

EPIDEMIOLOGI DASAR

EDITOR: ADE SAPUTRA NASUTION, SKM., M.KES



Nasir Ahmad | Ainum Jhariah Hidayah | Reny Mareta Sari
Jusniar Rusliafa | Asriati | Syahrul Khairati
Yulianto Ade Prasetya | I Made Dwi Mertha Adnyana
Muhammad Akbar Nurdin | Kuuni Ulfah Naila El Muna
Sukarsi Rusti | Mugi Wahidin | Lisda Oktavia Madu Pamangin
Putri Tiara Rosha | Ema Mayasari | Putri Winda Lestari

Bunga Rampai

Epidemiologi Dasar

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Epidemiologi Dasar

Nasir Ahmad
Ainum Jhariah Hidayah
Reny Mareta Sari
Jusniar Rusliafa
Asriati
Syahrul Khairati
Yulianto Ade Prasetya
I Made Dwi Mertha Adnyana
Muhammad Akbar Nurdin
Kuuni Ulfah Naila El Muna
Sukarsi Rusti
Mugi Wahidin
Lisda Oktavia Madu Pamangin
Putri Tiara Rosha
Ema Mayasari
Putri Winda Lestari



EPIDEMIOLOGI DASAR

Penulis:

Nasir Ahmad
Ainum Jhariah Hidayah
Reny Mareta Sari
Jusniar Rusliafa
Asriati
Syahrul Khairati
Yulianto Ade Prasetya
I Made Dwi Mertha Adnyana
Muhammad Akbar Nurdin
Kuuni Ulfah Naila El Muna
Sukarsi Rusti
Mugi Wahidin
Lisda Oktavia Madu Pamangin
Putri Tiara Rosha
Ema Mayasari
Putri Winda Lestari

Editor: **Ade Saputra Nasution, SKM., M.Kes.**

Desain Cover: **Nur Indah Ratnasari, S.Si.**

Tata Letak: **Samuel, S.Kom.**

Halaman: **A5 Unesco (15,5 x 23 cm)**

Ukuran: **xii, 289**

ISBN: **978-623-8533-71-8 (PDF)**

ISBN: **978-623-8533-72-5**

Terbit Pada: **Mei 2024**

Hak Cipta 2024, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2024 by Future Science Publisher

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT FUTURE SCIENCE
(CV. FUTURE SCIENCE)**

Anggota IKAPI (348/JTI/2022)

Jl. Terusan Surabaya Gang 1 A No. 71 RT 002 RW 005, Kel. Sumbersari, Kcc. Lowokwaru, Kota
Malang, Provinsi Jawa Timur.
www.futuresciencepress.com

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya yang tiada henti. Dengan limpahan kasih dan pertolongan-Nya, kami dapat menyelesaikan buku Epidemiologi Dasar. Buku ini terdiri dari 16 bab yaitu:

1. Konsep Dasar Epidemiologi
2. Konsep Penyebab Penyakit
3. Konsep Host, Agent, dan Environment
4. Riwayat Alamiah Penyakit dan Tingkat Pencegahan
5. Skrining dalam Epidemiologi
6. Agen Biologi
7. Agen Kimia
8. Agent Fisik
9. Ukuran Frekuensi Penyakit
10. Ukuran Asosiasi dan Ukuran Dampak Potensial
11. Studi Laporan Kasus dan Serial Kasus
12. Studi Ekologi
13. Studi Cross Sectional
14. Studi Kasus Kontrol
15. Kohort
16. Studi Eksperimental

Kami juga menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada penerbit Future Science atas kesempatan yang diberikan untuk menerbitkan buku ini. Dukungan dan kerjasama yang diberikan oleh tim penerbit sangat berarti bagi kelancaran proses penerbitan buku ini. Tak lupa, penghargaan kami sampaikan kepada 16 penulis yang telah berkontribusi dalam pembuatan

buku ini. Dengan berbagai pemikiran dan pengalaman yang beragam, kolaborasi kami menjadi lebih kaya dan berarti.

Akhir kata, semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif dalam pengembangan ilmu epidemiologi, serta dapat membantu dalam memahami konsep dasar dan aplikasi praktisnya dalam upaya menjaga kesehatan masyarakat.

Bogor, April 2024

Editor,

Ade Saputra Nasution

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
BAB 1 KONSEP DASAR EPIDEMIOLOGI.....	1
PENDAHULUAN	1
PENGERTIAN EPIDEMIOLOGI.....	2
SEJARAH EPIDEMIOLOGI	6
KEGUNAAN EPIDEMIOLOGI	7
TUGAS EPIDEMIOLOGI.....	10
KESIMPULAN.....	16
BAB 2 KONSEP PENYEBAB PENYAKIT	19
PENDAHULUAN	19
DEFINISI PENYEBAB PENYAKIT	20
MODEL PENYEBAB PENYAKIT	21
KESIMPULAN.....	32
BAB 3 KONSEP HOST, AGENT, DAN ENVIRONMENT	35
PENDAHULUAN	35
HOST	38
AGENT	42
ENVIRONMENT	45
KESIMPULAN.....	48
BAB 4 RIWAYAT ALAMIAH PENYAKIT DAN TINGKAT PENCEGAHAN	57
PENDAHULUAN	57

	RIWAYAT ALAMIAH PENYAKIT (NATURAL HISTORY OF DISEASE)	58
	TINGKAT PENCEGAHAN PENYAKIT	62
	KESIMPULAN	68
BAB 5	SKRINING DALAM EPIDEMIOLOGI	71
	PENDAHULUAN	71
	PENGERTIAN SKRINING.....	72
	PRINSIP PELAKSANAAN SKRINING	75
	BENTUK PELAKSANAAN SKRINING	77
	EVALUASI AKURASI HASIL SKRINING	79
	KESIMPULAN	86
BAB 6	AGEN BIOLOGI.....	89
	PENDAHULUAN	89
	ZOONOSIS	90
	VEKTOR BORNE.....	97
	KESIMPULAN	103
BAB 7	AGEN KIMIA.....	109
	PENDAHULUAN	109
	LOGAM BERAT	111
	PESTISIDA.....	120
	BAHAN KIMIA ORGANIK	125
	KESIMPULAN	127
BAB 8	AGENT FISIK	131
	PENDAHULUAN	131
	RADIASI PENGION.....	132
	RADIASI NON-PENGION	137

	PAPARAN KEBISINGAN	139
	PAPARAN CAHAYA.....	141
	TRAUMA DAN CEDERA.....	144
	KESIMPULAN.....	147
BAB 9	UKURAN FREKUENSI PENYAKIT.....	153
	PENDAHULUAN	153
	RASIO, PROPORSI, DAN RATE	153
	INSIDEN, PREVALENSI, DAN MORTALITAS.....	156
	KESIMPULAN.....	165
BAB 10	UKURAN ASOSIASI DAN UKURAN DAMPAK POTENSIAL.....	167
	PENDAHULUAN	167
	KESIMPULAN.....	182
BAB 11	STUDI LAPORAN KASUS DAN SERIAL KASUS	185
	PENDAHULUAN	185
	LAPORAN KASUS (CASE REPORT) DAN SERIAL KASUS (CASE SERIES)	187
	LAPORAN KASUS (CASE REPORT)	189
	SERIAL KASUS (CASE SERIES)	197
	KESIMPULAN.....	199
BAB 12	STUDI EKOLOGI.....	203
	PENGERTIAN	204
	KAPAN MELAKUKAN STUDI EKOLOGI?.....	206
	JENIS PENGUKURAN DALAM STUDI EKOLOGI	207
	JENIS STUDI EKOLOGI.....	207
	ANALISIS DALAM STUDI EKOLOGI	208

KEKUATAN	208
KELEMAHAN	210
CARA MENGATASI ECOLOGICAL FALLACY	211
LANGKAH DAN CONTOH STUDI EKOLOGI	212
KESIMPULAN	216
BAB 13 STUDI CROSS SECTIONAL	219
PENDAHULUAN	219
JENIS PENELITIAN CROSS SECTIONAL	220
PROSEDUR STUDI DAN TUJUAN	221
PREVALENSI, PREVALENCE ODD RATIO (POR), DAN PREVALENCE RATIO (PR)	223
TEKNIK SAMPLING DALAM STUDI CROSS SECTIONAL	225
SIFAT-SIFAT STUDI CROSS SECTIONAL.....	229
KESIMPULAN	230
BAB 14 STUDI KASUS KONTROL.....	233
PENDAHULUAN	233
PEMILIHAN KASUS.....	235
PEMILIHAN KONTROL.....	236
MELAKUKAN PENGUKURAN	238
MENGANALISIS HASIL PENELITIAN.....	239
POTENSI BIAS DALAM STUDI KASUS KONTROL..	243
KELEBIHAN DAN KELEMAHAN.....	244
KESIMPULAN	246
BAB 15 KOHORT	249
PENDAHULUAN	249

PENGERTIAN KOHORT	250
JENIS PENELITIAN KOHORT	252
TAHAPAN PENELITIAN KOHORT.....	257
PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA PENELITIAN KOHORT	258
KELEBIHAN PENELITIAN KOHORT	259
KEKURANGAN PENELITIAN KOHORT	260
KESIMPULAN.....	260
BAB 16 STUDI EKSPERIMENTAL.....	263
PENDAHULUAN	263
PENGERTIAN STUDI EKSPERIMENTAL	265
KARAKTERISTIK STUDI EKSPERIMENTAL	266
JENIS-JENIS STUDI EKSPERIMENTAL.....	267
VALIDITAS INTERNAL DAN EKSTERNAL	272
KESIMPULAN.....	277

BAB 1

KONSEP DASAR EPIDEMIOLOGI

Nasir Ahmad
Universitas Jenderal Achmad Yani, Kota Cimahi
E-mail: nasirahmad3443@gmail.com

PENDAHULUAN

Epidemiologi adalah disiplin ilmu lama yang berasal dari pertengahan abad kesembilan belas. Ini adalah disiplin ilmu yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penentu penyakit dan kesehatan dalam suatu populasi. Ia menggunakan pendekatan populasi seperti demografi, yang mungkin merupakan disiplin ilmu yang paling mirip dengan epidemiologi. Epidemiologi sering dikaitkan dengan penyakit menular karena epidemi suatu penyakit awalnya mengacu pada peningkatan kejadian penyakit menular yang tidak terduga. Metode epidemiologi pertama kali digunakan untuk mempelajari penyakit seperti kolera dan campak. Saat ini semua penyakit atau kejadian kesehatan dipelajari melalui metode epidemiologi dan metode ini terus berubah untuk memenuhi kebutuhan saat ini. Bahkan istilah “epidemi” digunakan untuk menggambarkan peningkatan frekuensi penyakit apa pun yang tidak terduga. (Olsen et al., 2010).

Saat ini disiplin ilmu tersebut digunakan untuk mempelajari penyebab genetik, perilaku, dan lingkungan dari penyakit menular dan tidak menular. Disiplin ini digunakan untuk mengevaluasi efek pengobatan atau skrining dan ini adalah disiplin kunci dalam gerakan yang mungkin telah diberi judul “pengobatan berbasis bukti.” Epidemiologi kesehatan masyarakat menggunakan populasi “sehat” untuk mempelajari transisi dari sehat menjadi sakit. Epidemiologi merupakan ilmu

yang menjadi dasar tindakan kesehatan masyarakat untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat (Kasim, 2012).

PENGERTIAN EPIDEMIOLOGI

Kata epidemiologi berasal dari kata Yunani epi yang berarti “pada atau tentang”, demos yang berarti “orang atau penduduk”, dan logos yang berarti “ilmu atau studi”. Banyak definisi yang telah ada, namun definisi berikut ini mencerminkan prinsip-prinsip dasar dan semangat kesehatan Masyarakat “Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari distribusi dan faktor penentu keadaan atau kejadian yang berhubungan dengan kesehatan pada populasi tertentu, dan penerapan ilmu ini untuk mengendalikan masalah kesehatan” (Last, 1993).

Epidemiologi adalah studi tentang distribusi dan faktor penentu kondisi kesehatan dalam suatu populasi (Berkman & Macintyre, 1997). Epidemiologi adalah studi tentang kejadian penyakit pada populasi manusia (Friedman & Steinberg, 1994). Epidemiologi adalah studi tentang bagaimana penyakit didistribusikan dalam populasi dan faktor-faktor yang mempengaruhi atau menentukan distribusi ini (Gordis, 2013). Definisi epidemiologi ini mencakup beberapa istilah yang mencerminkan beberapa prinsip penting dari disiplin ilmu ini. Saat Anda mempelajari definisi ini, lihat deskripsi istilah-istilah di bawah ini: (Bailey et al., 2005; CDC, n.d.; Frérot et al., 2018; Kebede, 2004).

Studi

Epidemiologi merupakan disiplin ilmu dengan metode yang baik penyelidikan ilmiah sebagai landasannya. Epidemiologi didasarkan pada data dan mengandalkan pendekatan pengumpulan data yang sistematis dan independen, analisis dan penafsiran data. Metode epidemiologi biasanya didasarkan pada pengamatan yang cermat dan menggunakan kelompok

pembandingan yang valid untuk menentukan hal-hal yang diamati, misalnya, kejadian penyakit di suatu wilayah selama periode waktu tertentu terhadap frekuensi paparan. Epidemiologi merupakan disiplin ilmu kuantitatif berdasarkan pengetahuan menyeluruh tentang metode penelitian, statistik dan probabilitas. Epidemiologi juga merupakan metode inferensi sebab akibat berdasarkan pengembangan dan pengujian hipotesis berdasarkan disiplin ilmu seperti ilmu perilaku, fisika, biologi, dan ergonomi memberi penjelasan perilaku, kondisi, dan peristiwa yang berkaitan dengan kesehatan. Tapi, epidemiologi lebih dari sekedar kegiatan penelitian; epidemiologi ialah bagian integral dari kesehatan masyarakat dan memberikan dasar untuk memandu kegiatan kesehatan masyarakat yang praktis dan tepat berdasarkan ilmu pengetahuan dan pertimbangan kausalitas.

Distribusi

Epidemiologi berhubungan dengan frekuensi dan pola kejadian kesehatan pada populasi. Frekuensi tidak hanya mencakup jumlah kejadian suatu penyakit dalam suatu populasi, tetapi juga tingkat keparahan dan risiko penyakit dalam populasi tersebut. Angka kejadian (jumlah kejadian dibagi berdasarkan jumlah populasi) sangat penting bagi ahli epidemiologi karena memungkinkan perbandingan yang valid antar populasi yang berbeda.

Pola mengarah pada terjadinya peristiwa yang berkaitan dengan kesehatan berdasarkan karakteristik orang, tempat dan waktu. Karakteristik temporal mencakup kejadian tahunan, kejadian musiman, dan kejadian harian atau setiap jam selama epidemi. Karakteristik tempat meliputi perbedaan geografis, perbedaan perkotaan-pedesaan, serta lokasi kerja dan sekolah. Karakteristik orang mencakup faktor demografi seperti jenis kelamin, ras, usia, status perkawinan, dan status sosial ekonomi, serta pengaruh perilaku dan lingkungan. Metode karakterisasi

distribusi kondisi dan kejadian yang berkaitan dengan kesehatan ini merupakan salah satu aspek epidemiologi yang luas yang disebut epidemiologi deskriptif. Epidemiologi deskriptif memberikan gambaran tentang apa, siapa, kapan, dan di mana kejadian terkait kesehatan terjadi.

Keadaan atau peristiwa yang berhubungan dengan kesehatan

Epidemiologi juga digunakan untuk menemukan penyebab dan faktor lain yang mempengaruhi terjadinya peristiwa yang berhubungan dengan kesehatan. Epidemiologi analitik melibatkan perbandingan kelompok-kelompok yang berbeda dalam kejadian berbagai penyakit, karakteristik demografi, susunan genetik atau imunologi, perilaku, paparan lingkungan, dan faktor risiko potensial lainnya. Dalam keadaan ideal, bukti epidemiologi memberikan bukti yang cukup untuk memulai pengendalian kesehatan masyarakat dan tindakan pencegahan yang cepat dan efektif.

Awalnya, epidemiologi berkaitan dengan epidemi penyakit menular. Kemudian epidemiologi diperluas pada penyakit menular endemik dan penyakit menular tidak menular. Baru-baru ini, metode epidemiologi telah diterapkan pada penyakit kronis, cedera, cacat lahir, kesehatan ibu-anak, kesehatan kerja, dan penyakit menular. Kini, bahkan perilaku yang berhubungan dengan kesehatan dan kesejahteraan (banyak berolahraga, penggunaan sabuk pengaman, dll.) diakui sebagai subjek yang sah untuk menerapkan metode epidemiologi. Dalam pelajaran ini kita menggunakan istilah “penyakit” untuk merujuk pada berbagai keadaan atau peristiwa yang berkaitan dengan kesehatan.

Populasi tertentu

Meskipun ahli epidemiologi dan dokter menangani penyakit dan pengendaliannya dalam praktik klinis, pandangan mereka terhadap “pasien” sangat berbeda. Dokter peduli dengan kesehatan masyarakat. Epidemiologi berkaitan dengan kesehatan kolektif orang-orang di suatu komunitas atau wilayah lain. Misalnya, seorang ahli epidemiologi dan dokter mempunyai tanggungjawab yang berbeda ketika menangani pasien yang menderita diare. Meskipun sama-sama mementingkan diagnosis yang benar, dokter biasanya berfokus pada pengobatan dan perawatan individual. Para ahli epidemiologi fokus pada paparan (tindakan atau penyebab yang menimbulkan penyakit), beberapa orang yang mungkin pernah mengalami paparan serupa, kemungkinan penularan lebih lanjut di komunitas, dan intervensi untuk mencegah tambahan kasus atau terulangnya kasus.

