitas jumlahnya terbatas, karakteristik antar wilayah berbeda, dan hasil penelitian dapat dipengaruhi oleh faktor sosial, budaya, serta kebijakan lokal (Bonita, Beaglehole dan Kjellström, 2006).

6.4.5 *Quasi-Experiment*

Quasi-experiment adalah desain penelitian ketika peneliti memberikan atau menilai suatu intervensi, tetapi tidak melakukan randomisasi penuh. Desain ini lebih sering digunakan dalam penelitian kesehatan masyarakat dibanding desain RCT, penyebabnya karena program sering sudah berjalan dan tidak selalu memungkinkan untuk mengacak subjek penelitian.

Contoh *quasi-experiment* adalah penelitian sebelum dan sesudah penyuluhan gizi pada ibu hamil, evaluasi perubahan perilaku setelah promosi kesehatan cuci tangan di sekolah, atau perbandingan cakupan imunisasi antara puskesmas yang mendapat pelatihan khusus dan puskesmas yang tidak mendapat pelatihan. Berikut gambaran alur penelitian *quasi-experiment*:



Gambar 6. 8 Desain Penelitian *Quasi-experiment*

Quasi-*experiment* dinilai lebih fleksibel dan lebih praktis dibanding RCT. Selain itu, dinilai cocok untuk mengevaluasi program nyata di lapangan. Desain ini dapat digunakan jika randomisasi tidak etis, tidak memungkinkan secara administratif, atau sulit diterapkan. Namun, quasi-experiment dapat lebih rentan terhadap bias dan confounding dibandingkan RCT, karena tidak ada randomisasi penuh. Perbedaan hasil antara kelompok dapat dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik awal, perubahan waktu, atau faktor luar selain intervensi (Rothman, 2021).

DAFTAR PUSTAKA

- Bonita, R., Beaglehole, R. dan Kjellström, T. (2006) *Basic epidemiology*. World Health Organization.
- Celentano, D.D., Szklo, M. dan Farag, Y. (2023) *Gordis epidemiology e-book: Gordis epidemiology e-book*. Elsevier health sciences.
- Friis, R.H. dan Sellers, T.A. (2009) "Epidemiology for public health practice."
- Hulley, S.B. *et al.* (2013) *Designing Clinical Research, 4e*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Morgan, R.L. *et al.* (2018) "Identifying the PECO: a framework for formulating good questions to explore the association of environmental and other exposures with health outcomes," *Environment international*, 121, hal. 1027–1031.
- Rothman, K.J. (2021) "The origin of Modern Epidemiology, the book," *European journal of epidemiology*, 36(8), hal. 763–765.

BAB 7

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA EPIDEMIOLOGI

Oleh Vensya Sitohang

Epidemiologi secara fundamental merupakan disiplin ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan kondisi kesehatan atau kejadian penyakit pada populasi tertentu, serta penerapan studi tersebut untuk mengendalikan masalah kesehatan masyarakat (Celentano *et al.*, 2025). Dalam perkembangannya, kerangka kerja epidemiologi telah mengalami pergeseran paradigma dari yang semula hanya berfokus pada pemetaan deskriptif (*descriptive mapping*) menjadi pendekatan analitik-inferensial. Pada konteks ini, analisis dan interpretasi data epidemiologi bertindak sebagai jembatan epistemologis yang menerjemahkan angka-angka kasar menjadi bukti ilmiah yang kausal dan aplikatif (Webb *et al.*, 2020). Tanpa metode analisis yang terstruktur, data hasil surveilans berskala besar hanya akan menjadi kumpulan observasi pasif yang tidak mampu mengarahkan intervensi kebijakan.

Dalam ranah Kedokteran Gigi Masyarakat (KGM), urgensi analisis data epidemiologi memiliki tantangan spesifik. Penyakit rongga mulut seperti karies gigi, penyakit periodontal, dan kanker oral secara konsisten menjadi masalah kesehatan masyarakat global yang paling persisten, di mana lebih dari 3,5 miliar orang di seluruh dunia terdampak oleh kondisi ini (World Health Organization,

2022) (Glick & Williams, 2021). Beban penyakit oral sering kali menunjukkan disparitas yang tajam berdasarkan determinan sosial-ekonomi. Oleh karena itu, kemampuan menganalisis data epidemiologi untuk mengekstraksi informasi mengenai faktor risiko, variabel perancu (*confounding*), dan interaksi biologis sangat krusial. Analisis data yang presisi memungkinkan perumus kebijakan kesehatan untuk merancang program promotif dan preventif yang berbasis bukti (*evidence-based dentistry*), sehingga alokasi sumber daya kesehatan dapat difokuskan pada populasi yang paling rentan (World Health Organization, 2022).

Interpretasi data epidemiologi juga mensyaratkan pemahaman bahwa signifikansi secara statistik (*statistical significance*) tidak selalu ekuivalen dengan signifikansi secara klinis atau kesehatan masyarakat (*public health significance*). Seorang epidemiolog harus mampu menginterpretasikan hasil uji analitik, seperti Confidence Interval (CI) dan p-value, bukanlah sebagai parameter kebenaran absolut, melainkan sebagai ukuran ketidakpastian (*measure of uncertainty*) di dalam pengambilan kesimpulan biologis maupun klinis (Celentano *et al.*, 2025).

7.1 Manajemen dan Validasi Data Epidemiologi

Sebelum memasuki tahapan inferensi statistik, fondasi utama dari kualitas bukti epidemiologi terletak pada proses manajemen dan validasi data. Dalam penelitian kesehatan masyarakat dengan sampel besar (*large-scale surveys*), kegagalan dalam tahapan pra-analisis dapat menghasilkan garbage in, garbage out, ini adalah sebuah kondisi di mana sekompleks apapun pemodelan statistik yang digunakan, hasil akhirnya akan tetap bias dan tidak valid (Webb *et al.*, 2020).

Manajemen data dimulai dari proses data cleaning, coding, dan transformasi variabel. Pada tahap ini, peneliti harus mengidentifikasi nilai ekstrem (*outliers*) dan menentukan strategi penanganan data yang hilang (*missing data imputation*). Pengabaian terhadap mekanisme hilangnya data (misalnya, data hilang secara acak atau sistematis) berisiko mendistorsi distribusi frekuensi penyakit dan mengecilkan derajat asosiasi yang sebenarnya terjadi pada populasi target (Celentano *et al.*, 2025).

Khusus dalam surveilans Kedokteran Gigi Masyarakat (KGM), validasi data bersandar kuat pada reliabilitas instrumen dan proses kalibrasi pemeriksa. Sebagian besar pengukuran dalam KGM bergantung pada pemeriksaan klinis visual taktil, seperti penggunaan indeks *Decayed, Missing, and Filled Teeth* (DMFT) untuk karies, atau skrining lesi prakanker oral. Pengukuran semacam ini memiliki risiko tinggi terhadap informasi bias yang diakibatkan oleh variasi subjektivitas pemeriksa (World Health Organization, 2022). Oleh karena itu, standarisasi melalui kalibrasi intra examiner (konsistensi satu pemeriksa dari waktu ke waktu) dan inter examiner (kesepakatan antar pemeriksa) merupakan prosedur metodologis yang wajib dilaporkan.

Dalam analisis data, konsistensi pemeriksa ini dievaluasi dan dikuantifikasi menggunakan uji statistik reliabilitas, seperti Cohen's Kappa untuk data kategorik, atau Intraclass Correlation Coefficient (ICC) untuk data numerik kontinyu (Webb *et al.*, 2020). Nilai Kappa yang rendah mengindikasikan bahwa variasi temuan klinis bukan disebabkan oleh perbedaan status kesehatan mulut pasien yang sebenarnya, melainkan akibat inkonsistensi persepsi klinis antar-dokter gigi yang bertugas di lapangan. Dengan menerapkan validasi yang ketat dan manajemen data yang disiplin, bias misklasifikasi (*misclassification bias*) dapat ditekan, sehingga integritas dan presisi analisis analitik pada

tahap selanjutnya dapat dipertanggungjawabkan secara saintifik.

7.2 Metodologi Analisis Data Epidemiologi

Sub-bab ini merupakan inti dari analisis epidemiologi, di mana data mentah ditransformasikan menjadi parameter matematis yang bermakna secara biologis dan sosial. Pemilihan metodologi yang tepat sangat bergantung pada desain studi dan pertanyaan penelitian yang diajukan.

7.2.1 Analisis Deskriptif: Mengukur Frekuensi Penyakit

Langkah pertama dalam analisis data kesehatan masyarakat adalah mendeskripsikan distribusi penyakit berdasarkan triad epidemiologi: Orang (*Person*), Tempat (*Place*), dan Waktu (*Time*). Pemetaan ini esensial untuk mengidentifikasi pola penyebaran penyakit dan merumuskan hipotesis etiologi (Celentano *et al.*, 2025).