Aplikasi

Epidemiologi lebih dari sekedar 'studi tentang' Sebagai bidang kesehatan masyarakat, epidemiologi menyediakan data untuk memandu intervensi kesehatan masyarakat. Namun, penggunaan data epidemiologi merupakan sebuah seni sekaligus ilmu pengetahuan. Lihat kembali model medis yang kami gunakan di atas: Untuk merawat pasien, dokter harus menggunakan pengalaman dan inovasi serta pengetahuan ilmiah. Seperti halnya, ahli epidemiologi menggunakan metode epidemiologi deskriptif dan analitis untuk "mendiagnosis" status kesehatan suatu komunitas, namun ketika merencanakan cara mengendalikan dan mencegah penyakit di suatu komunitas, pengalaman dan kreativitas juga harus dimanfaatkan.

SEJARAH EPIDEMIOLOGI

Untuk memahami bidang epidemiologi, pertama-tama ada gunanya meninjau beberapa sejarah dasar bidang tersebut. Masyarakat telah lama memandang epidemi penyakit dan wabah penyakit sebagai kejadian yang menakutkan. Ada keinginan untuk memiliki cara yang lebih rasional dan lengkap untuk memahami penyakit dan hasil kesehatan daripada hanya percaya bahwa penyakit hanya disebabkan oleh roh atau Tuhan. Pengamatan empiris terhadap epidemi dan penyebab kematian lainnya merupakan awal mula bidang epidemiologi. Sejarah epidemiologi telah melibatkan banyak pemain kunci yang memajukan studi penyakit dari sudut pandang supernatural ke sudut pandang berdasarkan bukti ilmiah. Dokter Yunani Hippocrates (460-377 SM) juga dikenal sebagai bapak kedokteran, dan merupakan ahli epidemiologi pertama. Dia adalah orang pertama yang meneliti hubungan antara terjadinya penyakit dan pengaruh lingkungan. Namun, pengetahuan epidemiologi berkembang perlahan selama 2000 tahun berikutnya. (Shilpi Gupta, 2017)

John Snow yang menyelidiki penyebab epidemi kolera pada abad ke-19, dikenal sebagai bapak epidemiologi (modern). Pada tahun 1849, John Snow, seorang dokter Inggris, merumuskan dan menguji hipotesis mengenai asal mula epidemi kolera di London. Berdasarkan data yang tersedia, Snow mendalilkan bahwa kolera ditularkan melalui air yang terkontaminasi melalui mekanisme yang tidak diketahui. Dia mengamati bahwa tingkat kematian akibat kolera sangat tinggi di wilayah London yang disuplai dengan air oleh Perusahaan Lambeth atau Perusahaan Southwark dan Vauxhall, keduanya mengambil air dari Sungai Thames pada titik yang sangat tercemar oleh limbah. Antara tahun 1849 dan 1854, Perusahaan Lambeth mengubah sumbernya ke daerah Sungai Thames yang airnya "cukup bebas dari limbah London". Tingkat penyakit kolera menurun di

wilayah kota yang disuplai oleh Perusahaan Lambeth, sementara tidak ada perubahan di wilayah yang menerima air dari Perusahaan Southwark dan Vauxhall. Terakhir, Snow menyimpulkan bahwa sumber wabah kolera adalah air yang terkontaminasi. Hal ini dianggap sebagai peristiwa besar dalam sejarah kesehatan masyarakat dan dianggap sebagai peristiwa pendiri ilmu epidemiologi, yang telah membantu membentuk kebijakan kesehatan masyarakat di seluruh dunia (Kebede, 2004).

Fokus epidemiologi awalnya pada penyakit menular, hingga awal abad ke-20. Fokusnya hanya pada penyakit menular dan epidemi pada pertengahan tahun 1800an. Epidemiologi mulai fokus pada penyakit menular secara keseluruhan pada pertengahan tahun 1900an. Pada pertengahan tahun 1950-an, fokus epidemiologi tidak hanya mencakup penyakit menular tetapi juga kondisi spesifik yang terkait dengannya. Pada tahun 1960-an epidemiologi mulai fokus pada undang-undang mengenai distribusi penyakit di tingkat komunitas. Menjelang akhir abad ke-20, komputer, peningkatan teknologi informasi, dan pendekatan metodologi baru mengubah bidang epidemiologi. Epidemiologi telah menjadi bidang standar ilmu klinis dan merupakan ilmu dasar kesehatan masyarakat yang paling mendasar. Pada akhir tahun 1980an, epidemiologi berfokus pada bagaimana mengendalikan atau meminimalkan masalah kesehatan dan penyakit (Shilpi Gupta, 2017).

KEGUNAAN EPIDEMIOLOGI

Epidemiologi dan informasi yang dihasilkan oleh epidemiologi metode telah digunakan dalam banyak cara. Beberapa kegunaan umum adalah dijelaskan di bawah ini: (Bhopal, 2002, 2016; Dicker et al., 2006).

Menilai kesehatan masyarakat

Pejabat kesehatan masyarakat yang bertanggung jawab atas pembuatan kebijakan, implementasi, dan evaluasi menggunakan informasi epidemiologi sebagai kerangka faktual untuk mengambil keputusan. Untuk menilai kesehatan suatu kelompok masyarakat, harus ada sumber data yang relevan diidentifikasi dan dianalisis berdasarkan orang, tempat, dan waktu (deskriptif epidemiologi).

- Apa saja permasalahan kesehatan yang aktual dan potensial di masyarakat?
- Di mana hal tersebut terjadi?
- Populasi manakah yang mempunyai risiko lebih tinggi?
- Permasalahan apa saja yang semakin berkurang seiring berjalannya waktu?
- Mana yang meningkat atau berpotensi meningkatkan?
- Bagaimana pola-pola ini berhubungan dengan tingkat dan distribusi layanan kesehatan masyarakat tersedia?

Data lebih rinci dikumpulkan, diolah dan dianalisis untuk menentukan apakah layanan kesehatan tersedia, dapat diakses, efektif dan efisien. Misalnya saja yang digunakan oleh pejabat kesehatan Masyarakat data epidemiologi dan metode untuk mengidentifikasi data dasar, untuk menetapkan Kesehatan tujuan nasional pada tahun 2000 dan 2010, dan untuk memantau kemajuannya menuju tujuan ini.

Membuat keputusan individu

Orang-orang mungkin tidak sadar bahwa mereka telah menggunakan informasi epidemiologi untuk mengambil keputusan sehari-hari yang berdampak pada kesehatan mereka. Kapan orang mengambil keputusan berhenti merokok, mencuci tangan sebelum makan, makan sayur dan buah daripada mie dengan kentang goreng, atau pemakaian kondom, mereka

mungkin terpengaruh, secara sadar atau tanpa disadari, berdasarkan penilaian risiko oleh para ahli epidemiologi. Ahli epidemiologi telah memberikan informasi yang relevan dengan semua keputusan ini. Pada pertengahan tahun 1980an, ahli epidemiologi menemukan bahwa perilaku seksual dan narkoba tertentu dikaitkan dengan peningkatan risiko infeksi HIV. Temuan-temuan ini dan temuan-temuan epidemiologi lainnya mempunyai relevansi langsung dengan keputusan sehari-hari yang diambil masyarakat yang berdampak pada derajat Kesehatan mereka.

Melengkapi gambaran klinis

Saat menyelidiki wabah penyakit, ahli epidemiologi mengandalkan hal ini penyedia layanan kesehatan dan laboratorium untuk menetapkan yang tepat diagnosis masing-masing pasien. Tapi ahli epidemiologi juga berkontribusi pada pemahaman dokter tentang gambaran klinis dan riwayat alami penyakit. Misalnya, pada akhir tahun 1989, seorang dokter melihat tiga pasien dengan eosinofilia yang tidak dapat dijelaskan (peningkatan jumlah jenis sel darah putih tertentu yang disebut eosinofil) dan mialgia (nyeri otot yang parah). Walaupun dokter tidak dapat membuat diagnosis pasti, ia memberitahu Masyarakat otoritas Kesehatan setempat. Dalam beberapa minggu, ahli epidemiologi telah mengidentifikasinya cukup banyak kasus lain untuk mengkarakterisasi spektrum dan jalannya penyakit yang kemudian dikenal sebagai sindrom eosinofilia-mialgia.

Baru-baru ini, ahli epidemiologi, dokter, dan peneliti berkeliling dunia telah berkolaborasi untuk mengkarakterisasi SARS, sebuah penyakit disebabkan oleh virus corona jenis baru yang muncul di Tiongkok akhir-akhir ini. Epidemiologi juga berperan penting dalam melakukan karakterisasi banyak penyakit non-akut, seperti berbagai kondisi terkait dengan

merokok dari paru-paru dan jantung, penyakit kanker bibir, tenggorokan, dan paru-paru.

Mencari penyebab

Penelitian-penelitian epidemiologi fokus mencari penyebab faktor yang berpengaruh terhadap risiko seseorang terkena penyakit. Idealnya, tujuannya untuk mengidentifikasi penyebabnya sehingga dapat memberikan intervensi kesehatan masyarakat yang tepat. Beberapa orang berpendapat bahwa epidemiologi tidak pernah dapat membuktikan hubungan kausal antara paparan dan penyakit karena sebagian besar epidemiologi didasarkan pada alasan ekologis. Meskipun demikian, epidemiologi seringkali memberikan informasi untuk mendukung intervensi yang efektif. Contohnya adalah melepas pegangan dari pompa Broad St. Vaksin rotavirus tahun 1999, yang ditemukan oleh para ahli epidemiologi meningkatkan risiko intususepsi, penyakit yang berpotensi mengancam jiwa, dari Survei Kolera tahun 1854 yang dilakukan John Snow di Golden Square London. Epidemiologi dan ilmu eksperimental sering kali bekerja sama untuk memberikan bukti yang diperlukan untuk menentukan sebab dan akibat. Contohnya, ahli epidemiologi dapat mengidentifikasi beberapa faktor risiko selama wabah pneumonia di antara peserta Konvensi Legiun Amerika tahun 1976 di Philadelphia. Bakteri Legionella tidak teridentifikasi di laboratorium jaringan paru-paru orang yang meninggal karena penyakit Legionnaires hingga hampir enam bulan kemudian.

TUGAS EPIDEMIOLOGI

Pada pertengahan tahun 1980an, lima tugas besar epidemiologi di masyarakat praktik kesehatan diidentifikasi: surveilans kesehatan masyarakat, lapangan investigasi, studi analitik, evaluasi, dan kemitraan. Tugas keenam yaitu

pengembangan kebijakan, baru-baru ini ditambahkan. Tugas-tugas ini dijelaskan di bawah ini: (Ahmad et al., 2018; Bailey et al., 2005; CDC, n.d.; Dicker et al., 2006; Moon et al., 2000).

Surveilans kesehatan masyarakat

Surveilans kesehatan masyarakat yaitu pengumpulan, analisis, interpretasi, dan penyebaran data kesehatan yang berkelanjutan dan sistematis untuk memandu keputusan dan tindakan kesehatan masyarakat. Pengawasan identik dengan pemantauan gerakan sosial. Tujuan surveilans kesehatan masyarakat, juga dikenal sebagai “kegiatan informasional”, yaitu untuk menggambarkan pola penyakit saat ini dan potensi penyakit agar penyelidikan, pengendalian, dan tindakan pencegahan dapat dilakukan secara efisien dan efektif. Hal ini dilakukan dengan mengumpulkan dan mengevaluasi laporan morbiditas dan mortalitas serta informasi kesehatan relevan lainnya secara sistematis, dan menyebarkan data serta interpretasinya kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pengelolaan penyakit dan pengambilan keputusan di bidang kesehatan masyarakat.

Laporan kesakitan dan kematian merupakan sumber data surveilans yang umum untuk departemen kesehatan. Laporan ini biasanya dibuat oleh penyedia layanan kesehatan, petugas pengendalian infeksi, atau laboratorium yang perlu memberi tahu departemen kesehatan tentang pasien dengan penyakit yang dapat dilaporkan seperti batuk rejan, meningitis meningokokus, atau AIDS. Sumber data terkait kesehatan lain yang digunakan untuk surveilans mencakup data dari program kesehatan masyarakat seperti laporan surveilans kasus individu dan cluster, tingkat imunisasi lokal, pencatatan penyakit, dan survei kesehatan. Pengawasan sering kali mengandalkan sistem sederhana untuk mengumpulkan informasi dalam jumlah terbatas tentang setiap insiden. Meskipun tidak semua kasus

penyakit ini dilaporkan, pejabat kesehatan secara berkala meninjau laporan kasus yang mereka terima dan mencari pola dalam laporan tersebut. Praktik-praktik ini terbukti sangat berharga dalam mengidentifikasi masalah, mengevaluasi program, dan memandu respons kesehatan masyarakat.

Surveilans kesehatan masyarakat secara tradisional berfokus pada penyakit menular, namun kini surveilans mencakup penyakit kronis, cedera, cacat lahir dan genetik, penyakit akibat kerja dan lingkungan, serta sistem kesehatan perilaku. Sejak tahun 2000an, berbagai sistem berdasarkan pelaporan elektronik telah dikembangkan, termasuk sistem pelaporan kunjungan harian unit gawat darurat, penjualan obat bebas, dan ketidakhadiran karyawan. Karena ahli epidemiologi kemungkinan besar akan ditugaskan untuk merancang dan menggunakan sistem ini dan sistem surveilans baru lainnya, kompetensi dasar ahli epidemiologi yaitu metode pengumpulan data, pengelolaan data, metode deskriptif dan grafis dan juga mencakup interpretasi data, penulisan ilmiah, dan presentasi.

Investigasi lapangan

Seperti disebutkan di atas, pengawasan memberikan informasi untuk mengambil tindakan. Satu tindakan pertama yang dihasilkan dari laporan kasus pengawasan atau Laporan klaster sedang diselidiki oleh departemen kesehatan masyarakat. Investigasi mungkin hanya sebatas panggilan telepon ke layanan Kesehatan penyedia untuk mengkonfirmasi atau mengklarifikasi keadaan kasus yang dilaporkan, atau mungkin melibatkan penyelidikan lapangan yang memerlukan upaya terkoordinasi dari lusinan orang untuk mengkarakterisasi luasnya epidemi dan mengidentifikasi penyebabnya. Tujuan dari investigasi tersebut juga bervariasi. Investigasi sering mengarah pada identifikasi tambahan yang tidak dilaporkan atau orang sakit yang tidak dikenal yang mungkin akan terus menyebar infeksi pada orang

lain. Misalnya saja salah satu ciri khasnya investigasi orang dengan penyakit menular seksual adalah identifikasi pasangan seksual atau kontak pasien. Kapan diwawancarai, banyak dari kontak ini ditemukan terinfeksi tanpa menyadarinya, dan diberikan pengobatan yang tidak mereka sadari mereka butuhkan. Identifikasi dan pengobatan kontak ini mencegah penyebaran lebih lanjut. Untuk beberapa penyakit, penyelidikan dapat mengidentifikasi sumber atau pembawanya infeksi yang dapat dikendalikan atau dihilangkan. Misalnya, penyelidikan kasus keracunan makanan akibat infeksi bakteri biasanya berfokus pada upaya mengidentifikasi sumber penularannya, seringkali minuman tapi terkadang sesuatu yang lebih tidak biasa seperti makan-makanan dari tepung.

Mengidentifikasi sumber penularan tersebut, penyelidik untuk menetapkan berapa banyak sumber lain yang mungkin terpapar dan berapa banyak yang masih berisiko. Jika produk yang tersedia secara komersial tampaknya menjadi penyebabnya, pemberitaan publik dan penarikan kembali produk untuk mencegah bertambahnya insiden lebih lanjut. Tujuan penyelidikan untuk mempelajari lebih lanjut tentang epidemiologi deskriptif, spektrum klinis dan faktor risiko penyakit sebelum menentukan metode intervensi mana yang tepat. Investigasi sebelumnya terhadap wabah SARS tahun 2003 memerlukan penetapan definisi kasus berdasarkan gejala klinis dan mengkarakterisasi populasi rentan berdasarkan waktu, tempat, dan orang. Ketika kita mempelajari lebih lanjut tentang epidemiologi penyakit ini dan bagaimana virus ini ditularkan, rekomendasi isolasi dan isolasi yang tepat akan dibuat.

Studi Analitik

Surveilans dan investigasi di tempat biasanya cukup untuk mengidentifikasi penyebab, cara penularan, serta tindakan

pengendalian dan pencegahan yang tepat. Metode-metode ini sering digunakan bersamaan dengan investigasi dan survei lapangan yang memberikan bukti dan hipotesis mengenai penyebab dan cara penularan, serta studi analitis yang menilai keandalan hipotesis tersebut. Hal ini melibatkan penghitungan proporsi dan mengidentifikasi bagian populasi yang berisiko lebih tinggi dibandingkan bagian populasi lainnya. Dalam beberapa kasus, jika hubungan antara paparan dan penyakit cukup kuat, investigasi dapat dihentikan dan pengendalian dapat segera dilaksanakan ketika epidemiologi deskriptif tidak lagi mendukung tindakan yang menyeluruh. Penelitian deskriptif, seperti studi kasus, sering kali menghasilkan hipotesis yang dapat diuji dalam penelitian analitis.

Ahli epidemiologi harus kompeten dalam semua aspek penelitian, termasuk merencanakan, melaksanakan, menganalisis, menafsirkan, dan mengkomunikasikan hasilnya. Perancangan meliputi penentuan strategi penelitian dan desain penelitian yang sesuai, pembuatan justifikasi dan protokol, penghitungan ukuran sampel, penetapan kriteria pemilihan subjek (misalnya pembuatan definisi kasus), pemilihan kelompok pembanding yang sesuai, dan kuesioner termasuk desain penelitian. Banyak penelitian epidemiologi membutuhkan teknik analisis yang lebih canggih seperti pemodelan, regresi dan analisis bertingkat. Bagaimanapun, interpretasi adalah tentang menempatkan temuan penelitian ke dalam perspektif, mengidentifikasi pesan-pesan utama, dan membuat rekomendasi yang beralasan. Untuk melakukan hal ini, ahli epidemiologi harus memiliki pengetahuan tentang topik serta kekuatan dan kelemahan penelitiannya.