Dua parameter utama dalam mengukur frekuensi penyakit adalah Prevalensi dan Insidensi. Keduanya memiliki fondasi biologis dan matematis yang berbeda. Prevalensi mengukur proporsi populasi yang memiliki penyakit pada satu titik waktu tertentu (*cross-sectional*). Dalam Kedokteran Gigi Masyarakat (KGM), data surveilans Nasional seperti Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) umumnya melaporkan prevalensi kondisi kronis, seperti prevalensi karies gigi pada anak usia sekolah atau periodontitis. Meskipun prevalensi sangat berguna untuk mengevaluasi beban pelayanan kesehatan (*health service burden*), parameter ini memiliki kelemahan inheren: ia mencampuradukkan kasus baru dan kasus lama, serta sangat dipengaruhi oleh durasi penyakit (Webb *et al.*, 2020).

Sebaliknya, Insidensi (baik berupa *Cumulative Incidence* maupun *Incidence Rate*) mengukur jumlah kasus baru yang muncul pada populasi berisiko (*at-risk population*) selama periode waktu tertentu (*cohort*). Insidensi adalah parameter emas untuk mengukur probabilitas terjadinya penyakit dan menginvestigasi rantai etiologi secara presisi, karena secara temporal paparan dipastikan mendahului luaran (Hernan & Robins, 2024)

Analisis data kuantitatif dalam epidemiologi bertumpu pada dua pilar metodologis: ukuran frekuensi yang merepresentasikan beban penyakit (*burden of disease*) di populasi, dan ukuran asosiasi yang digunakan untuk mengevaluasi kekuatan hubungan etiologis. Dalam Kedokteran Gigi Masyarakat (KGM), pemahaman komprehensif terhadap distingsi kedua ukuran ini merupakan prasyarat mutlak untuk menyusun desain intervensi dan advokasi kebijakan (Peres *et al.*, 2019).

7.2.2 Ukuran Asosiasi (*Measures of Association*)

Ukuran asosiasi digunakan untuk mengkuantifikasi kekuatan hubungan statistik antara faktor paparan dan luaran kesehatan. Pemilihan ukuran ini terikat pada arsitektur desain studi:

Rasio Risiko (*Relative Risk / RR*):

Digunakan pada studi kohort longitudinal. Dengan membandingkan risiko insidensi penyakit antara kelompok terpapar dan tidak terpapar.

Nilai $RR = 2$ mengindikasikan bahwa kelompok yang terpapar memiliki risiko insidensi dua kali lipat dibandingkan kelompok tidak terpapar.

Rasio Odds (*Odds Ratio* / OR):

Menjadi parameter sentral dalam studi kasus-kontrol. OR mengestimasi RR ketika kejadian penyakit langka (*rare disease assumption*). OR sangat relevan dalam KGM saat mengevaluasi faktor etiologi historis, seperti mengukur asosiasi antara riwayat mengunyah sirih pinang dengan probabilitas kejadian karsinoma sel skuamosa oral (Oral Squamous Cell Carcinoma/OSCC) (Peres *et al.*, 2019).

Rasio Prevalensi (*Prevalence Ratio* / PR):

Digunakan pada studi potong lintang berskala masif. Menggunakan OR pada studi cross sectional untuk penyakit hiper endemik atau prevalensi penyakit yang sangat tinggi (seperti karies dengan prevalensi >80%) merupakan kesalahan metodologis fatal yang secara matematis akan menghasilkan estimasi berlebihan (*overestimate*) dari ukuran efek asli. Pendekatan Regresi Poisson atau Log Binomial wajib digunakan untuk menghitung PR yang akurat (Jewell, 2003), (Webb *et al.*, 2020).

Pada interpretasi akhir, analis harus tajam dalam membedakan antara signifikansi statistik dengan relevansi kesehatan masyarakat (*public health significance*). Nilai p-value <0,05 murni hanya metrik probabilitas untuk menolak hipotesis nol. Sebaliknya, pelaporan rentang Confidence Interval (CI) 95% memberikan informasi yang esensial mengenai presisi estimasi dan rentang efek yang bermakna secara klinis di lapangan. CI yang sempit menunjukkan ukuran sampel yang adekuat dan keandalan data untuk diekstrapolasi ke populasi target.

7.2.3 Ukuran Dampak Kesehatan Masyarakat (*Measure of Public Health Impact*)

Kesalahan umum dalam analisis epidemiologi adalah berhenti pada perhitungan ukuran asosiasi (seperti RR atau OR). Administrator kebijakan kesehatan tidak hanya butuh mengetahui seberapa kuat hubungan suatu faktor, tetapi seberapa besar dampak kuantitatif jika faktor tersebut dieliminasi (Celentano *et al.*, 2025). Di sinilah pentingnya ukuran dampak:

Risiko Atributabel (Attributable Risk / AR):

Menghitung selisih absolut antara insidensi pada kelompok terpapar dikurangi insidensi pada kelompok tidak terpapar. AR merepresentasikan jumlah kasus tambahan yang secara eksklusif disebabkan oleh paparan tersebut.

Fraksi Atributabel Populasi (*Population Attributable Fraction / PAF*):

Proporsi total penyakit dalam suatu populasi yang dapat dicegah apabila faktor risiko kausal dieliminasi sepenuhnya.

Aplikasi dalam Kesehatan Gigi Masyarakat adalah jika data menunjukkan PAF konsumsi minuman manis (*Sugar-Sweetened Beverages/SSB*) terhadap karies anak usia prasekolah adalah 45%, ini berarti secara teoretis, hampir separuh dari seluruh kasus karies pada populasi tersebut dapat dicegah hanya dengan satu intervensi tunggal: menghentikan konsumsi SSB (Watt *et al.*, 2019). Data PAF inilah yang menjadi justifikasi ekonomi politik terkuat untuk merumuskan regulasi pajak gula (*sugar tax*).

7.2.4 Pengendalian Variabel Perancu (*Confounding*) dan Modifikasi Efek

Sebuah analisis epidemiologi dikatakan valid jika mampu mengisolasi efek murni dari paparan dengan mengendalikan confounding (*perancu*). Ancaman terbesar terhadap validitas internal dari suatu analisis epidemiologis bukanlah kesalahan acak (*random error*), melainkan hadirnya distorsi sistematis. Confounding merupakan distorsi ukuran asosiasi antara variabel paparan dan luaran kesehatan akibat intrusi dari faktor ketiga. Agar sebuah variabel terklasifikasi sebagai confounder, ia harus memiliki asosiasi dengan paparan, menjadi faktor risiko terhadap luaran secara independen, dan tidak berada di dalam jalur mekanisme kausal (bukan variabel perantara/mediator) (Celentano *et al.*, 2025). Status Sosial Ekonomi (SES) adalah confounder absolut dalam epidemiologi dental (Peres *et al.*, 2019), (Nguyen *et al.*, 2023). Individu dari SES rendah seringkali memiliki tingkat periodontitis yang tinggi bukan hanya karena kurangnya kebersihan mulut, melainkan juga terkait akses nutrisi yang buruk dan tingkat stres yang menekan respons imun.

Aplikasi KGM sering berhadapan dengan confounding ketika meneliti hubungan dua arah (*bidirectional relationship*) antara penyakit periodontal dengan inflamasi sistemik (misalnya, Diabetes Melitus). Status Sosial Ekonomi (SES) dan kebiasaan merokok adalah confounder klasik dalam skenario ini. Individu dengan periodontitis kronis dapat memperlihatkan insidensi komplikasi sistemik yang lebih tinggi bukan semata-mata karena beban bakteri patogen periodontal, melainkan karena populasi tersebut umumnya memiliki indeks SES yang

lebih rendah serta tingkat konsumsi tembakau yang lebih agresif (Jevdjevic & Listl, 2025)

Untuk mengisolasi dan menetralkan efek confounding ini, analisis epidemiologi mutlak harus melakukan teknik stratifikasi seperti metode Mantel-Haenszel, dengan memecah data ke dalam sub kelompok homogen (misal: analisis terpisah antara SES tinggi dan SES rendah). Namun, untuk data yang melibatkan banyak variabel perancu secara bersamaan, pendekatan pemodelan statistik tingkat lanjut melalui analisis multivariat dengan Regresi Logistik Terapan (*Logistic Regression*) digunakan untuk menghasilkan nilai Adjusted Odds Ratio (AOR), di mana efek perancu dikunci secara matematis (Webb *et al.*, 2020).

Sementara itu, Modifikasi Efek (*Interaction*) bukanlah bias yang harus dihilangkan, melainkan realitas biologis yang harus dilaporkan. Interaksi terjadi ketika efek suatu paparan berbeda secara signifikan di antara tingkatan variabel lain. Kekeliruan epistemologis yang sering terjadi adalah menganggap interaksi (*effect modification*) identik dengan confounding. Jika confounding adalah "distorsi data" yang wajib dinetralkan atau dihilangkan, maka interaksi adalah fenomena biologis dan sosiologis riil yang justru harus dideskripsikan secara eksplisit. Interaksi terbukti apabila kekuatan efek dari suatu paparan (contoh: kurangnya frekuensi menyikat gigi) terhadap kejadian penyakit (karies) teramplifikasi secara berbeda dan tajam (sinergisme) pada stratum populasi tertentu (misalnya, pada anak dengan pola diet kariogenik ekstrem) dibandingkan dengan stratum lainnya (Webb *et al.*, 2020).