Evaluasi

Para ahli epidemiologi, terbiasa memakai pendekatan sistematis dan kuantitatif, telah berperan penting dalam evaluasi

layanan kesehatan masyarakat. Evaluasi ialah proses menentukan, sesistematis dan seobjektif mungkin, efektivitas, efisiensi, relevansi, dan dampak suatu kegiatan terhadap tujuan yang telah ditentukan. Efektivitas mengarah pada kemampuan suatu program untuk mencapai hasil yang diinginkan di lapangan. Efektivitas berbeda dengan efikasi, yaitu kemampuan menghasilkan hasil dalam kondisi ideal. Efisiensi mengarah pada kemampuan suatu program untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan konsumsi waktu dan sumber daya yang minimal. Evaluasi juga dapat berfokus pada perencanaan, pelaksanaan atau proses, dampak, hasil, atau kombinasi dari hal-hal tersebut. Misalnya, evaluasi program vaksinasi dapat menilai dampak aktual program terhadap efisiensi operasional, proporsi populasi sasaran yang menerima vaksinasi, dan penyakit yang dapat dicegah dengan vaksin. Pada evaluasi sistem surveilans juga dapat mempertimbangkan pengoperasian dan karakteristik sistem, kemampuan mendeteksi kasus dan wabah, serta kemudahan penggunaannya.

Kemitraan

Ahli epidemiologi yang bekerja dibidang kesehatan masyarakat jarang menjalani tindakan karantina. Faktanya, epidemiologi lapangan sering disebut sebagai “olahraga tim”. Ahli epidemiologi biasanya berpartisipasi dalam penyelidikan sebagai anggota atau pemimpin tim interdisipliner. Anggota tim lainnya termasuk personel laboratorium, kebersihan, dan pengendalian infeksi, perawat, staf klinis lainnya, dan semakin banyak spesialis informasi komputer. Karena banyak epidemi melintasi batas-batas geografis atau yurisdiksi, kolaborator mungkin berasal dari pemerintah tingkat lokal, regional, atau global, institusi akademis, lingkungan klinis, atau sektor swasta, dan ahli epidemiologi mungkin Hubungan dengan institusi dan personel lembaga perlu dikelola. Mekanisme untuk memelihara

hubungan tersebut mencakup nota kesepahaman formal, penerbitan atau berbagi informasi secara online dengan otoritas kesehatan masyarakat dan mitra eksternal, dan jaringan informal yang dilakukan pada pertemuan para ahli.

Pengembangan kebijakan

Beberapa ahli epidemiologi yang berorientasi akademis berpendapat bahwa ahli epidemiologi harus membatasi diri pada penelitian dan tidak berpartisipasi dalam mengembangkan kebijakan atau memberikan rekomendasi. Tentu saja ahli epidemiologi yang memahami permasalahan dan semacamnya. Masyarakat yang mengalami hal ini seringkali mempunyai posisi yang unik untuk memberikan saran intervensi yang tepat. Sebagai seorang ahli epidemiologi yang bekerja di bidang kesehatan masyarakat, beliau secara rutin memberikan pendapat, pernyataan, dan saran tentang strategi pengendalian penyakit, peraturan suatu penyakit yang harus diinformasikan, dan kebijakan kesehatan.

KESIMPULAN

Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari distribusi dan faktor penentu keadaan atau kejadian yang berhubungan dengan kesehatan pada populasi tertentu, dan penerapan ilmu ini untuk mengendalikan masalah Kesehatan. Hippocrates (460-377 SM) juga dikenal sebagai bapak kedokteran, dan merupakan ahli epidemiologi pertama. John Snow yang menyelidiki penyebab epidemi kolera pada abad ke-19, dikenal sebagai bapak epidemiologi (modern). Kegunaan epidemiologi untuk menilai kesehatan masyarakat, membuat keputusan, melengkapi gambaran klinis, dan mencari penyebab penyakit. Enam tugas epidemiologi pada praktik kesehatan masyarakat yaitu: surveilans kesehatan masyarakat, investigasi lapangan, studi analitik, evaluasi, dan kemitraan serta pengembangan kebijakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Isworo, A., & Indriani, C. (2018). Kejadian luar biasa keracunan “cumi-cumian” di sekolah dasar negeri 1 Trasan Bandongan Kabupaten Magelang. *Media Ilmu Kesehatan*, 7(2), 131–136.
- Bailey, L., Vardulaki, K., Langham, J., & Chandramohan, D. (2005). *Introduction to Epidemiology*. www.openup.co.ukCoverdesignHybertDesign•www.hybertdesign.com
- Berkman, L. F., & Macintyre, S. (1997). Chapter 14: The measurement of social class in health studies: old measures and new formulations. *Social Inequalities and Cancer Edited by M. Kogevinas, N. Pearce, M. Susser and P. Boffetta*. Lyon: IARC, 51–64.
- Bhopal, R. S. (2002). *Concepts of Epidemiology: An integrated introduction to the ideas, theories, principles and methods of epidemiology*.
- Bhopal, R. S. (2016). *Concepts of epidemiology: integrating the ideas, theories, principles, and methods of epidemiology*. Oxford University Press.
- CDC. (n.d.). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice, 3rd Edition*.
- Dicker, R. C., Coronado, F., Koo, D., & Parrish, R. G. (2006). *Principles of epidemiology in public health practice; an introduction to applied epidemiology and biostatistics*.
- Frérot, M., Lefebvre, A., Aho, S., Callier, P., Astruc, K., & Aho Glélé, L. S. (2018). What is epidemiology? Changing definitions of epidemiology 1978-2017. *PloS One*, 13(12), e0208442.
- Friedman, G. D., & Steinberg, B. (1994). *Primer of epidemiology*. McGraw-Hill New York:
- Gordis, L. (2013). *Epidemiology e-book*. Elsevier Health Sciences.

- Kasim, K. (2012). Basic Concepts of Modern Epidemiology. *Epidemiology and Research*, 2012.
- Kebede, Y. (2004). *Epidemiology*.
- Last, J. M. (1993). Dictionary of epidemiology. *CMAJ: Canadian Medical Association Journal*, 149(4), 400.
- Moon, G., Gould, M. I., Brown, T., & Jones, K. (2000). *Epidemiology: An Introduction*.
<https://www.researchgate.net/publication/236671039>
- Olsen, J., Christensen, K., Murray, J., & Ekbohm, A. (2010). *An introduction to epidemiology for health professionals*. Springer.
- Shilpi Gupta. (2017). General Concepts of Epidemiology. In Meenal Dhall (Ed.), *Human growth, development and nutrition*. Department of Anthropology, University of Delhi.

BAB 2

KONSEP PENYEBAB PENYAKIT

Ainum Jhariah Hidayah
STIKes Raflesia, Depok
E-mail : ainumjhidayah@gmail.com

PENDAHULUAN

Salah satu manfaat dari studi epidemiologi dan pendekatan metode epidemiologi adalah untuk mengidentifikasi penyebab penyakit atau masalah kesehatan dan mengkonfirmasi faktor-faktor penyebab penyakit. Penyakit pada manusia tidak terjadi begitu saja, penyakit merupakan hasil dari interaksi antara orang, agen penyakit atau pembawa penyakit, dan lingkungan (Woodward, 2014). Hampir sebagian besar penyakit disebabkan karena interaksi genetik dan faktor lingkungan, walaupun setiap penyakit memiliki faktor penyebab yang berbeda-beda. Studi epidemiologi digunakan untuk mengetahui dan menjabarkan faktor-faktor penyebab penyakit berdasarkan orang, waktu dan tempat (Timmreck, 2005). Melalui penjabaran faktor-faktor penyebab penyakit, maka diharapkan kita dapat mencegah penyakit dengan tepat.

Dalam memudahkan kita memahami konsep penyebab penyakit secara alamiah maka dibuat model penyebab penyakit, walaupun dalam epidemiologi kita menggunakan epidemiologi analitik untuk mengetahui dan mencari penyebab penyakit. Namun, hal ini belum tentu menjawab dengan jelas mana faktor penyebab penyakit, karena tidak semua hubungan antara paparan dan penyakit bersifat sebab-akibat. Konsep penting dalam epidemiologi menyatakan bahwa penyakit dan masalah-masalah kesehatan tidak terjadi serta merta pada populasi, tetapi terjadi karena beberapa faktor risiko yang ada pada populasi

tertentu. Adanya faktor risiko pada suatu populasi tertentu membuat populasi tersebut lebih berpeluang memiliki risiko yang lebih besar untuk mendapatkan penyakit atau masalah kesehatan.

Salah satu tujuan dari studi epidemiologi adalah membantu pencegahan dan pengendalian penyakit. Pencegahan dan pengendalian penyakit yang efektif bergantung pada bagaimana kita memahami penyebab penyakit tersebut, sehingga program dan langkah-langkah yang diambil bisa tepat sasaran (Rothman, Kenneth, & Timothy, 2008). Hasil dari studi epidemiologi dapat menjadi dasar penilaian kausalitas penyakit dengan syarat perlu digabungkan dan didukung dengan data klinis, patologi dan eskperimental. Hasil investigasi dari studi epidemiologi harus dipertimbangkan untuk menentukan apakah benar ada hubungan sebab-akibat atau signifikansi kausal antara agen dan penyakit. Menilai signifikansi kausal dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa kriteria, yakni (1) perlu menilai konsistensi hubungan antar studi, (2) perlu menilai kekuatan hubungan (asosiasi), (3) perlu menilai kekhususan hubungan, (4) perlu membangun hubungan temporal yang tepat dan (5) perlu memperhatikan koherensi hubungan (Gerstman, 2013).

DEFINISI PENYEBAB PENYAKIT

Dalam epidemiologi, penyebab penyakit merupakan sebuah faktor (karakteristik, perilaku, kejadian dan lainnya) yang dapat mempengaruhi terjadinya penyakit, apabila terjadinya peningkatan pada faktor maka terjadi pula peningkatan penyakit. Apabila sebuah penyakit tidak berkembang karena faktor tersebut, maka faktor tersebut disebut dengan faktor penyebab yang perlu. Namun, jika sebuah penyakit selalu disebabkan oleh adanya faktor tersebut, maka faktor penyebabnya disebut dengan faktor yang cukup.

Faktor penyebab adalah suatu event, tindakan, kondisi atau status alamiah yang baik sendiri ataupun secara bersama-sama dapat memungkinkan terjadinya akibat. Misalnya paparan *Mycobacterium Tuberculosis* diperlukan agar penyakit tuberkulosis dapat berkembang, namun hal ini tidak cukup karena tidak semua orang yang terinfeksi akan terserang penyakit. Berbeda dengan virus rabies, hampir semua kasus gigitan hewan yang menyebabkan paparan virus rabies pada orang akan menyebabkan kematian.

Secara umum sebab akan selalu mendahului akibat, sebab adalah sesuatu yang menimbulkan akibat atau membawa hasil. Sebuah akibat tidak akan ada sebelum adanya sebab, jika dirunut berdasarkan urutan waktu, maka yang lebih duluan akan muncul adalah sebab, lalu kemudian diikuti oleh akibat. Seseorang tidak akan menderita penyakit Tuberkulosis tanpa adanya sebab terlebih dahulu yakni terpapar bakteri Tuberkulosis dan faktor risiko lainnya.

Pada populasi tertentu, peningkatan faktor penyebab pasti akan berbanding lurus dengan kejadian penyakit di populasi tersebut. Apabila faktor penyebab dihilangkan atau dikurangi, maka frekuensi penyakit ataupun tingkat keparahan penyakit akan menurun. Hampir semua penyakit mempunyai penyebab multifaktor, kombinasi faktor-faktor penyebab diperlukan untuk menghasilkan akibat. Dalam penyebab multifaktor, dikenal istilah faktor predisposisi, faktor pemungkin (*enabling factors*), faktor pencetus (*precipitating factors*). Pemahaman terhadap faktor-faktor penyebab penyakit ini dapat membantu dalam membuat desain strategi pencegahan penyakit (White, 2020).

MODEL PENYEBAB PENYAKIT

Model penyebab penyakit dikembangkan dalam beberapa bentuk dan teori sejak zaman prasejarah sampai zaman modern. Pada zaman prasejarah meningkatnya kasus disentri pada

penduduk di sungai Nil dipercaya karena adanya perubahan aliran sungai Nil yang disebabkan oleh kekuatan supranatural. Teori ini kemudian berkembang seiring perkembangan ilmu pengetahuan sampai pada muncul konsep/model *single causation* oleh Robert Koch (1843-1910) yang dikenal dengan Teori Postulate Koch (Gordis, 2014).

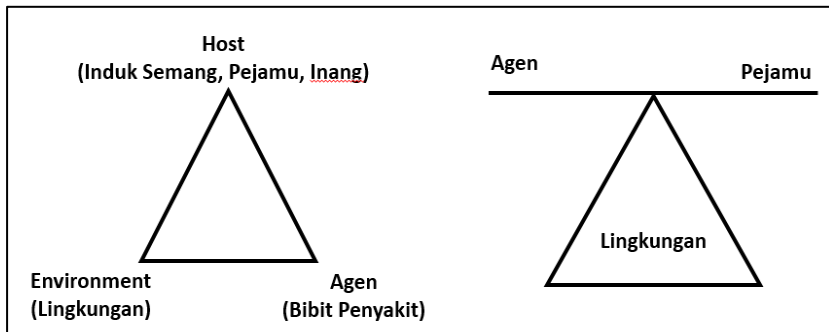
Teori Postulate Koch menyebutkan bahwa kuman harus ada pada setiap kasus penyakit dan dapat dibuktikan dengan kultur, kuman tersebut merupakan agen penyebab suatu penyakit tertentu dan apabila diujicobakan pada binatang percobaan, maka binatang tersebut akan menderita penyakit yang sama. Penemuan Koch menjelaskan bahwa agen penyakit bersifat *necessary*, spesifik dan konsisten (Timmreck, 2005).

Penemuan Koch ternyata memiliki kelemahan dan menimbulkan hipotesis bahwa selain faktor penyebab/kaus primer, akan ada faktor lain yang berkontribusi terhadap munculnya penyakit. Oleh karena itu, ditemukan pula konsep kejadian penyakit multikausal, dimana disebutkan bahwa penyebab penyakit adalah karena adanya interaksi lebih dari satu penyebab/kaus. Berikut adalah model penyebab penyakit berdasarkan prinsip multikausal:

a. Model Segitiga Epidemiologi (*Triad Epidemiology*)

Terdapat beberapa model yang dijabarkan para ahli untuk menggambarkan penyebab penyakit, salah satu model penyebab penyakit yang paling sederhana dan tradisional adalah model triad/segitiga epidemiologi. Triad epidemiologi merupakan model tradisional dari penyakit menular. Model ini terdiri dari agen eksternal, pejamu yang rentan dan lingkungan sebagai tempat yang mempertemukan pejamu dan agen. Satu model tidak serta merta dapat menggambarkan kejadian penyakit secara utuh, maka dikembangkan beberapa model lain untuk menggambarkan penyebab penyakit utamanya penyakit

dengan multikausal. Konsep multikausal menyebutkan bahwa pada proses kejadian penyakit akan ada kausa primer yang disebabkan oleh agent penyakit dan faktor kontribusi oleh host/pejamu dan lingkungan.



Sumber : Gerstman, 2013

Gambar 2.1. Model Triad Epidemiologi

Pada model Triad Epidemiologi digambarkan bahwa penyakit dapat terjadi karena adanya interaksi antara agen dan pejamu yang rentan dan mereka ada dalam lingkungan yang mendukung penularan atau penyebaran agen dari suatu sumber ke pejamu rentan. Setiap penyakit memiliki pola keseimbangan dan interaksi agen, pejamu dan lingkungan yang berbeda untuk dapat menghasilkan satu siklus penyakit.

Faktor Agen

Faktor agen adalah faktor yang harus ada pada sebab penyakit, agen merupakan elemen tertentu (hidup/tidak hidup) yang apabila mengalami kontak dengan pejamu yang rentan dan berada pada lingkungan yang sesuai akan membantu merangsang atau menstimulasi proses terjadinya suatu penyakit.

Faktor Pejamu (Host)

Faktor pejamu/host adalah organisme bisa manusia atau hewan yang merupakan tempat berkembangnya suatu penyakit. Faktor ini merupakan faktor intrinsik yang dapat mempengaruhi keterpaparan individu, kerentanan, dan respon terhadap agen penyebab. Contoh faktor pejamu adalah faktor biologis dan sosial.

Faktor Lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor luar/ekstrinsik yang mempengaruhi agen dan pejamu sehingga berpeluang untuk terpajan penyakit. Pada konsep ekologi, penyakit terjadi karena ketidakseimbangan antara organisme dengan alam/lingkungannya.