7.3 Interpretasi Data dan Penarikan Kesimpulan

Data statistik semata tidak memiliki otonomi untuk menyatakan hukum sebab-akibat. Penarikan kesimpulan epidemiologis mensyaratkan penalaran deduktif yang mengintegrasikan bukti matematis dengan plausibilitas biomedis.

7.3.1 Dari Asosiasi Statistik Menuju Kausalitas

Asosiasi statistik yang kuat (misal: $OR = 5,0$; $p < 0,001$) belum tentu merepresentasikan hubungan kausalitas. Untuk menjembatani hal ini, epidemiologi modern tetap berpijak pada evolusi Kriteria Kausalitas Bradford Hill, yang mencakup: Kekuatan asosiasi (*strength*), konsistensi temuan antar-populasi (*consistency*), hubungan dosis-respons (*biological gradient*), urutan temporal waktu (*temporality*), dan masuk akal secara biologis (*biological plausibility*) (Fedak *et al.*, 2015).

Di era big data dan rekam medis elektronik (*Electronic Medical Record*), di mana algoritma machine learning dapat menemukan ribuan korelasi artifisial, kriteria Hill berfungsi sebagai filter intelektual. Epidemiolog dituntut menggunakan instrumen visual seperti Directed Acyclic Graphs (DAGs) untuk memetakan asumsi kausal secara logis sebelum menyimpulkan bahwa modifikasi paparan benar-benar akan mengubah hasil Kesehatan (Hernan & Robins, 2024).

7.3.2 Identifikasi dan Mitigasi Bias dalam Interpretasi

Kesimpulan analisis dapat menjadi defektif jika peneliti gagal mengenali jejak bias dalam data. Dua bentuk bias yang paling dominan mengancam penelitian

KGM adalah selection bias dan information bias (*measurement bias*).

Selection Bias:

Selection bias sangat persisten dalam studi longitudinal kesehatan rongga mulut akibat tingginya angka partisipan yang hilang dari pengamatan (*loss to follow-up*). Hal ini berisiko menciptakan struktur data collider, yang secara artifisial akan mendistorsi nilai estimasi asosiasi (Peres *et al.*, 2019).

Hal ini dapat terjadi jika probabilitas seseorang terpilih masuk ke dalam studi *dependen* pada status paparan maupun penyakitnya. Hal ini rentan terjadi pada survei Kesehatan gigi di fasilitas kesehatan (*facility-based*), di mana pasien yang datang berobat umumnya memiliki kasus yang lebih parah dibanding populasi umum.

Information Bias (termasuk Recall Bias):

Di sisi lain, information bias rentan merusak validitas survei wawancara retrospektif, seperti fenomena recall bias. Contoh klasik dari recall bias adalah ketika ibu dari anak penderita Early Childhood Caries (ECC) parah secara sistematis mengingat dan melaporkan frekuensi konsumsi gula anaknya secara lebih presisi, atau justru lebih rendah akibat kecemasan (*social desirability*), dibandingkan dengan ibu dari anak kelompok kontrol yang sehat.

Information bias ini merupakan distorsi yang muncul akibat misklasifikasi informasi. Recall bias sangat mendominasi studi kasus-kontrol retrospektif. Sebagai contoh, pasien yang didiagnosis karsinoma oral (pada kelompok kasus) akan menggali ingatannya secara jauh lebih obsesif terkait kebiasaan merokoknya di masa lalu dibandingkan pasien sehat (pada kelompok kontrol)

(Celentano *et al.*, 2025). Mitigasi analitik harus memperhitungkan margin ketidakpastian ini agar estimasi asosiasi tidak mengalami hiperbola.

7.3.3 Signifikansi Statistik vs. Signifikansi Klinis/ Kesehatan Masyarakat

Kesalahan fundamental yang paling merusak dalam tahap interpretasi data epidemiologi adalah menyamakan signifikansi statistik dengan signifikansi kesehatan masyarakat (klinis). Analisis yang mengandalkan sampel surveilans dalam jumlah masif sering kali secara otomatis menghasilkan nilai *p*-value yang sangat kecil ($p < 0,001$), meskipun ukuran efek (*effect size*) dari fenomena tersebut sangat minim dan tidak membawa dampak klinis yang substansial (Greenland, 2023).

American Statistical Association (ASA) dalam pedoman terbarunya secara keras mengkritik pemujaan absolut terhadap batas arbitrer $p < 0,05$ (*p-value fallacy*). Dalam epidemiologi kesehatan masyarakat, seorang analis sebaiknya tidak hanya sekadar menyimpulkan bahwa "terdapat hubungan yang bermakna secara statistik". Namun Analisis dituntut untuk bertanya: Apakah magnitude dari ukuran efek (misalnya RR atau PAF) cukup signifikan untuk membenarkan suatu intervensi yang besar untuk suatu program (Jewell, 2003).

7.4 Aplikasi Praktis: Translasi Data Menjadi Kebijakan

Epidemiologi tidak diciptakan untuk berakhir di ruang perpustakaan atau jurnal akademis; disiplin ini dirancang untuk mengubah kebijakan negara. Interpretasi yang brilian

adalah interpretasi yang mampu mengarahkan alokasi anggaran dan intervensi medis secara presisi terhadap Kesehatan gigi masyarakat.

7.4.1 Studi Kasus Kedokteran Gigi Masyarakat (*Dental Public Health*)

WHO Global Oral Health Status Report edisi terbaru merilis data epidemiologi yang memetakan disparitas ekstrem yaitu beban penyakit rongga mulut secara disproportional mengenai kepada populasi berpenghasilan rendah, kelompok marginal, dan lansia (World Health Organization, 2022). Analisis data prevalensi karies atau penyakit periodontal pada tingkat makro, seperti yang dilakukan dalam Riskesdas di Indonesia, diinterpretasikan bukan sekadar sebagai "angka kerusakan gigi", melainkan sebagai indikator langsung dari ketimpangan kesehatan (*health inequality*).

Data tersebut menyingkap tabir determinan struktural. Tingginya prevalensi kehilangan seluruh gigi (edentulisme) pada populasi geriatri di pedesaan merefleksikan kegagalan sistemik dari jaminan kesehatan universal dalam menyediakan perawatan konservasi gigi yang terjangkau. Melalui interpretasi ini, penyakit mulut tidak lagi dipandang sebagai tanggung jawab perilaku individu (*victim blaming*), melainkan sebagai kegagalan sistem sosio politik (Patel *et al.*, 2023).

7.4.2 Evidence Based Policy Making

Hasil perhitungan Population Attributable Fraction (PAF) dan analisis regresi merupakan senjata advokasi utama. Ketika data epidemiologis secara meyakinkan menunjukkan korelasi kausal dan PAF yang tinggi antara defisiensi fluor lokal dengan lonjakan karies masif, data

ini diterjemahkan menjadi intervensi ke tingkat struktural (Pencegahan Primer).

Sebagai contoh, interpretasi Confidence Interval yang presisi dari kajian sistematis memberikan justifikasi ilmiah tak terbantahkan kepada Kementerian Kesehatan untuk mempertahankan atau memperluas kebijakan fluoridasi air minum komunal, merumuskan regulasi pajak untuk minuman berpemanis (*sugar tax*) Watt *et al.*, 2019) atau merevitalisasi program Usaha Kesehatan Gigi Sekolah (UKGS) (FDI World Dental Federation, 2023, p. 14). Keputusan politik yang didukung oleh data epidemiologi analitik (*evidence-based policy*) akan jauh lebih imun terhadap intervensi lobi industri (misalnya industri gula atau tembakau) dibandingkan kebijakan yang hanya didasarkan pada asumsi birokratis (Patel *et al.*, 2023)

Analisis dan interpretasi data epidemiologi kesehatan masyarakat bukanlah sekadar proses matematis di balik perangkat lunak biostatistik, melainkan sebuah seni penalaran ilmiah yang rigor. Tahapan yang dimulai dari manajemen pra-analisis yang ketat, pemilihan ukuran frekuensi dan asosiasi yang akurat, pengendalian confounding, hingga interpretasi kausalitas yang berhati-hati, bermuara pada satu tujuan filosofis: melindungi kesehatan populasi dalam Kedokteran Gigi. Sehingga pencapaian target 2030, layanan kesehatan mulut esensial akan terintegrasi ke dalam layanan kesehatan di setiap negara dan layanan kesehatan mulut berkualitas yang sesuai akan tersedia, mudah diakses, dan terjangkau bagi semua orang.

Di masyarakat, kecakapan dalam menerjemahkan kompleksitas data populasi berskala makro menjadi bukti ilmiah yang tajam merupakan kompetensi absolut. Melalui analisis yang komprehensif, data epidemiologi berhenti menjadi barisan angka pasif, dan bertransformasi menjadi katalisator advokasi yang mampu membongkar ketimpangan