Tabel 2.1. Faktor Pejamu, Agen dan Lingkungan

No	Faktor	Contoh
1	Karakteristik Pejamu	<ol style="list-style-type: none">1. Umur2. Jenis Kelamin3. Suku4. Agama5. Pekerjaan6. Genetik7. Status Pernikahan8. Latar belakang keluarga9. Penyakit penyerta10. Status Imunisasi
2	Tipe Agen	<ol style="list-style-type: none">1. Biologi (Bakteri dan Virus)2. Kimia (Racun, Alkohol, Rokok)3. Fisik (Trauma, Radiasi, Api)4. Nutrisi (Kekurangan dan Kelebihan)
3	Faktor Lingkungan	<ol style="list-style-type: none">1. Suhu2. Kelembaban

3. Ketinggian
4. Kerumunan
5. Perumahan
6. Lingkungan
7. Air
8. Susu
9. Makanan
10. Radiasi
11. Polusi Udara
12. Kebisingan

Sumber : (Gordis, 2014)

Penyakit dapat menular secara langsung maupun tidak langsung. Penularan secara langsung penyakit terjadi dari orang ke orang melalui kontak langsung, sedangkan penularan secara tidak langsung terjadi melalui perantara media lain seperti udara, air, ataupun vektor (nyamuk, serangga dan lainnya). Mekanisme hubungan langsung (*direct*) artinya faktor A langsung menyebabkan penyakit B. Sedangkan hubungan tidak langsung (*indirect*) artinya Faktor A secara bertahap ataupun melalui media perantara dapat menyebabkan penyakit (Rothman, Kenneth, & Timothy, 2008).

Salah satu faktor penting dalam penularan penyakit adalah kerentanan dan kekebalan host/pejamu. Kerentanan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti genetik, karakteristik nutrisi dan imunologi, sedangkan kekebalan ditentukan oleh beberapa faktor seperti pengalaman terkena penyakit sebelumnya dengan infeksi alami dan imunisasi. Selain kerentanan dan kekebalan, faktor lain yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia adalah faktor biologis, fisik, kimia serta faktor lainnya seperti stres (Gordis, 2014).

b. Model Jaring-jaring sebab Akibat (*The Web of Causation*)

Model jaring-jaring sebab akibat menggambarkan faktor-faktor penyebab penyakit baik yang berperan langsung maupun tidak langsung terhadap terjadinya suatu penyakit. Penyebab langsung biasanya yang berhubungan dengan mekanisme patogenik dan penyebab tidak langsung biasanya berhubungan dengan faktor sosial, lingkungan, gaya hidup, dan aktifitas fisik yang mungkin menjadi pendukung terjadinya penyakit secara tidak langsung atau dari faktor eksternal.

Konsep model jaring-jaring sebab akibat menyatakan bahwa penyakit tidak disebabkan oleh "*single cause*" melainkan "*multiple cause*". Dalam setiap rangkaian komponen penyebab penyakit harus selalu ada kausa/penyebab utama. Sebagai contoh penyebab langsung (mekanisme patogen) dari penyakit jantung adalah adanya penyumbatan pada pembuluh arteri dan kematian otot jantung. Sedangkan faktor penyebab tidak langsung adalah faktor lingkungan yang dapat menyebabkan hiperlipidemia, obesitas, kurangnya aktifitas fisik, arteriosklerosis, dan pada akhirnya faktor-faktor ini berinteraksi dan berakumulasi menyebabkan penyumbatan arteri dan menjadi penyakit jantung koroner.

Pada model jaring-jaring sebab akibat terdapat 3 klasifikasi tingkatan penyebab penyakit, yakni:

1) **Tingkat Makro**

Pada tingkat makro, penyebab penyakit disebabkan oleh penyebab tidak langsung seperti faktor sosial, ekonomi, budaya dan evolusi determinan). Contohnya kejadian stunting yang tinggi pada suatu populasi disebabkan oleh faktor ekonomi masyarakat di populasi

tersebut yang rendah, sehingga berpengaruh terhadap kualitas gizi ibu hamil dan bayi.

2) **Tingkat Individu**

Pada tingkat individu, penyebab penyakit bisa disebabkan oleh masalah pribadi, perilaku dan determinan fisiologis. Misalnya kejadian obesitas pada remaja sekarang banyak disebabkan oleh perilaku konsumsi makanan berpemanis dan tinggi lemak.

3) **Tingkat Mikro**

Pada tingkat mikro, penyebab penyakit disebabkan oleh penyebab langsung pada tingkat organ, sel dan molekuler. Misalnya kanker paru-paru disebabkan oleh kerusakan organ paru-paru.

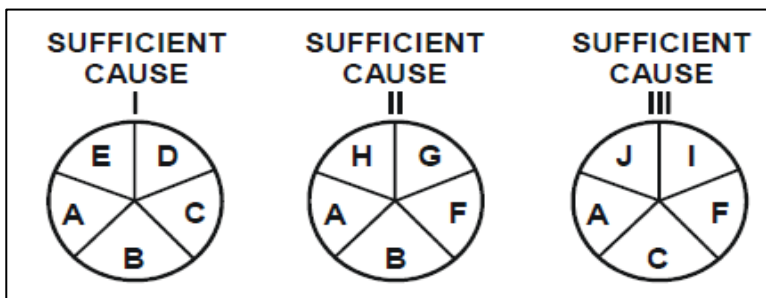
c. Model Pie

Model penyebab penyakit berdasarkan faktor lingkungan-agen-pejamu dalam beberapa kondisi tidak selalu dapat menjelaskan penyebab penyakit, terutama untuk penyakit tidak menular. Hal ini disebabkan karena penyebab penyakit tidak menular seringkali bersifat multifaktor. Salah satu model lain yang dinilai dapat menggambarkan model penyebab penyakit adalah “Model Pie”. Kebanyakan penyakit disebabkan oleh efek kumulatif dari interaksi banyak penyebab secara bersamaan.

Interaksi sebab akibat pada model ini terjadi apabila dua atau lebih faktor penyebab secara bersamaan menimbulkan suatu akibat (penyakit). Interaksi sebab akibat ini terjadi pada konsep penyebab penyakit menular maupun tidak menular. Dalam menilai hubungan sebab akibat, ada beberapa pedoman yang digunakan yakni hubungan temporal (apakah sebab mendahului akibat), plausibilitas (apakah hubungan yang ada konsisten dengan ilmu

pengetahuan yang ada), konsistensi (apakah dalam setiap penelitian terkait penyakit ini terdapat hasil yang sama), kekuatan hubungan (apakah hubungan sebab-akibat berhubungan kuat secara statistik), *dose-response relationship* (apakah ada peningkatan risiko sakit seiring dengan peningkatan *exposure*), reversibilitas (apakah eliminasi *exposure* akan menurunkan risiko sakit) dan desain studi (apakah hasil dr studi sebab akibat, berasal dari desain studi yang kuat) (Timmreck, 2005).

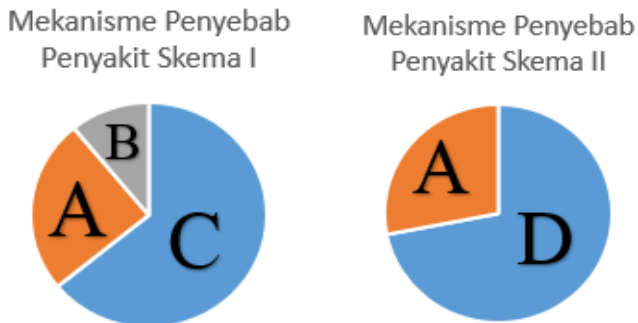
Model Pie oleh Rothman menggambarkan bahwa faktor-faktor penyebab penyakit seperti hubungan potongan-potongan kue. Jadi, sebuah kue akan terbentuk apabila setiap potongan tersusun dengan lengkap. Potongan kue dalam model ini merupakan faktor penyebab terjadinya penyakit, faktor ini bisa berupa faktor intrinsik pejamu, faktor agen dan faktor lingkungan. Gambar di bawah menunjukkan 3 skema penyebab penyakit dengan faktor yang berbeda-beda, namun ada 1 faktor yang selalu ada di setiap pie yakni faktor A. Beberapa penyakit terutama untuk penyakit menular memiliki satu faktor utama yang harus ada untuk terjadinya penyakit. Sedangkan pada umumnya untuk penyakit tidak menular, faktor-faktor penyebabnya bisa bervariasi (Rothman et al., 2008).



Sumber : (Rothman et al., 2008)

Gambar 2.2. Skema Penyebab Penyakit

Pada model pie, dijelaskan bahwa terjadinya penyakit karena beberapa faktor dan sangat jarang terjadi hanya karena satu faktor tunggal. Keberadaan beberapa faktor penyebab penyakit harus cukup untuk menjadi suatu penyakit pada tubuh manusia/pejamu. Berikut ilustrasi model pie yang menggambarkan bahwa perlu ada beberapa faktor untuk menyebabkan suatu penyakit.



Sumber : (Gerstman, 2013)

Gambar 2.3. Skema Mekanisme Penyebab Penyakit
Ket : A,B,C, dan D adalah komponen kausal/penyebab
A adalah sebuah komponen kausal/penyebab yang dibutuhkan (*necessary*)



Sumber : Diolah sendiri oleh Penulis

Gambar 2.4. Mekanisme Penyebab Penyakit TBC

Contoh virus campak tidak serta merta langsung menghasilkan penyakit campak. Harus ada pejamu yang rentan dan faktor lain dari pejamu yang mungkin dapat menyebabkan virus tersebut bermanifestasi menjadi penyakit campak. Contoh lain adalah *Pneumocystis carinii*, salah satu organisme yang sangat jarang menyebabkan penyakit pada orang yang sehat atau tanpa penyakit bawaan, namun bakteri ini dapat menyebabkan pneumonia yang sangat berbahaya bahkan mematikan pada orang yang memiliki sistem kekebalan tubuh rendah, misalnya orang dengan HIV.

Pada model Pie dijelaskan bahwa seseorang yang terkena virus yang sama, belum tentu mengalami akibat/penyakit/*outcome* yang sama, satu orang mungkin bisa mengalami flu tetapi orang lain kemungkinan tidak mengalami flu bahkan sehat-sehat saja. Setiap irisan kue pada model pie menggambarkan komponen kausal yang mempunyai peranan penting dalam mekanisme terjadinya penyakit, suatu penyakit bisa saja terjadi dari kombinasi beberapa irisan (komponen kausal) yang menyusun kue tersebut. Mekanisme sebab-akibat yang terjadi pada suatu kejadian penyakit bisa saja berbeda dari satu orang dengan orang yang lain tergantung faktor pendukungnya.

Dalam mekanisme penyebab penyakit, terdapat faktor *necessary* dan *sufficient*. ***Necessary factor*** adalah faktor yang merupakan komponen penting yang menyebabkan dan dibutuhkan untuk terjadinya penyakit, apabila komponen ini tidak ada maka penyakit tidak dapat terjadi tetapi adanya faktor ini belum tentu menimbulkan akibat/penyakit. Sesuai gambar di atas, A selalu ada pada mekanisme skema I dan II, artinya penyakit yang digambarkan tidak dapat terjadi apabila A tidak ada. Sebagai contoh, bakteri TB merupakan komponen penting penyebab penyakit TBC.

Namun, keberadaan bakteri ini pada tubuh manusia tidak cukup untuk menyebabkan gejala klinis penyakit TBC, bisajadi bakterinya dorman di dalam tubuh manusia karena kondisi kekebalan tubuh pejamunya (bisa karena sudah resisten ataupun pejamu tidak rentan terhadap TBC). Dalam menghasilkan gejala klinis atau timbulnya penyakit dibutuhkan faktor pelengkap lain. Dalam kasus TBC, faktor pelengkap terjadinya TBC misalnya alkohol, penyakit penyerta, status nutrisi, riwayat imunisasi, dan riwayat kontak dengan penderita TBC (Soares et al., 2020; Lasmono, Setyoningrum, & Boediman, 2018).

Sufficient factor adalah faktor yang bisa saja berkontribusi pada mekanisme kejadian penyakit, namun tidak selalu menjadi faktor penting terjadinya suatu penyakit, penyakit yang sama bisa timbul oleh faktor lain selain *sufficient factor*. Misalnya merokok, merokok merupakan faktor yang berkontribusi penting terhadap penyakit kanker paru-paru tetapi ada beberapa kasus kanker paru-paru terjadi pada bukan perokok. Faktor penyebab merokok lainnya seperti faktor lingkungan, paparan di tempat kerja, paparan radon, polusi udara, radiasi, pola makan dan kerentanan genetik (Kodaz, 2022).

Terdapat 4 tipe kemungkinan hubungan antara faktor dengan kejadian penyakit, yakni (1) *Necessary and Sufficient*, (2) *Necessary but not Sufficient*, (3) *Sufficient but not Necessary*, dan (4) *Neither Sufficient nor Necessary* (Gerstman, 2013). Faktor dikatakan *Necessary and Sufficient* apabila tanpa faktor tersebut tidak akan terjadi penyakit dan setiap faktor tersebut ada pada satu individu maka kemungkinan terjadinya penyakit cukup tinggi, namun kondisi ini sangat jarang terjadi.

Faktor dikatakan *Necessary but not Sufficient* karena terjadinya penyakit tidak hanya cukup dengan adanya 1

faktor melainkan membutuhkan faktor lain untuk terjadinya penyakit. Faktor ini biasanya terjadi pada penyakit kanker dengan durasi munculnya outcome/penyakit memerlukan waktu cukup panjang mulai dari fase inisiasi, periode laten sampai munculnya gejala. Faktor dikatakan *Sufficient but not Necessary* artinya masing-masing faktor ini dapat menimbulkan penyakit yang sama dan berdiri sendiri sebagai penyebab penyakit (misalnya terpapar radiasi ataupun keturunan dapat menyebabkan penyakit kanker darah), dan Faktor yang bersifat *Neither Sufficient nor Necessary* biasanya terjadi pada penyakit tidak menular dan hubungan faktor-faktornya sangat kompleks.

Dalam mencegah penyakit, kita tidak harus mengidentifikasi semua faktor penyebab penyakit secara keseluruhan, kita dapat memulai mencegah penyakit dengan fokus pada salah satu penyebab penyakit saja. Misalnya pada gambar 2.2, dengan mengeliminasi komponen B (misalnya merokok), kita dapat mencegah terjadinya penyakit kanker paru-paru pada kasus I dan II.

KESIMPULAN

Konsep penting dalam epidemiologi menyatakan bahwa penyakit dan masalah-masalah kesehatan tidak terjadi serta merta pada populasi, tetapi terjadi karena beberapa faktor risiko dan penyebab yang ada pada populasi tertentu. Pemahaman terkait konsep penyebab penyakit dan faktor risiko penyakit dibutuhkan untuk menentukan langkah pencegahan dan penanggulangan penyakit pada populasi atau kelompok masyarakat. Salah satu tujuan dari studi epidemiologi adalah membantu pencegahan dan pengendalian penyakit. Pencegahan dan pengendalian penyakit yang efektif bergantung pada bagaimana kita memahami konsep penyebab penyakit yang multikausal.

DAFTAR PUSTAKA

- Gerstman, B. (2013). *Epidemiology Kept Simple* (Third). USA: Wiley-Blackwell Publication.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology*. Elsevier. https://doi.org/10.5005/jp/books/12495_3
- kodaz, cagnur elpen. (2022). Lung Cancer Risk factors - A review article. *Eurasian Journal of Medical Advances*, 2(4), 159–162. <https://doi.org/10.14744/ejma.2022.36036>
- Lasmono, S. F., Setyoningrum, R. A., & Boediman, S. (2018). Factors associated with disseminated tuberculosis in children. *Pneumologia*, 67(4), 184–187.
- Rothman, Kenneth, J., & Timothy, L. (2008). *Modern Epidemiology* (Third). Boston: Lippincott Williams & Wilkins.
- Soares, V. M., de Almeida, I. N., Figueredo, L. J. de A., Haddad, J. P. A., de Oliveira, C. S. F., Carvalho, W. da S., & de Miranda, S. S. (2020). Factors associated with tuberculosis and multidrug-resistant tuberculosis in patients treated at a tertiary referral hospital in the state of Minas Gerais, Brazil. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 46(2), 1–8. <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20180386>
- Timmreck, T. . (2005). *Epidemiologi Suatu Pengantar*. Jakarta: EGC.
- White, F. (2020). Application of Disease Etiology and Natural History to Prevention in Primary Health Care : A Discourse, 501–513. <https://doi.org/10.1159/000508718>
- Woodward, M. (2014). *Epidemiology Study Design and Data Analysis*. New York: CRC Press Taylor & Francis Group.

BAB 3

KONSEP HOST, AGENT, DAN ENVIRONMENT

Reny Mareta Sari
Institut Ilmu Kesehatan STRADA Indonesia, Kediri
E-mail: renymareta@strada.ac.id

PENDAHULUAN

Penyakit infeksi merupakan penyakit yang diakibatkan oleh patogen atau produknya. Patogen merupakan organisme atau kuman yang dapat menginfeksi manusia atau hewan. Patogen dapat berupa virus, bakteri, fungi (jamur), atau cacing. Penyakit infeksi bisa muncul akibat adanya penularan dari orang atau hewan yang sakit atau terinfeksi dan benda-benda yang terkontaminasi pada individu yang rentan (Skowron et al., 2023; van Seventer & Hochberg, 2017). Sejumlah penyakit infeksi masih menduduki 10 penyakit tertinggi penyebab kematian di seluruh dunia (WHO, 2020a). Indikator target SDG terkait dengan penyakit infeksi meliputi HIV, Tuberkulosis (TB), malaria, hepatitis, dan *neglected tropical disease* (NTD). Pada tahun 2016, angka kematian akibat berbagai macam penyakit infeksi mencapai 4,3 juta. WHO juga menyebutkan bahwa Asia Tenggara dan Afrika memiliki risiko kematian yang lebih tinggi akibat penyakit infeksi ini (WHO, 2019).