kesehatan serta mendorong kebijakan publik yang adil dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Celentano, D. D., Szklo, M., Farag, Y. M. K., & Gordis, L. (2025). *Gordis epidemiology* (Seventh edition). Elsevier.
- Fedak, K. M., Bernal, A., Capshaw, Z. A., & Gross, S. (2015). Applying the Bradford Hill criteria in the 21st century: How data integration has changed causal inference in molecular epidemiology. *Emerging Themes in Epidemiology*, 12, 14. <https://doi.org/10.1186/s12982-015-0037-4>
- Glick, M., & Williams, D. M. (2021). FDI Vision 2030: Delivering Optimal Oral Health for All. *International Dental Journal*, 71(1), 3–4. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2020.12.026>
- Greenland, S. (2023). Divergence versus decision P -values: A distinction worth making in theory and keeping in practice: Or, how divergence P -values measure evidence even when decision P -values do not. *Scandinavian Journal of Statistics*, 50(1), 54–88. <https://doi.org/10.1111/sjos.12625>
- Hernan, M. A., & Robins, J. M. (2024). *Causal inference: What if* (First edition). Taylor and Francis.
- Jevdjevic, M., & Listl, S. (2025). Global, Regional, and Country-Level Economic Impacts of Oral Conditions in 2019. *Journal of Dental Research*, 104(1), 17–21. <https://doi.org/10.1177/00220345241281698>
- Jewell, N. P. (2003). *Statistics for Epidemiology* (0 ed.). Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781482286014>

- Nguyen, T. M., Tonmukayakul, U., Le, L. K.-D., Calache, H., & Mihalopoulos, C. (2023). Economic Evaluations of Preventive Interventions for Dental Caries and Periodontitis: A Systematic Review. *Applied Health Economics and Health Policy*, 21(1), 53–70. <https://doi.org/10.1007/s40258-022-00758-5>
- Patel, J., Nattabi, B., Long, R., Durey, A., Naoum, S., Kruger, E., & Slack-Smith, L. (2023). The 5C model: A proposed continuous quality improvement framework for volunteer dental services in remote Australian Aboriginal communities. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 51(6), 1150–1158. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12850>
- Peres, M. A., Macpherson, L. M. D., Weyant, R. J., Daly, B., Venturelli, R., Mathur, M. R., Listl, S., Celeste, R. K., Guarnizo-Herreño, C. C., Kearns, C., Benzian, H., Allison, P., & Watt, R. G. (2019). Oral diseases: A global public health challenge. *The Lancet*, 394(10194), 249–260. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31146-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31146-8)
- Watt, R. G., Daly, B., Allison, P., Macpherson, L. M. D., Venturelli, R., Listl, S., Weyant, R. J., Mathur, M. R., Guarnizo-Herreño, C. C., Celeste, R. K., Peres, M. A., Kearns, C., & Benzian, H. (2019). Ending the neglect of global oral health: Time for radical action. *The Lancet*, 394(10194), 261–272. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)31133-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31133-X)
- Webb, P., Bain, C., & Page, A. (2020). *Essential epidemiology: An introduction for students and health professionals* (Fourth edition). Cambridge University Press.
- World Health Organization (2022) "Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030", Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484>

BIODATA PENULIS



Drs. Bambang Suhartawan, M.MT

Dosen Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura

Penulis lahir di Blitar Tahun 1964. Penulis adalah dosen tetap dengan status PNS-DPK pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Sains dan Teknologi Jayapura. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Cenderawasih Jayapura pada tahun 1989. Pendidikan Pasca Sarjana diperoleh dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya jurusan Manajemen Teknik Lingkungan pada tahun 2002. Beberapa buku yang telah ditulis terkait bidang lingkungan antara lain : Pengelolaan Sumber Daya Air; Penyehatan Udara; Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim di Indonesia; Ekotoksikologi, Pengelolaan Limbah Industri; Sistem Lingkungan Industri; Analisis Kualitas Lingkungan; Kesehatan Lingkungan Bancana; Manajemen Penyakit Tripos Berbasis Lingkungan;

Pengelolaan Limbah Padat, Limbah Industri dan B3; Lingkungan : Pemahaman Masalah dan Solusi; Kesehatan Lingkungan : Memahami Dampak Lingkungan Terhadap Kesehatan; Kimia Ramah Lingkungan; Pencemaran Udara dan Perubahan Iklim; Entomologi dalam Kesehatan Lingkungan; Pengelolaan Limbah Cair; Kimia Lingkungan; Kesehatan Lingkungan Global; Pengenalan Pembangunan Berkelanjutan dan Memahami Konsep dan Teori Ekologi Lingkungan.

BIODATA PENULIS



Nurul Aziza, S.ST.,M.Kes

Dosen Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Universitas Mitra Indonesia

Penulis lahir di Bukit Kemuning Kabupaten Lampung Utara tanggal 11 Oktober 1991. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Universitas Mitra Indonesia. Menyelesaikan pendidikan D4 pada Kebidanan Pendidik dan melanjutkan S2 pada jurusan Kesehatan Masyarakat. Penulis fokus pada kegiatan tridharma khususnya fokus pada menulis buku serta aktif mengelola jurnal baik menjadi reviewer dan editor.

BIODATA PENULIS



Melly Kristanti, SKM, M.Epid.

Dosen Program Studi Kedokteran Program Sarjana
Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional
Veteran Jakarta

Penulis lahir di Padang tanggal 25 Agustus 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Kedokteran Program Sarjana Fakultas Kedokteran Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat keilmuan Epidemiologi dan Biostatistik, selanjutnya melanjutkan S2 pada Jurusan Epidemiologi Komunitas.

BIODATA PENULIS



Dhorkas Dhonna Ruth Marpaung, S.K.M., M.Epid.

Dosen Program Studi D-III Sanitasi

Poltekkes Kemenkes Jayapura Kampus Mimika

Penulis lahir dari pasangan bapak H. Marpaung dan ibu H. M. Manurung di Medan, pada 30 Juli 1990. Penulis telah menyelesaikan studi Sarjana Kesehatan Masyarakat dan Magister Epidemiologi di Universitas Indonesia tahun 2012 dan 2016. Sejak tahun 2021 hingga saat ini, penulis bertugas mengajar di Program Studi D-III Sanitasi Kampus Mimika, Poltekkes Kemenkes Jayapura. Beberapa mata kuliah yang diampu adalah Dasar Epidemiologi, Malariologi, dan Penyakit Tropis.

BIODATA PENULIS



Sintikhewati Yenly Sucipto, SKM., M.Kes

Dosen Program Studi S1 Administrasi Rumah Sakit
PSDKU STIKES BETHESDA YAKKUM DI SEMARANG

Penulis lahir di Kabupaten Semarang pada tanggal 13 September 1988. Meraih gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat peminatan Kesehatan Ibu dan Anak Universitas Diponegoro Semarang pada tahun 2013 dan Magister Promosi Kesehatan di Universitas Diponegoro Semarang pada tahun 2015. Sejak tahun 2010 hingga sekarang menjadi dosen tetap di PSDKU STIKES Bethesda Yakkum di Semarang. Bidang kajian yang ditekuni meliputi promosi kesehatan, pemberdayaan masyarakat, dan kebidanan komunitas.

BIODATA PENULIS



Iha Nursolihah, S.S.T., M.K.M.

Dosen Program Studi Administrasi Rumah Sakit
Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Singaperbangsa
Karawang

Penulis lahir di Karawang tanggal 23 Oktober 1991. Tahun 2019, penulis menyelesaikan Strata2 (S2) pada peminatan Biostatistika dan Kependudukan, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Setelah menamatkan S2, penulis bekerja di Rumah Sakit Anak dan Bunda Harapan Kita, sebagai Analis Data dan Informasi Rawat Inap pada Substansi Pelayanan Medik. Sejak tahun 2022, Penulis menjadi salah satu dosen tetap PNS pada Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Singaperbangsa Karawang. Penulis merupakan dosen pada program studi Administrasi Rumah Sakit, beberapa mata kuliah yang diampu diantaranya Biostatistik, Statistika Kesehatan, Epidemiologi, Manajemen Pengelolaan Analisis Data Rumah Sakit, dan mata kuliah lainnya.

BIODATA PENULIS



Drg. Riama Vensya Sitohang, M.Epid, Ph.D

Dosen Jurusan Teknik Gigi

Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Jakarta II

Penulis lahir di Pangkal Pinang, Menyelesaikan jenjang pendidikan formal mulai dari FKG di Universitas Sumatera Utara, Field Epidemiology di Universitas Indonesia serta melanjutkan jurusan Management di Management and Science University (MSU) Sah Alam, Selangor, Malaysia. Wanita dengan sapaan Vensya ini pernah menduduki jabatan 10 tahun sebagai Direktur di beberapa Direktorat strategis di Lingkungan Kementerian Kesehatan antara lain : Direktur Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang (P2B2), Direktur Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tular Vektor dan Zoonotik (P2PTVZ), Direktur Surveilans dan Kekarantinaan Kesehatan (Surkarkes), Direktur Kesehatan Lingkungan (Kesling), Direktur Kesehatan Jiwa (Keswa), Direktur Usia Produktif dan Lanjut Usia (UPL) serta Direktur Fasilitas dan Mutu Pelayanan Primer (Fasmut Yanprimer).

Punya pengalaman mengesankan dalam pengendalian Pandemi Covid19 di Indonesia pada saat menjabat Direktur Surveilans dan Kekarantinaan Kesehatan. Berpengalaman 7 tahun menjadi Dewan Pengawas di beberapa Rumah Sakit Vertikal. Email : r.vensya.sitohang@poltekkesjkt2.ac.id.