Risiko kematian akibat penyakit infeksi bervariasi berdasarkan kelompok usia dan jenis infeksi yang dialami. Balita memiliki risiko tertinggi mengalami kematian akibat malaria sedangkan kematian tertinggi akibat HIV berada pada kelompok usia subur. Sedangkan risiko kematian akibat TB, hepatitis, dan NTD meningkat seiring bertambahnya usia (WHO, 2019). Sedangkan pada tahun 2020, tahun pertama terjadinya pandemi Covid-19 menyebabkan sekitar 4,5 juta

kematian pada tahun tersebut. Hingga saat ini, terdapat 760 juta kasus dan 6,9 juta kematian akibat Covid-19 sejak Desember 2019 di seluruh dunia. Meskipun jumlah ini cukup tinggi, angka sebenarnya diperkirakan lebih tinggi dari ini. Covid-19 sebagai salah satu penyakit infeksi memberikan dampak yang cukup besar pada kehidupan sehari-hari, system kesehatan, dan kondisi ekonomi global (Ryu et al., 2022; van Seventer & Hochberg, 2017; WHO, 2022b, 2023a).

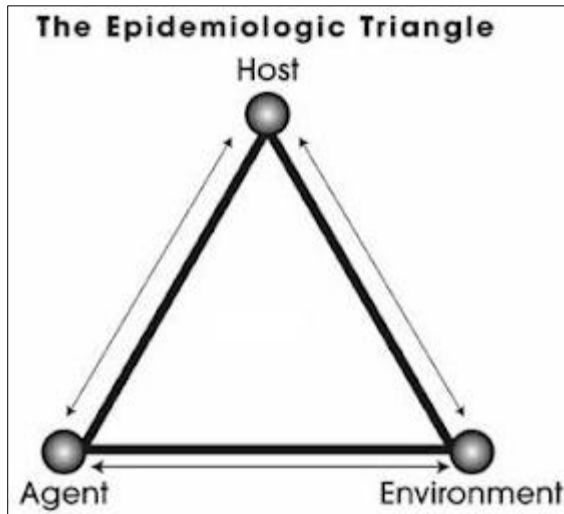
Pada akhir tahun 2022, diperkirakan terdapat 39 juta orang terinfeksi HIV dengan 1,3 juta diantaranya adalah kasus baru. Pada tahun yang sama, diperkirakan terdapat 10,6 juta orang menderita TB dan 1,3 juta diantaranya adalah anak-anak. Terkait dengan angka kematian akibat penyakit infeksi, data WHO menunjukkan bahwa sebanyak 630.000 orang meninggal akibat HIV dan 1,3 juta meninggal akibat TB. Dengan demikian, tiga penyakit infeksi penyebab kematian tertinggi adalah Covid-19, TB, dan HIV (WHO, 2023b, 2023d). Tingginya angka kejadian dan kematian yang diakibatkan, menunjukkan bahwa penyakit infeksi masih menjadi masalah kesehatan masyarakat global yang perlu mendapat perhatian. Hal ini tidak lepas dari proses terjadinya penularan dan faktor-faktor yang mempengaruhi.

Penyakit infeksi dapat ditularkan secara langsung (*direct contact*) antar individu, hubungan seksual, melalui vector, dan prenatal infection. Penularan langsung merupakan bentuk penularan dimana bakteri, virus, atau organisme lainnya ditularkan dari satu individu ke individu lain melalui sentuhan, batuk atau bersin. Penyakit infeksi yang muncul akibat hubungan seksual terjadi karena adanya pertukaran cairan tubuh. Sebagai contoh, virus HIV pada cairan tubuh akan dapat menginfeksi individu yang rentan ketika kontak dengan mukosa sehingga terjadi perpindahan virus (Anshari et al., 2022; CDC, 2021).

Penyakit infeksi yang ditularkan oleh vector disebut dengan *vector-borne disease*. Penyakit ini disebabkan oleh parasite, virus, dan bakteri yang ditularkan oleh vector. Vector merupakan organisme yang dapat menularkan pathogen infeksius dari manusia ke manusia atau dari hewan ke manusia. Sebanyak 17% dari seluruh penyakit infeksi merupakan *vector-borne disease* yang menyebabkan lebih dari tujuh ratus ribu kematian setiap tahunnya (WHO, 2020b).

Selain penularan langsung dan melalui vector, penularan penyakit infeksi juga dapat terjadi dari ibu ke bayi selama kehamilan atau melahirkan. Penularan ini juga bisa disebut sebagai *mother-to-child transmission*. Kehamilan berdampak pada perubahan fisiologi dan system imun tubuh yang menjadikan ibu hamil rentan terhadap infeksi. Infeksi yang terjadi pada ibu hamil bisa ditularkan secara vertikal pada bayi dalam kandungan melalui plasenta dimana pathogen menginfeksi janin melalui darah ibu. Infeksi selama kehamilan ini bisa berdampak pada kondisi kehamilan dan tumbuh kembang anak setelah dilahirkan (Chan & Smith, 2018; Kumar et al., 2022).

Dengan melihat banyaknya jenis penyakit infeksi dan cara penularannya, perlu digaris bawahi bahwa secara keseluruhan ditentukan oleh kerentanan individu yang berisiko tinggi untuk terinfeksi, sumber infeksi atau organisme penyebab infeksi, serta lingkungan tempat pathogen atau vektor berkembang biak. Ketiga kondisi ini disebut sebagai segitiga epidemiologi yang terdiri dari *host*, *agent*, dan *environment*. Segitiga epidemiologi menjelaskan tentang kaitan antara *host*, *agent* dan *environment* sehingga bisa menghindari terjadinya infeksi atau justru meningkatkan risiko terjadinya infeksi (John & Kompithra, 2023).



Sumber: CDC (2019)

<

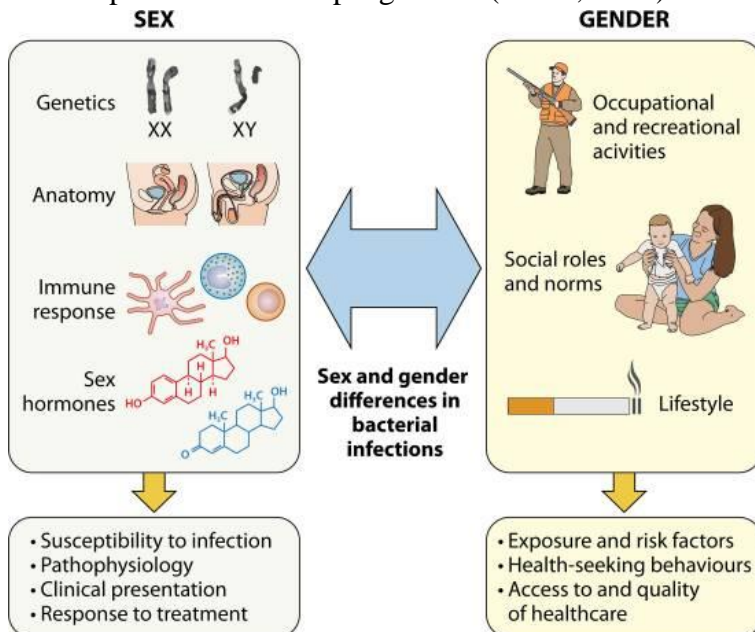
Gambar 3.1. Segitiga Epidemiologi

Segitiga epidemiologi terdiri atas tiga sudut yaitu *host*, *agent*, dan *environment*. *Host* merupakan pihak yang terinfeksi penyakit (berperan sebagai “siapa” dalam segitiga epidemiologi). *Agent* merupakan penyebab dari infeksi suatu penyakit (berperan sebagai “apa” dalam segitiga epidemiologi). *Environment* atau factor eksternal yang dapat menyebabkan terjadinya penularan (berperan sebagai “dimana” dalam segitiga epidemiologi) (CDC, 2019).

HOST

Host adalah individu yang memiliki risiko untuk terinfeksi penyakit. Terdapat sejumlah kondisi yang menjadikan seseorang rentan terinfeksi suatu penyakit yang disebut sebagai factor risiko (Casadevall & Pirofski, 2018). Faktor-faktor yang mempengaruhi kerentanan seseorang antara lain: jenis kelamin, system imun, pekerjaan atau aktifitas, usia, status gizi, dan sebagainya. Jenis kelamin berkaitan dengan kerentanan

seseorang terhadap infeksi karena factor genetic (kromosom), system imun, hormon, dan anatomi tubuh. Disamping itu, peran gender juga mempengaruhi kerentanan individu terhadap penyakit infeksi (Dias et al., 2022). Peran gender merupakan karakteristik yang dibentuk berdasarkan konstruksi social dan hal ini berdampak pada factor risiko dan pajanan terhadap infeksi dan perilaku mencari pengobatan (WHO, 2021).



Sumber: (Dias et al., 2022)

Gambar 3.2.

Interaksi antara jenis kelamin dan gender pada penyakit infeksi

Dalam hal genetic, perbedaan kerentanan antara laki-laki dan perempuan dipengaruhi oleh kromosom X yang merupakan rumah bagi sekitar 1.100 gen termasuk sejumlah gen yang mengatur fungsi kekebalan tubuh. Selain itu, jenis kelamin juga berkaitan erat dengan hormon dalam tubuh. Sebagai contoh: progesterone berperan dalam menjaga kehamilan sehingga

mengatur kerja system imun untuk mempertahankan kehamilan atau menghindari penolakan janin. Kondisi ini meningkatkan kerentanan dan tingkat keparahan sejumlah penyakit infeksi selama kehamilan (Dias et al., 2022; Robinson & Klein, 2012; Souyris et al., 2018).

Pekerjaan dan aktifitas yang berkaitan dengan gender memiliki pengaruh terhadap paparan pathogen. Kebiasaan merokok dan aktifitas/pekerjaan luar ruangan yang sebagian besar dilakukan oleh laki-laki meningkatkan risiko terjadinya infeksi pneumonia, TB, leptospirosis, dan lain-lain. Secara umum, laki-laki juga lebih rentan terhadap infeksi saluran pernapasan serta cenderung memiliki gejala yang lebih parah dan memiliki risiko kematian yang lebih tinggi dari perempuan. Laki-laki cenderung rentan pada infeksi saluran pernapasan bawah seperti pneumonia, bronchiolitis, dan abses paru. Perempuan lebih rentan pada infeksi saluran pernapasan atas seperti sinusitis, tonsilitis, dan otitis externa (Dias et al., 2022; Wagenvoort et al., 2017; WHO, 2021b).

Terlepas dari jenis kelamin seseorang, beberapa jenis pekerjaan memiliki risiko yang tinggi terhadap paparan pathogen. Tenaga kesehatan memiliki risiko terhadap infeksi karena adanya paparan terhadap pathogen infeksius melalui darah, cairan tubuh, atau alat medis atau permukaan yang terkontaminasi saat melakukan pelayanan kesehatan (Tian et al., 2022; Wu & Nilles, 2024). Leptospirosis merupakan penyakit yang berkaitan dengan pekerjaan. Pekerjaan yang berisiko tinggi terhadap penyakit ini adalah pekerjaan yang berkaitan dengan limbah (*sewage*), peternakan, pertanian, nelayan, dan orang yang bekerja di rumah potong hewan (Wada & Neela, 2021). Beberapa penyakit infeksi berkaitan erat dengan kelompok umur tertentu. Sebagai contoh, diare merupakan salah satu penyebab kematian pada anak-anak sedangkan kemungkinan reaktivasi virus herpes meningkat seiring bertambahnya usia. Dari sini

dapat disimpulkan bahwa pada usia muda, kerentanan diakibatkan oleh belum matangnya system kekebalan tubuh, sedangkan pada kelompok usia tua, kerentanan disebabkan oleh menurunnya sistem kekebalan tubuh (Casadevall & Pirofski, 2018).

Terdapat interaksi dua arah antara gizi, infeksi, dan system imun. Sistem imun akan bekerja dengan baik jika mendapatkan nutrisi yang cukup sehingga bisa menurunkan risiko terjadinya infeksi. Gizi juga memiliki peran yang penting dalam mencegah terjadinya infeksi serta menurunkan tingkat keparahan dan risiko kematian pada orang yang sedang sakit. Malnutrisi baik itu gizi kurang (*undernutrition*) maupun gizi lebih (*overnutrition*) dapat meningkatkan kerentanan terhadap penyakit infeksi, meningkatkan keparahan dari infeksi serta memperburuk status gizi seseorang. Jumlah dan jenis zat gizi yang dikonsumsi berkaitan dengan metabolisme tubuh dan system kekebalan tubuh. Pola konsumsi zat gizi yang tidak tepat berkaitan erat dengan peningkatan risiko infeksi akibat dari sistem imun yang tidak dapat bekerja secara optimal (Suardi et al., 2021; Tian et al., 2022; Wada & Neela, 2021; Wu & Nilles, 2024).

Kerentanan juga dipengaruhi oleh perilaku sehat yang dilakukan seseorang (*personal hygiene*). *Personal hygiene* merupakan sejumlah tindakan yang dilakukan seseorang untuk menjaga kesehatan dan mencegah penyebaran penyakit. *Personal hygiene* meliputi mencuci tangan dengan sabun, memotong kuku, mencuci wajah, perilaku saat batuk dan bersin, kebersihan kaki, kebersihan rambut dan kulit kepala, dan kebersihan saat menstruasi (CDC, 2022f). Mencuci tangan dengan sabun merupakan salah satu bentuk *personal hygiene* yang bisa dilakukan untuk mencegah penularan infeksi. penularan infeksi dapat terjadi ketika: (1) menyentuh mata, mulut, dan hidung tangan yang kotor; (2) menyiapkan atau makan makanan dan minuman dengan tangan yang kotor; (3)

menyentuh benda atau permukaan yang kotor (terdapat kuman); (4) menutup mulut dan hidung saat batuk dan bersin, kemudian menyentuh tangan orang lain/jabat tangan atau menyentuh benda-benda yang digunakan bersama (CDC, 2022d).

Selain mencuci tangan, kebersihan wajah dan memotong kuku juga merupakan upaya yang dilakukan untuk mencegah infeksi. Sejumlah infeksi dapat dicegah dengan atau dikendalikan dengan *personal hygiene* yang tepat atau sering mencuci wajah. *Facial hygiene* tidak hanya mencuci wajah, namun juga merawat gigi, mulut, mata, lensa kontak, dan telinga dengan tepat. Konjungtivitis menular dengan mudah sehingga penerapan cuci tangan, mencuci wajah, dan tidak menyentuh atau mengucek mata merupakan upaya penting yang bisa dilakukan untuk membatasi penularan (CDC, 2022b). Selain mencuci tangan, memotong kuku juga merupakan bentuk dari *hand hygiene*. Memotong kuku berkontribusi dalam pencegahan infeksi karena kuku jari bisa menjadi sarang kotoran dan kuman. Memotong dan membersihkan kuku jari merupakan upaya untuk mencegah infeksi kuku (*nail infection*) (CDC, 2022e).

AGENT

Agent dalam segitiga epidemiologi merupakan mikroorganisme atau patogen yang bertanggung jawab atas terjadinya infeksi. Dalam hal ini, *agent* dapat berupa virus, bakteri, jamur, maupun parasite. Virus terbentuk dari asam nukleat baik itu DNA atau RNA yang dibungkus protein. Virus tidak memiliki ribosom, mitokondria, atau organel sel yang lain sehingga virus tidak dapat berkembang biak tanpa bantuan proses metabolisme inang. Dengan demikian, virus sepenuhnya parasite karena mereka bisa mengambil alih sel untuk berreplikasi yang dalam prosesnya dapat membunuh sel inang (Taylor, 2014).

Virus

Virus dapat ditularkan dengan kontak langsung maupun tidak langsung. Kontak langsung meliputi *blood-borne transmission*, *fecal-oral transmission*, penularan melalui udara, dan vector. Kontak tidak langsung dapat terjadi jika virus pada cairan tubuh mengenai suatu benda kemudian benda tersebut dipegang oleh orang lain. Infeksi dapat terjadi jika orang tersebut menyentuh bagian tubuh yang memiliki membran mukosa seperti mata, hidung, atau mulut (Taylor, 2014). Hepatitis B, herpes, HIV, Covid-19, polio, rabies, ebola merupakan beberapa penyakit yang disebabkan oleh virus (Chappell & Dermody, 2015).

Bakteri

Bakteri merupakan organisme tertua dengan struktur paling sederhana serta memiliki jumlah terbanyak di bumi. Bakteri dapat hidup diberbagai macam tempat bahkan banyak bakteri yang bisa hidup di tempat dengan lingkungan ekstrim sekalipun. Bakteri bertanggung jawab terhadap sejumlah penyakit yang menyerang manusia antara lain tuberculosis (TB), kolera, demam tifoid, karies gigi, difteri, pneumonia, dan masih banyak lainnya. Tuberculosis, difteri, dan pneumonia dapat ditularkan melalui udara oleh orang yang terinfeksi ketika batuk, bicara, atau bersin. Kolera dan demam tifoid ditularkan melalui makanan akibat dari makanan dan minuman yang tercemar. Gonorrhoea dan Chlamydia ditularkan melalui hubungan seksual yang tidak aman. Karies gigi disebabkan oleh bakteri yang ada di plak gigi yang tidak dibersihkan oleh sikat gigi (CDC, 2022c; Gnimatin et al., 2022; Talip Al-mohanna, 2016).

Jamur/ Fungi

Human fungal disease adalah penyakit yang diakibatkan oleh jamur/fungi yang menyerang manusia. Jamur pathogen

dapat menginfeksi berbagai jaringan pada satu individu tergantung pada system kekebalan tubuh individu tersebut. Setiap tahun, lebih dari 150 juta infeksi jamur dengan kategori kasus parah di seluruh dunia dan menyebabkan 1,7 juta kematian. Meski demikian *fungus infection* masih sering terabaikan jika dibandingkan dengan penyakit infeksi lainnya (Kainz et al., 2020; Rodrigues & Nosanchuk, 2020; WHO, 2022a). secara umum, infeksi jamur ditularkan melalui kontak langsung atau jalur napas. Dermatophytic fungi menginfeksi manusia melalui kulit yang terluka dengan kontak langsung. Penularan melalui jalur napas terjadi saat seseorang menghirup spora jamur yang ada di udara (Reddy et al., 2022).

Penyakit yang diakibatkan oleh infeksi jamur, antara lain: *fungus nail infection*, *vaginal candidiasis*, *ringworm*, infeksi candida di mulut, tenggorokan, dan esofagus. Selain itu, terdapat sejumlah infeksi jamur yang berdampak pada orang yang tinggal atau bepergian ke daerah tertentu, sebagai contoh: *Blastomycosis* disebabkan oleh jamur *Blastomyces* yang hidup di tanah lembab di beberapa daerah di Amerika dan Kanada. Infeksi jamur juga dapat menyerang individu dengan system imun yang lemah, sebagai contoh: *invasive candidiasis* merupakan infeksi yang dapat menyerang darah, jantung, otak, tulangda dan bagian tubuh lainnya. Candidema merupakan infeksi aliran darah (*bloodstream infection*) yang banyak ditemukan pada pasien rawat inap (CDC, 2023b). Jamur Candida hidup dalam tubuh (mulut, tenggorokan, usus, dan vagina) dan di kulit tanpa menyebabkan masalah. Pada beberapa orang dengan risiko tinggi, Candida dapat masuk ke dalam aliran darah atau organ tubuh dan menyebabkan *invasive candidiasis*. Penurunan daya tubuh selama rawat inap pada pasien kemoterapi dapat meningkatkan risiko infeksi ini (CDC, 2020).

Parasit

Parasitic disease merupakan penyakit infeksi yang disebabkan oleh parasite seperti protozoa, cacing, dan Arthropoda yang dapat hidup di permukaan tubuh (ektoparasit) yang terdiri atas tungau, kutu busuk (*bed bug*), pinjal (*fleas*), dan kutu. Infeksi parasite banyak ditemukan di daerah yang hangat dan lembab di daerah tropis dan sub-tropis (Pereira & Santos-Gomes, 2022; Tulchinsky & Varavikova, 2014; Wang, 2017). Infeksi parasite protozoa dapat ditularkan melalui vector (*vector-borne disease*), kontaminasi makanan (*food-borne disease*), air (*water-borne disease*) sedangkan infeksi yang disebabkan oleh cacing biasanya ditularkan melalui tanah yang terkontaminasi (Bharti et al., 2018; Pereira & Santos-Gomes, 2022). Artropoda pemakan darah seperti nyamuk dan kutu dapat menjadi vector dari virus yang dapat menginfeksi manusia dan hewan. Sebagai contoh nyamuk merupakan vector dari virus dengue yang dapat menyebabkan demam berdarah dengue pada manusia. Scabies disebabkan oleh infestasi kulit oleh tungau. Infestasi kulit terjadi akibat factor eksternal seperti tungau yang menyerang kulit sehingga menyebabkan masalah seperti iritasi bahkan rasa sakit (CDC, 2023a; Koenraad, 2019; Perveen et al., 2023; WHO, 2023c).

ENVIRONMENT

Environment merupakan lingkungan eksternal yang dapat berpengaruh terhadap terjadinya infeksi. Pada segitiga epidemiologi, infeksi atau penyakit timbul akibat adanya interaksi antara pathogen (*agent*) dan individu yang rentan (*host*) pada lingkungan yang mendukung penularan (*environment*). Jika pathogen merupakan penyebab utama penyakit infeksi, maka lingkungan memiliki peran penting dalam menentukan kondisi dimana pathogen tersebut dapat ditularkan dan membahayakan seseorang. Sebagai contoh, suhu,

kelembaban, kualitas lingkungan, dan dinamika social berpengaruh memungkinkan seseorang untuk terpapar *agent* infeksius. Selain itu, paparan terhadap polutan dapat memperburuk keparahan seseorang yang sudah terinfeksi (Thévenon et al., 2021).

Dengan demikian, sangat penting menciptakan lingkungan sehat dengan tujuan menurunkan risiko terjadinya paparan dari *agent* infeksius. WHO menyebutkan bahwa lingkungan yang sehat dapat mencegah seperempat beban penyakit di seluruh dunia. Kualitas air, sanitasi, kualitas udara, iklim, penggunaan bahan kimia, radiasi, dan tempat kerja yang sehat dan aman merupakan faktor yang berpengaruh terjadinya transmisi penyakit infeksi (WHO, 2024b). Kualitas air memiliki peran yang besar pada penularan penyakit infeksi. *Unsafe water* merupakan air yang terkontaminasi kuman, parasite, atau bahan kimia beracun. Kontaminan dalam tersebut memasuki sumber air dari berbagai sumber termasuk limbah domestic, kotoran manusia atau hewan, pestisida, dan bahan kimia lain. Air yang terkontaminasi dan sanitasi yang buruk berhubungan erat dengan penularan penyakit kolera, *thypoid*, dan polio (CDC, 2022a).

Diare merupakan salah satu penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri, virus, atau organisme parasit yang banyak menyerang anak balita. Faktor risiko dari diare sendiri adalah status gizi, *unsafe water*, dan *unsafe sanitation*. Kuman penyebab diare biasanya disebarkan melalui makanan dan air yang telah terkontaminasi. Kontaminasi terjadi akibat kondisi sanitasi yang tidak memadai, kurangnya perlindungan terhadap sumber air dan makanan, serta buruknya *personal hygiene* (CDC, 2022a; WHO, 2024a). WHO menyebutkan bahwa air minum yang aman (*water*), sanitasi dan hygiene (WASH) memegang peranan penting dalam mencegah sejumlah penyakit infeksi seperti *trachoma*, *soil-transmitted helminths* dan

schistosomiasis. Kematian akibat diare merupakan akibat dari WASH yang tidak memadai (WHO, 2023e).

Selain kualitas air dan sanitasi, perubahan iklim juga memegang peranan penting dalam mempengaruhi terjadinya penyakit. Perubahan iklim mempengaruhi kualitas udara yang selanjutnya dapat berdampak pada kesehatan pernapasan terutama di daerah perkotaan (urban). Daerah perkotaan merupakan area yang rentan terkena dampak dari perubahan iklim karena kepadatan populasi, infrastruktur yang kompleks, terbatasnya ruang terbuka hijau, dan fenomena *urban heat island*. *Urban heat island* adalah fenomena dimana daerah perkotaan mengalami suhu ekstrim dibandingkan daerah sekitarnya. Selain itu, kualitas udara, sumber air, infrastruktur, kebutuhan energi, dan perbedaan kondisi social ekonomi merupakan dampak utama dari perubahan iklim (Chang et al., 2023). Dampak perubahan iklim terhadap kualitas udara termasuk polusi udara. Terdapat hubungan yang kuat antara paparan polusi udara terhadap infeksi virus saluran napas. Paparan dari udara yang terkontaminasi dipercaya mampu mempengaruhi system pernapasan, inflamasi, system kekebalan tubuh, dan meningkatkan kerentanan infeksi virus (Loaiza-Ceballos et al., 2022).

Sistem kekebalan tubuh juga dipengaruhi oleh paparan dari bahan kimia beracun yang ada di lingkungan. Paparan bahan kimia berbahaya dapat ditemukan di makanan, rokok dan produk serupa, serta produk untuk kegiatan sehari-hari. Paparan bahan kimia beracun dapat menghambat respon antigen normal, menyebabkan disregulasi limfosit, mengganggu fungsi imun, dan menurunkan *immune barrier* (Kharrazian, 2021; Sturla & Wang, 2023).

Paparan bahan kimia beracun juga dapat ditemukan di tempat kerja. Setiap tahun, lebih dari satu milyar pekerja terpapar zat berbahaya termasuk polutan, debu, uap, dan asap di

tempat kerja. Paparan zat berbahaya menimbulkan kematian akibat dari penyakit mematikan, kanker, keracunan, atau luka berat akibat kebakaran atau ledakan. Berikut merupakan paparan kimia yang menjadi prioritas antara lain: asbestos, silika, logam berat, pelarut (*solvents*), pewarna (*dyes*), *manufactured nanomaterials* (MNMs), *perfluorinated chemicals* (PFAS), *endocrine disrupting chemicals* (EDCs), pestisida, dan polusi udara di tempat kerja (ILO, 2021).

Hampir seluruh zat berbahaya merupakan bahan karsinogenik. Logam berat seperti timbal menyebabkan kanker dan penyakit kardiovaskular serta bersifat *neuro toxicity*. Merkuri tidak hanya bersifat *neuro toxicity*, namun juga *immune toxicity*, *nephrotoxicity*, dan *reproductive toxicity*. Paparan pestisida meningkatkan risiko terjadinya keracunan, kanker dan gangguan endokrin. Disamping itu pestisida juga bersifat *neurotoxicity* dan *reproductive toxicity*. Paparan silika meningkatkan risiko terjadinya kanker paru dan silicosis dimana silicosis meningkatkan risiko terjadinya infeksi tuberculosis (ILO, 2021; Lanzafame & Vento, 2021).

KESIMPULAN

Segitiga epidemiologi yang terdiri atas *host*, *agent*, dan *environment* menjelaskan tentang penyebab terjadinya penyakit infeksi. Segitiga epidemiologi merupakan hubungan mendasar tentang bagaimana kerentanan individu, *agent* penyebab penyakit dan lingkungan tempat *agent* dan *host* berada bisa meningkatkan terjadinya infeksi. dengan demikian, untuk mencegah terjadinya infeksi diperlukan pengendalian dari masing-masing komponen segitiga epidemiologi. Sejumlah upaya yang perlu dilakukan untuk menurunkan kerentanan atau risiko individu terinfeksi adalah dengan meningkatkan system kekebalan tubuh, menghindari aktifitas dan hal yang dapat meningkatkan risiko. Upaya lain yang bisa dilakukan adalah

menjaga kondisi lingkungan tetap sehat dan aman untuk menghambat perkembang biakan agent penyebab penyakit. Kualitas air, sanitasi, dan *personal hygiene* merupakan hal mendasar yang bisa dilakukan seseorang untuk mencegah terjadinya infeksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bharti, B., Bharti, S., & Khurana, S. (2018). Worm Infestation: Diagnosis, Treatment and Prevention. *The Indian Journal of Pediatrics*, 85(11), 1017–1024. <https://doi.org/10.1007/s12098-017-2505-z>
- Casadevall, A., & Pirofski, L. (2018). What Is a Host? Attributes of Individual Susceptibility. *Infection and Immunity*, 86(2). <https://doi.org/10.1128/IAI.00636-17>
- CDC. (2019). *Lesson 1 Understanding the Epidemiologic Triangle through Infectious Disease Section Diseases*. https://www.cdc.gov/healthyschools/bam/teachers/documents/epi_1_triangle.pdf
- CDC. (2020). *Invasive Candidiasis*. <https://www.cdc.gov/fungal/diseases/candidiasis/invasive/index.html>
- CDC. (2022a). *Disease Impact of Unsafe Water*. <https://www.cdc.gov/healthywater/global/disease-impact-of-unsafe-water.html#:~:text=Harmful%20germs%2C%20parasites%2C%20and%20chemicals%20can%20get%20in,of%20diseases%20such%20as%20cholera%2C%20typhoid%2C%20and%20polio.>
- CDC. (2022b). *Facial Cleanliness*. <https://www.cdc.gov/hygiene/personal-hygiene/face.html>
- CDC. (2022c). *How TB Spreads*. <https://www.cdc.gov/tb/topic/basics/howtbspreads.htm>

- CDC. (2022d). *Keeping Hands Clean*.
<https://www.cdc.gov/hygiene/personal-hygiene/hands.html>
- CDC. (2022e). *Nail Hygiene*.
<https://www.cdc.gov/hygiene/personal-hygiene/nails.html>
- CDC. (2022f). *Personal Hygiene*.
<https://www.cdc.gov/hygiene/personal-hygiene/index.html>
- CDC. (2023a). *Parasites - Scabies*.
<https://www.cdc.gov/parasites/scabies/index.html>
- CDC. (2023b). *Types of Fungal Diseases*.
<https://www.cdc.gov/fungal/diseases/index.html>
- Chan, M. Y., & Smith, M. A. (2018). Infections in Pregnancy. In *Comprehensive Toxicology* (pp. 232–249). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.64293-9>
- Chang, J.-H., Lee, Y.-L., Chang, L.-T., Chang, T.-Y., Hsiao, T.-C., Chung, K. F., Ho, K. F., Kuo, H.-P., Lee, K.-Y., Chuang, K.-J., & Chuang, H.-C. (2023). Climate change, air quality, and respiratory health: a focus on particle deposition in the lungs. *Annals of Medicine*, 55(2).
<https://doi.org/10.1080/07853890.2023.2264881>
- Chappell, J. D., & Dermody, T. S. (2015). Biology of Viruses and Viral Diseases. In *Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases* (pp. 1681-1693.e4). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-4801-3.00134-X>
- Dias, S. P., Brouwer, M. C., & van de Beek, D. (2022). Sex and Gender Differences in Bacterial Infections. *Infection and Immunity*, 90(10). <https://doi.org/10.1128/iai.00283-22>
- Gnimatin, J. P., Weyori, E. W., Agossou, S. M., & Adokiya, M. N. (2022). Bacterial infections epidemiology and factors associated with multidrug resistance in the northern region of Ghana. *Scientific Reports*, 12(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-26547-7>

- ILO. (2021). *International Labour Organization X Exposure to hazardous chemicals at work and resulting health impacts: A global review*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/--lab_admin/documents/publication/wcms_795460.pdf
- John, Tj., & Kompithra, R. (2023). Eco-epidemiology triad to explain infectious diseases. *Indian Journal of Medical Research*, 0(0), 0. https://doi.org/10.4103/ijmr.ijmr_3031_21
- Kainz, K., Bauer, M. A., Madeo, F., & Carmona-Gutierrez, D. (2020). Fungal infections in humans: the silent crisis. *Microbial Cell*, 7(6), 143–145. <https://doi.org/10.15698/mic2020.06.718>
- Kharrazian, D. (2021). Exposure to Environmental Toxins and Autoimmune Conditions. In *Integrative Medicine* • (Vol. 20, Issue 2).
- Koenraadt, C. J. M. (2019). Arthropods and infectious diseases. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(12), 1298. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(19\)30639-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(19)30639-5)
- Kumar, M., Saadaoui, M., & Al Khodor, S. (2022). Infections and Pregnancy: Effects on Maternal and Child Health. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.873253>
- Lanzafame, M., & Vento, S. (2021). Mini-review: Silico-tuberculosis. *Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases*, 23, 100218. <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2021.100218>
- Loaiza-Ceballos, M. C., Marin-Palma, D., Zapata, W., & Hernandez, J. C. (2022). Viral respiratory infections and air pollutants. In *Air Quality, Atmosphere and Health* (Vol. 15, Issue 1, pp. 105–114). Springer Science and Business Media B.V. <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01088-6>

- Pereira, M. A., & Santos-Gomes, G. (2022). Parasitic Infection and Immunity-A Special Biomedicines Issue. *Biomedicines*, *10*(10). <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102547>
- Perveen, N., Muhammad, K., Muzaffar, S. Bin, Zaheer, T., Munawar, N., Gajic, B., Sparagano, O. A., Kishore, U., & Willingham, A. L. (2023). Host-pathogen interaction in arthropod vectors: Lessons from viral infections. *Frontiers in Immunology*, *14*. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1061899>
- Reddy, G. K. K., Padmavathi, A. R., & Nancharaiah, Y. V. (2022). Fungal infections: Pathogenesis, antifungals and alternate treatment approaches. *Current Research in Microbial Sciences*, *3*, 100137. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100137>
- Robinson, D. P., & Klein, S. L. (2012). Pregnancy and pregnancy-associated hormones alter immune responses and disease pathogenesis. *Hormones and Behavior*, *62*(3), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.02.023>
- Rodrigues, M. L., & Nosanchuk, J. D. (2020). Fungal diseases as neglected pathogens: A wake-up call to public health officials. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *14*(2), e0007964. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007964>
- Ryu, S., Chun, J. Y., Lee, S., Yoo, D., Kim, Y., Ali, S. T., & Chun, B. C. (2022). Epidemiology and Transmission Dynamics of Infectious Diseases and Control Measures. *Viruses*, *14*(11), 2510. <https://doi.org/10.3390/v14112510>
- Skowron, K., Grudlewska-Buda, K., & Khamesipour, F. (2023). Zoonoses and emerging pathogens. *BMC Microbiology*, *23*(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02984-w>
- Souyris, M., Cenac, C., Azar, P., Daviaud, D., Canivet, A., Grunenwald, S., Pienkowski, C., Chaumeil, J., Mejía, J. E., & Guéry, J.-C. (2018). TLR7 escapes X chromosome

- inactivation in immune cells. *Science Immunology*, 3(19).
<https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aap8855>
- Sturla, S. J., & Wang, Y. (2023). Chemical Exposures and Impact on Health. *Chemical Research in Toxicology*, 36(1), 1–2. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.2c00394>
- Suardi, C., Cazzaniga, E., Graci, S., Dongo, D., & Palestini, P. (2021). Link between Viral Infections, Immune System, Inflammation and Diet. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2455. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052455>
- Talip Al-mohanna, M. (2016). *Bacterial introduction*. <https://www.researchgate.net/publication/315948104>
- Taylor, M. W. (2014). What Is a Virus? In *Viruses and Man: A History of Interactions* (pp. 23–40). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07758-1_2
- Thévenon, A., Liao, J., Bremer, A., & Johnson, A. F. (2021). *Pivotal Interfaces of Environmental Health and Infectious Disease Research to Inform Responses to Outbreaks, Epidemics, and Pandemics* (A. F. Johnson, A. Bremer, J. Liao, & A. Thévenon, Eds.). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26270>
- Tian, C., Lovrics, O., Vaisman, A., Chin, K. J., Tomlinson, G., Lee, Y., Englesakis, M., Parotto, M., & Singh, M. (2022). Risk factors and protective measures for healthcare worker infection during highly infectious viral respiratory epidemics: A systematic review and meta-analysis. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 43(5), 639–650. <https://doi.org/10.1017/ice.2021.18>
- Tulchinsky, T. H., & Varavikova, E. A. (2014). Communicable Diseases. In *The New Public Health* (pp. 149–236). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415766-8.00004-5>

- van Seventer, J. M., & Hochberg, N. S. (2017). Principles of Infectious Diseases: Transmission, Diagnosis, Prevention, and Control. In *International Encyclopedia of Public Health* (pp. 22–39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.00516-6>
- Wada, S. A., & Neela, V. K. (2021). *Systematic Review on Socioeconomic and Environmental Factors of Leptospirosis*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1106071/v1>
- Wagenvoort, G. H. J., Sanders, E. A. M., Vlamincx, B. J., de Melker, H. E., van der Ende, A., & Knol, M. J. (2017). Sex differences in invasive pneumococcal disease and the impact of pneumococcal conjugate vaccination in the Netherlands, 2004 to 2015. *Eurosurveillance*, 22(10). <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.10.30481>
- Wang, Y. (2017). Introduction to Parasitic Disease. In *Radiology of Parasitic Diseases* (pp. 3–3). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-024-0911-6_1
- WHO. (2019). *World Health Statistics 2019*.
- WHO. (2020a). *The top 10 causes of death*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- WHO. (2020b, March 2). *Vector-borne diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- WHO. (2021a). *Gender and Health*. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/gender-and-health>
- WHO. (2021b). *Global Tuberculosis Report 2021*.
- WHO. (2022a). *WHO releases first-ever list of health-threatening fungi*. <https://www.who.int/news/item/25-10-2022-who-releases-first-ever-list-of-health-threatening-fungi>

- WHO. (2022b). *World Health Statistics 2022*.
<https://www.who.int/news/item/20-05-2022-world-health-statistics-2022>
- WHO. (2023a). *Coronavirus disease (COVID-19)*.
[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/coronavirus-disease-(covid-19))
- WHO. (2023b). *HIV and AIDS*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hiv-aids>
- WHO. (2023c). *Scabies*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/scabies>
- WHO. (2023d). *Tuberculosis*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>
- WHO. (2023e). *Water, sanitation and hygiene (WASH)*.
https://www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1
- WHO. (2024a). *Diarrhoeal disease*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>
- WHO. (2024b). *Environmental health*.
https://www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_2
- Wu, H., & Nilles, E. (2024). *Health Care Workers, Including Public Health Researchers & Medical Laboratorians*. Centers for Disease Control and Prevention.
<https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/work-and-other-reasons/health-care-workers>

BAB 4

RIWAYAT ALAMIAH PENYAKIT DAN TINGKAT PENCEGAHAN

Jusniar Rusliafa

Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Halu Oleo, Kendari

E-mail : Jusniar.rusliafa@uho.ac.id

PENDAHULUAN

Berbagai macam masalah penyakit dapat muncul dikarenakan adanya beberapa faktor yang kompleks. Dimana riwayat alamiah penyakit digunakan untuk mengkaji bagaimana penyakit mulai timbul juga cara penyebarannya. Studi ini bermanfaat untuk memahami cara terbaik dalam mencegah penyakit, proses terjadinya penyakit, termasuk masa inkubasi, serta menerapkan *level of prevention* yang sesuai. Hal ini penting untuk mengatasi penyakit tanpa mengesampingkan prinsip-prinsip dasar ilmu epidemiologi yang sudah ada.

Riwayat alamiah penyakit (*natural history of disease*) mendeskripsikan tentang bagaimana suatu penyakit dapat berkembang dari waktu ke waktu pada individu, dimulai dari adanya paparan dengan agen penyebab hingga munculnya akibat seperti kesembuhan ataupun kematian, tanpa adanya intervensi dari tindakan pencegahan ataupun pengobatan, sehingga penyakit tersebut berkembang secara alamiah. Pengetahuan mengenai riwayat alamiah penyakit sama pentingnya dengan pemahaman tentang penyebab penyakit itu sendiri dalam usaha mencegah dan mengendalikan penyakit. Dengan memahami karakteristik suatu penyakit, kita dapat mengembangkan intervensi yang sesuai untuk mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan terkait penyakit tersebut.

RIWAYAT ALAMIAH PENYAKIT (*NATURAL HISTORY OF DISEASE*)

Perkembangan yang pesat dalam ilmu pengetahuan dan teknologi mempengaruhi lingkungan dengan sangat signifikan, mengubah penyakit yang dulunya umum menjadi bersifat *pathogen* sehingga memicu perubahan dalam transisi epidemiologi. Untuk memprediksi penyakit, perlu dianalisis dengan pemahaman dari beberapa komponen. Penyakit dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara tiga komponen. Model ini dikenal sebagai "*Triangle Epidemiology*" atau "*Triad Epidemiologi*" dan sangat baik untuk menerangkan penyebab terjadinya penyakit infeksi.

Riwayat alamiah penyakit (*natural history of disease*) adalah gambaran tentang bagaimana suatu penyakit dapat berkembang dari waktu ke waktu pada individu, dimulai dari adanya paparan dengan agen penyebab hingga timbulnya efek seperti kesembuhan ataupun kematian, tanpa adanya intervensi dari tindakan pencegahan atau pengobatan. Konsep ini merupakan bagian penting dari epidemiologi deskriptif. Secara singkat, riwayat alamiah penyakit (*natural history of disease*) mencakup proses dari keadaan sehat, sakit, hingga sembuh, terutama dalam konteks penyakit infeksi.

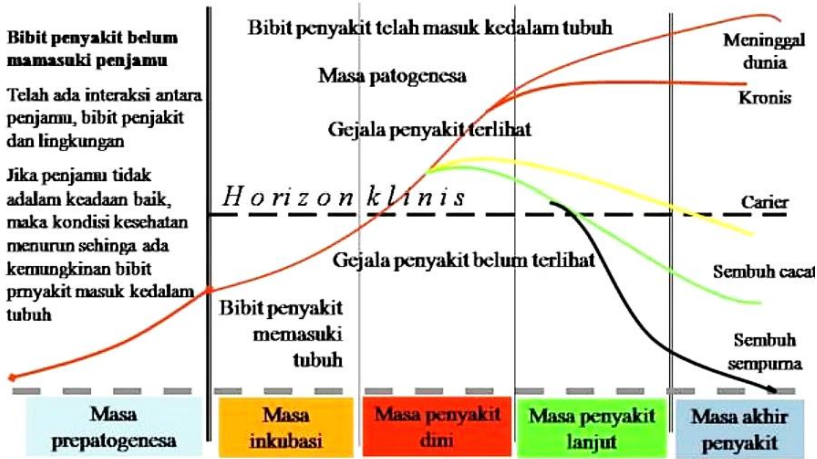
Menurut Centers for Disease Control and Prevention (2012), Perjalanan alamiah penyakit merupakan perkembangan terjadinya penyakit pada individu dalam kurun waktu tertentu tanpa adanya intervensi pengobatan. CDC juga membagi periode riwayat alamiah penyakit menjadi empat tahapan, yaitu : *stage of susceptibility*, *stage of subclinical disease*, *stage of clinical disease*, dan *stage of recovery, disability or death*. Perjalanan alamiah penyakit membantu kita untuk dapat mengetahui kemana arah perjalanan penyakit, sehingga kita mampu melakukan penatalaksanaan yang tepat untuk penyakit tersebut. Dalam perkembangannya, riwayat alamiah penyakit

berlangsung tanpa adanya campur tangan medis ataupun intervensi lainnya, menjadikan penyakit tersebut berlangsung secara alami dan proses penyakit pada individu berlangsung secara berkelanjutan. Pemahaman riwayat alamiah penyakit sama pentingnya dengan pemahaman terhadap penyebab penyakit yang krusial untuk upaya pencegahan dan pengendalian penyakit. Dengan memahami perilaku dan karakteristik masing-masing penyakit, kita dapat mengembangkan intervensi yang tepat untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah yang berkaitan dengan penyakit tersebut.

Dengan memahami riwayat alamiah penyakit, kita dapat memperoleh informasi yang penting seperti yang disebutkan oleh (Bustan, 2012) :

1. Karakteristik biologis dari kuman patogen, yang dapat digunakan untuk meningkatkan upaya pencegahan penyakit dan strategi pemberantasan kuman penyakit tersebut.
2. Durasi dan tingkat keparahan keluhan yang dialami oleh penderita penyakit.
3. Masa inkubasi atau laten dan waktu yang dibutuhkan selama perjalanan penyakit hingga timbulnya gejala.
4. Sebagai dasar informasi yang diperlukan untuk memperkuat diagnosis.
5. Landasan untuk menentukan pola perjalanan penyakit berdasarkan musim dan waktu terjadinya penyakit tersebut.
6. Dasar untuk menentukan lokasi geografis dari penyebaran penyakit sehingga memudahkan dalam deteksi lokasi kejadian penyakit.

Setiap penyakit memiliki perjalanan alamiah yang unik. Riwayat alamiah penyakit terbagi menjadi empat fase: (1) Fase rentan; (2) Fase subklinis; (3) Fase klinis; dan (4) Fase terminal (termasuk sembuh, cacat, dan kematian).



Sumber : (Irwan, 2017)

Gambar 4.1. Riwayat Alamiah Penyakit dan Level Pencegahan

- a) *Fase Rentan* adalah tahapan dalam proses etiologis di mana faktor penyebab pertama kali berinteraksi dengan *host* dan belum mengakibatkan terjadinya penyakit. Faktor penyebab awal ini merujuk pada faktor risiko. Faktor risiko adalah faktor-faktor yang hadir dan dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya penyakit sebelum memasuki *fase subklinis*. Menurut (Last, 2001), faktor risiko mencakup perilaku gaya hidup, paparan lingkungan (baik fisik, biologis, sosial, maupun budaya), karakteristik bawaan, dan faktor keturunan yang terbukti melalui bukti epidemiologis memiliki hubungan dengan penyakit dan kondisi kesehatan. Oleh karena itu, penting untuk melakukan pencegahan dini.
- b) *Fase Subklinis*, juga dikenal sebagai *fase pre-simptomatis*, adalah bagian dari proses di mana terjadi perubahan patologis tanpa adanya gejala yang terlihat, dan berakhir dengan kondisi yang tidak dapat dipulihkan di mana manifestasi penyakit tidak dapat lagi dihindari. Pada tahap

ini, agen penyebab penyakit telah masuk ke dalam tubuh tetapi belum menunjukkan tanda ataupun gejala yang jelas. Baik penyakit infeksius maupun non-infeksius mengalami fase subklinis. Pada penyakit infeksius, ada periode inkubasi di mana terdapat rentang waktu antara kontak awal dengan agen penyebab penyakit menular sampai dengan timbulnya gejala untuk pertama kalinya, sementara pada penyakit non-infeksius disebut sebagai periode laten. Meskipun pada fase ini belum ada gejala yang terlihat, tetapi telah terjadi perubahan patologis yang akan menunjukkan tanda dan gejala pada fase selanjutnya.

- c) *Fase Klinis* adalah tahap di mana telah terjadi banyak perubahan patologis pada organ tubuh, sehingga gejala penyakit mulai terlihat dan telah muncul manifestasi klinisnya. Pada fase ini, faktor-faktor seperti kondisi *host*, akses terhadap layanan kesehatan, dan ketepatan diagnosa klinis akan memengaruhi penanganan pasien. Dimana munculnya gejala pertama merupakan transisi dari *fase subklinis* menjadi *fase klinis*. Analogi fenomena gunung es dapat digunakan di sini, di mana kasus penyakit yang dilaporkan dan terdeteksi oleh fasilitas kesehatan tidak mencerminkan sepenuhnya jumlah kasus yang belum terdeteksi atau yang tidak mendapatkan perawatan di fasilitas kesehatan.
- d) *Fase Terminal/Recovery* (sembuh, cacat, dan kematian) Adalah tahapan dimana akibat dari penyakit mulai terlihat. Dimana perjalanan penyakit berada pada fase akhir sehingga dapat dikategorikan menjadi lima kondisi yakni :
- 1) Sembuh sempurna, dimana dapat dikatakan sembuh dengan sempurna jika bentuk dan fungsi dari tubuh kembali pada keadaan sebelum terjadinya penyakit.

- 2) Sembuh tetapi mengalami kecacatan, dimana keadaan penyakitnya berakhir dengan sembuh namun disertai dengan adanya kondisi cacat. Baik berupa cacat secara fisik, cacat secara mikroskopik, cacat secara fungsional, cacat secara mental, maupun cacat secara sosial.
- 3) Karier, pada tahap ini, perkembangan penyakit seolah-olah terlihat berhenti karena gejalanya tidak lagi terlihat, namun bibit penyakit masih berada didalam tubuh. Ketika daya tahan tubuh menurun, penyakit bisa muncul kembali dengan mudah. Hal ini dapat menjadi masalah kesehatan karena dapat menyebabkan penularan penyakit kepada orang yang sehat.
- 4) Perubahan berat penyakit (*kronis*), penyakit dapat dikategorikan berakhir menjadi *kronis* apabila perjalanan penyakit terlihat terhenti karena gejala penyakit nampak tidak mengalami perubahan secara signifikan dimana tidak bertambah menjadi berat ataupun tidak pula bertambah menjadi ringan namun pada dasarnya penderita masih dalam kondisi sakit.
- 5) Kematian (Dyan, 2018).

TINGKAT PENCEGAHAN PENYAKIT

Pencegahan penyakit secara umum dapat diartikan sebagai suatu upaya yang dilakukan sebelum peristiwa penyakit tersebut terjadi. Penyusunan rencana dan langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan suatu penyakit tertentu harus didasarkan pada hasil pengamatan dan analisis epidemiologi yang tepat. Pencegahan merupakan salah satu upaya strategis dalam rangka penanganan dan penanggulangan suatu penyakit. Namun dalam praktiknya terkadang justru tidak menjadi prioritas, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal yakni :

1. Tingkat pengetahuan, keterampilan, dan kesadaran masyarakat yang masih rendah dan terbatas.

2. Upaya-upaya pencegahan terkadang tidak langsung dirasakan oleh masyarakat, sehingga tidak menjadi suatu prioritas untuk dilakukan.
3. Adanya faktor sosial sebagai faktor eksternal yang dapat mempengaruhi perilaku masyarakat dalam upaya pencegahan.
4. Kebijakan pemerintah yang terkait dengan sistem penganggaran terutama di bidang kesehatan (Irfansyah, 2023)

Epidemiologi adalah landasan ilmiah untuk upaya pencegahan penyakit, dengan fokus pada pencegahan dan penanganan penyakit di masyarakat. Pencegahan penyakit dilakukan dengan mengambil tindakan sebelum penyakit tersebut benar-benar terjadi. Langkah-langkah pencegahan yang efektif harus didasarkan pada informasi yang ada dan juga diperoleh dari hasil analisis penelitian epidemiologi (Noor, 2000).

1. Pencegahan Tingkat Pertama (*Primary prevention*)

Pencegahan Tingkat pertama adalah usaha pencegahan penyakit untuk mengontrol faktor risiko (*risk factor*) dimana sasaran utamanya adalah orang yang sehat guna untuk meningkatkan derajat kesehatannya melalui :

- a) Promosi Kesehatan (*health promotion*)

Promosi Kesehatan yaitu peningkatan derajat Kesehatan baik secara perorangan dan masyarakat secara lebih optimal, mengurangi peranan dari penyebab dan derajat *risk* serta meningkatkan kesehatan lingkungan secara optimal. Adapun upaya dari promosi kesehatan meliputi :

- 1) Penyuluhan kesehatan masyarakat
- 2) Perbaikan *hygiene* dan sanitasi lingkungan
- 3) Penyediaan makanan sehat untuk perbaikan gizi

- 4) Konsultasi genetik
- 5) Perbaikan lingkungan sosial
- 6) Pengendalian faktor lingkungan

b) Pencegahan Khusus (*specific protection*)

Pencegahan khusus terhadap penyakit tertentu yakni upaya yang ditujukan untuk meningkatkan daya tahan dari tubuh dan untuk mengurangi risiko terjadinya penyakit tertentu. Adapun upaya pencegahan khusus meliputi :

- 1) Pemberian imunisasi dasar lengkap
- 2) Pemberian nutrisi khusus untuk perbaikan status gizi
- 3) Pemberian vitamin A dan tablet zat besi
- 4) Melakukan isolasi pada penderita penyakit tertentu
- 5) Peningkatan status psikologis
- 6) Perlindungan terhadap bahan yang berbahaya (*hazard protection*)
- 7) Perlindungan terhadap sumber penyakit dan pencemaran lingkungan

2. Pencegahan Tingkat kedua (*Secondary prevention*)

Pencegahan Tingkat kedua merupakan upaya untuk mendeteksi penyakit sedini mungkin sehingga segera mendapatkan pengobatan yang tepat yang bertujuan untuk mencegah meluasnya dampak penyakit dan terjadinya komplikasi ataupun terjadinya wabah pada penyakit menular.

a) Diagnosis awal dan pengobatan yang tepat (*early diagnosis and prompt treatment*)

Merupakan upaya yang ditujukan untuk diagnosis dini penyakit sehingga dapat diberikan terapi pengobatan lebih awal dengan tepat dan segera mungkin untuk

dapat mencegah perkembangan penyakit. Adapun upaya ini meliputi :

- 1) Rutin melakukan *General cek up*
- 2) *Screening* (penyaringan)
- 3) Pencarian kasus baru (*case finding*)
- 4) Pemeriksaan dan surveilans epidemiologi
- 5) Pemberian obat yang tepat dan efektif
- 6) Pengobatan/perawatan penderita penyakit tertentu

b) Pembatasan Kecacatan (*disability limitation*)

Merupakan Upaya untuk mencegah penyakit agar tidak bertambah parah, dengan melakukan terapi secara lebih optimal pada kasus penyakit yang sudah parah untuk menghindari meningkatnya keparahan penyakit dan untuk mengurangi risiko terjadinya cacat. Karena kurangnya kesadaran dari masyarakat perihal kesehatan dan penyakit, mengakibatkan seringnya masyarakat tidak melanjutkan pengobatan sampai tuntas. Oleh karenanya pendidikan terkait kesehatan sangat diperlukan pada tahapan ini untuk penanganan secara tuntas pada kasus infeksi organ reproduksi guna untuk mencegah terjadinya infertilitas. Adapun upaya ini meliputi : (Masriadi & Nur, 2023).

- 1) Melakukan operasi plastik pada bagian organ tertentu yang mengalami cacat.
- 2) Pemasangan pin ditungkai yang mengalami patah tulang.
- 3) Pemberian kemoprofilaksis bagi yang sedang dalam proses patogenesis.

3. Pencegahan Tingkat Ketiga (*Tertiary prevention*)

Rehabilitasi merupakan tingkat pencegahan tahap akhir untuk masyarakat yang sedang mengalami sakit dan

diharapkan dapat menjadi sehat pada saat kembali ke masyarakat untuk menjalani hidup seperti semula. Rehabilitasi juga bertujuan untuk mengembalikan fungsinya di masyarakat dengan tidak menjadi beban untuk individu lainnya. Dalam usaha ini memerlukan bantuan dari masyarakat untuk dapat lebih memahami dan lebih mengerti keadaan mereka baik secara fisik, mental dan kemampuannya sehingga dapat memudahkan dalam proses penyesuaian diri saat berada di masyarakat dengan keadaannya yang sekarang. Pencegahan tingkat ketiga merupakan pencegahan yang sasaran utamanya adalah penderita penyakit tertentu untuk mencegah menjadi bertambah beratnya penyakit ataupun terjadinya cacat dengan melaksanakan program rehabilitasi yang berguna untuk meningkatkan kualitas hidup. Pada tahap ini telah terjadi kerusakan patologis pada tubuh yang bersifat *irreversible*. Berikut ini merupakan beberapa upaya rehabilitasi yang dapat dilakukan yakni:

- a) Rehabilitasi fisik, dimaksudkan untuk memperoleh perbaikan fisik semaksimal mungkin saat penderita mengalami cacat akibat dari penyakitnya. Misalnya rehabilitasi pada tubuh yang mengalami cacat dengan pemberian alat bantu/protese.
- b) Rehabilitasi sosial, dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada penderita untuk mengembangkan kemampuan yang dimilikinya sehingga dapat menjadi anggota masyarakat yang memiliki daya guna. Misalnya mendirikan tempat pendidikan untuk tuna netra, tuna rungu, anak yang cacat dan terbelakang mental.
- c) Rehabilitasi kerja (*vocational services*), dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada penderita untuk mendapatkan pekerjaan yang layak sesuai dengan

kemampuan yang dimilikinya. Misalnya rehabilitasi masuk ke tempat kerja sebelumnya sesuai dengan kondisi disabilitasnya, mengaktifkan optimum dari organ yang mengalami cacat.

- d) Rehabilitasi mental (*psycho rehabilitation*), dimaksudkan untuk memperbaiki mental dari penderita saat menjalani kehidupan sosialnya dalam masyarakat. Misalnya mengembalikan kepercayaan diri dari seseorang yang sudah terkena dampak langsung dari mengkonsumsi narkoba (Hairil, 2018).

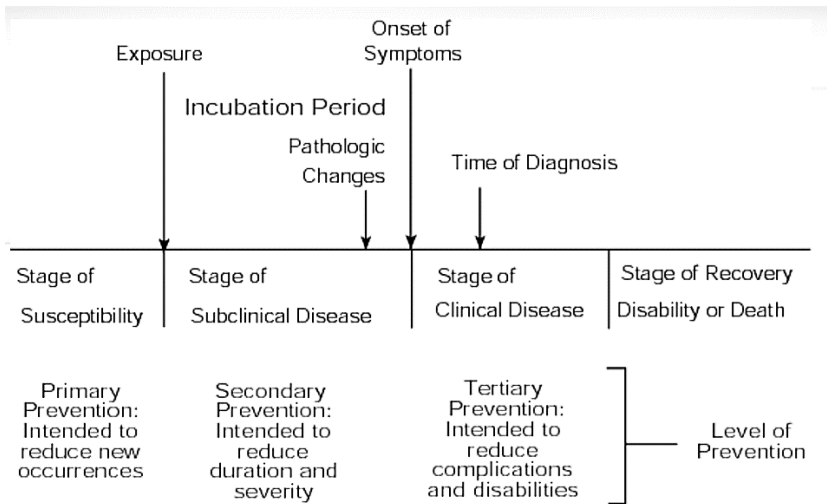
Berdasarkan teori pencegahan penyakit tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat pencegahan harus mengandung lima upaya pencegahan penyakit yaitu :

1. Peningkatan derajat kesehatan (*heath promotion*)
2. Perlindungan khusus (*spesific protection*)
3. Diagnosis dini dan pengobatan tepat dan cepat (*early diagnosis and prompt treatment*)
4. Pembatasan kecacatan (*disability limitation*)
5. Rehabilitasi (*rehabilitation*)

Strategi pencegahan mencakup berbagai sasaran dan metode pencegahan yang bervariasi, disesuaikan dengan masalah kesehatan yang sedang dihadapi. Sasaran pencegahan bisa berupa individu maupun kelompok masyarakat tertentu. Saat mengevaluasi tingkat kesehatan, mordibitas, dan mortalitas untuk program pencegahan, harus dipertimbangkan juga aspek-aspek di luar bidang kesehatan (Irfansyah, 2023) :

1. Sistem persediaan makanan
2. Sistem keamanan nasional
3. Sistem Perekonomian nasional
4. Lapangan pekerjaan atau tingkat pengangguran
5. Sistem kehidupan sosial masyarakat

6. Adat dan kebiasaan masyarakat
7. Kebijakan pemerintah terkait masalah kesehatan



Sumber : (Gerstman, 2012)

Gambar 4.2. Riwayat Alamiah Penyakit dan Level Pencegahan

KESIMPULAN

Riwayat alamiah penyakit adalah perkembangan penyakit yang terjadi tanpa campur tangan medis ataupun intervensi lainnya, sehingga penyakit tersebut berlangsung secara lebih alami. Dalam proses ini, perkembangan penyakit pada individu berlangsung secara berkelanjutan tanpa intervensi. Pengetahuan tentang riwayat alamiah penyakit memiliki nilai yang sama pentingnya dengan pengetahuan tentang penyebab penyakit, dalam usaha pencegahan dan pengendalian penyakit. Dengan memahami perilaku dan karakteristik masing-masing penyakit, kita dapat mengembangkan intervensi yang lebih tepat untuk mengidentifikasi dan menangani masalah yang terkait dengan penyakit tersebut. Pencegahan penyakit umumnya melibatkan kontrol faktor risiko (*risk factor*) sebelum terjadinya penyakit,

hingga pada tahap rehabilitasi untuk meningkatkan kualitas hidup. Upaya pencegahan merupakan bagian penting dari strategi penanganan dan penanggulangan penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Bustan, M. (2012). *Pengantar Epidemiologi*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2012). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice (Third Edition)*. Atlanta : Author.
- Irfansyah, B. P. (2023). *Dasar-Dasar Epidemiologi*. Yogyakarta : Deepublish CV Budi Utama.
- Irwan (2017). *Epidemiologi Penyakit Menular*. Jakarta : CV Absolute Media.
- Dyan, K .N. (2018). *Konsep Dasar Epidemiologi*, Jakarta : EGC.
- Gerstman, B. B. (2012). *Epidemiology Kept Simple second Edition*. Wiley liss : CDC.
- Hairil, A. (2018). *Pengantar Epidemiologi*. Bandung : PT Refika Aditama.
- Last, J. M. eds. (2001). *A Dictionary of Epidemiology (4th Edition)*. New York : Oxford University Press.
- Masriadi, & Nur, U. M. (2023). *Epidemiologi Kesehatan Masyarakat*. Jakarta : CV Trans Info Info Media.
- Noor, N. N. (2000). *Dasar Epidemiologi*, Jakarta : PT Rineka Cipta.

BAB 5

SKRINING DALAM EPIDEMIOLOGI

Asriati
Universitas Cenderawasih, Kota Jayapura
E-mail: asrineliti@gmail.com

PENDAHULUAN

Salah bentuk aplikasi dari epidemiologi adalah skrining. Beberapa penyakit terjadi tanpa gejala yang khas serta memiliki manifestasi klinik yang cukup panjang. Sehingga banyak kondisi kesehatan seseorang diketahui secara terlambat. Keterlambatan diagnosa memperbesar kemungkinan keparahan penyakit. Sebagai contoh keterlambatan diagnosis hipertensi dapat berdampak pada komplikasi penyakit kardiovaskuler seperti munculnya Penyakit Jantung Koroner dan Stroke. Pada penyakit menular, keterlambatan diagnosa akan memperluas penyebaran penyakit. Misalnya, penderita HIV yang tanpa gejala dapat terus menjadi sumber penularan pada sesama kelompok berisiko tinggi. Keterlambatan dapat dipengaruhi oleh manifestasi penyakit dan masalah kesehatan yang tidak memiliki gejala yang khas. Sehingga, diperlukan upaya untuk mengklasifikasikan orang-orang dalam populasi yang menderita penyakit dan tidak menderita penyakit agar dapat menyediakan perawatan kesehatan yang tepat dan efektif. Pada penyakit menular, pembedaan ini dapat menjadi langkah untuk memutus rantai penularan.

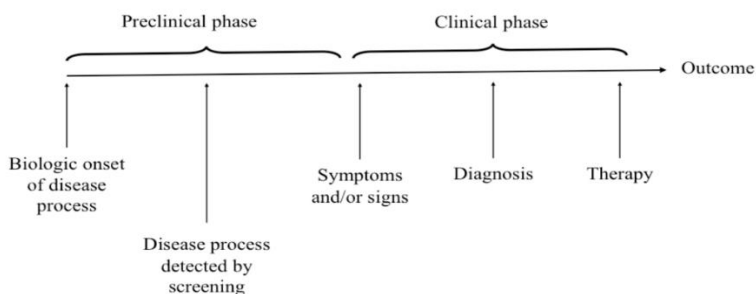
Upaya yang dilakukan untuk memisahkan mereka yang benar-benar sakit dan benar-benar tidak sakit adalah Skrining. Skrining adalah deteksi dini dari suatu penyakit atau kondisi dalam fase *pre-clinical*, yang didefinisikan sebagai periode sebelum munculnya tanda atau gejala klinis. Identifikasi atas

penyakit yang belum dapat dikenali dapat membawa kita pada intervensi yang tepat pada dampak dari penyakit. Misalnya, penyakit kanker kolon memiliki riwayat perjalanan penyakit dari munculnya sekelompok sel abnormal yang kemudian berkembang menjadi polip adenomatous, dan berakhir menjadi karsinoma. Deteksi dini dengan *colonoscopy* diperlukan untuk mendeteksi *polip colonic* sebelum berkembang menjadi karsinoma. Deteksi dini dengan *mammography* dapat mendeteksi lebih awal kanker payudara sebelum muncul gejala kanker dan perlu operasi dan kemoterapi (Kestenbaum., 2019). Skrining merupakan upaya pencegahan sekunder dalam pengendalian penyakit yang terdiri dari kegiatan deteksi dini dan intervensi. Sehingga, diperlukan upaya deteksi dini yang benar-benar mampu memisahkan populasi dengan dan tanpa gejala (Gordis., 2014). Menurut McCuser (1978), hasil penilaian kualitas uji skrining dan diagnosis dapat berguna untuk pengambilan keputusan keberlanjutan penggunaan alat tes yang digunakan(Lapau. & Birwin., 2017).

PENGERTIAN SKRINING

Skrining adalah suatu cara untuk mengidentifikasi faktor risiko atau penyakit sub-klinis seseorang yang dilakukan dengan sederhana, murah, dan cepat (Lapau. & Birwin., 2017). Identifikasi ini diperlukan untuk memisahkan orang yang sakit dan yang tidak sakit dengan atau tanpa gejala. Kegiatan skrining ini dilakukan pada sekelompok populasi tertentu yang tampak sehat untuk mendeteksi kecenderungan adanya penyakit. Pada fase sub-klinis, seseorang yang telah terpapar agen penyebab penyakit belum menimbulkan gejala dan tanda, namun sudah terjadi perubahan-perubahan patologis dalam tubuh yang mengarah pada timbulnya gejala di kemudian hari. Proses identifikasi keberadaan penyakit pada populasi yang terlihat sehat disebut deteksi dini. Kegiatan skrining ini

bukanlah alat diagnosis penyakit, namun melihat kecenderungan penyakit berdasarkan faktor risiko dan pemeriksaan sederhana. Diagnosis penyakit akan dilakukan dengan pemeriksaan penunjang pada populasi yang memiliki hasil pemeriksaan positif (Kestenbaum., 2019).



Sumber : (Kestenbaum., 2019)

Gambar 5.1. Fokus Skrining pada fase subklinis

Tes diagnostik atau skrining dilakukan untuk memperoleh informasi yang dapat memandu keputusan penyedia layanan kesehatan untuk memulai atau melanjutkan intervensi terapeutik. Pemeriksaan yang dilakukan pada orang yang mempunyai gejala atau tanda suatu penyakit biasanya disebut diagnostik, sedangkan pemeriksaan yang dilakukan pada individu yang tidak menunjukkan gejala atau tanda tersebut disebut skrining (Noel S. Weiss., 2008). Kegiatan skrining dapat digunakan untuk deteksi dini dengan pendekatan populasi yang luas (*population wide approaches*) dan penemuan kasus untuk deteksi dini dengan pendekatan populasi oportunistik (*opportunistic attempt approaches*) (Akbar., 2018).

Skrining memiliki tujuan-tujuan tertentu yaitu:

- a. Mendeteksi penderita sedini mungkin sebelum timbul gejala klinis yang jelas, diagnosis dini tersebut dapat dengan segera diberikan pengobatan kepada penderita

- b. Khusus penyakit menular untuk mencegah meluasnya penyakit dalam masyarakat sehingga dapat mencegah terjadinya wabah
- c. Memperoleh keterangan epidemiologis yang berguna bagi petugas kesehatan terutama bagi dokter/klinisi dan bagi peneliti
- d. Memberikan gambaran kepada petugas kesehatan tentang sifat-sifat penyakit tertentu, sehingga mereka dapat selalu waspada dan secara terus-menerus melakukan pengamatan terhadap setiap gejala dini yang mencurigakan
- e. Mendidik dan membiasakan masyarakat untuk memeriksakan diri secara teratur dan seidni mungkin
- f. Mempertahankan dan meningkatkan derajat kesehatan masyarakat (Akbar., 2018).

Skrining sangat bermanfaat untuk pencegahan dan peningkatan derajat kesehatan masyarakat. Sebagai kegiatan tes yang dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi peningkatan risiko suatu penyakit ataupun kelainan pada populasi, kegiatan ini berlanjut dengan tes atau prosedur diagnostik untuk memastikan penyakit pada populasi yang positif. Skrining juga bermanfaat untuk meningkatkan angka penemuan kasus pada penyakit-penyakit yang tidak dilaporkan (Grimes & Schulz, 2002). Kurangnya kegiatan skrining sitologi untuk deteksi dini kanker serviks dapat meningkatkan jumlah kasus kanker serviks pada negara-negara berpendapatan menengah (Pimple & Mishra, 2019). Kasus TB pada anak kurang dilaporkan dan kurang terwakili dalam statistik TB di seluruh dunia (Shakoor & Mir, 2022). Pada penelitian RCT ditemukan risiko kanker kolorektal pada 10 tahun lebih rendah di antara peserta yang diundang untuk menjalani pemeriksaan kolonoskopi dibandingkan mereka yang tidak menjalani pemeriksaan (Bretthauer et al., 2022). Sehingga, untuk pencegahan dan

peningkatkan derajat kesehatan masyarakat, diperlukan optimalisasi program skrining penyakit melalui penguatan kebijakan dan koordinasi lintas sektoral untuk deteksi kasus aktif, diagnosis dini dan pengobatan

PRINSIP PELAKSANAAN SKRINING

Skrining tidak dilakukan untuk mendiagnosis penyakit melainkan mendeteksi suatu penyakit sebelum gejalanya berkembang. Uji skrining dalam pelaksanaannya harus memenuhi syarat-syarat yaitu mudah dilakukan, cepat, murah, dan harus dapat dilakukan oleh teknisi (Akbar., 2018). Dalam praktiknya, tes skrining tidak pernah sepenuhnya akurat. Akan selalu ada sejumlah hasil positif palsu dan hasil negatif palsu. Untuk menjamin tidak terjadi hal tersebut, pelaksanaan skrining harus memenuhi kriteria-kriteria berikut ini (Ugoni, 2005; Miller, 2007; Kestenbaum., 2019):

1. Penyakit harus menjadi masalah kesehatan yang penting pada populasi
Secara umum, tes skrining difokuskan pada penyakit-penyakit yang serius dan memiliki prevalensi yang tinggi, namun juga pada penyakit yang memiliki angka kematian yang tinggi. Misalnya, skrining untuk kanker kolon pada usia dewasa pertengahan, dan skrining untuk *phenylkotonuria* pada bayi baru lahir. Deteksi pada potensi kondisi fatal ini dapat membawa kita pada intervensi yang dapat menurunkan kematian secara dramatis.
2. Penyakit yang di skrining harus dapat diobati
Tes skrining hanya dapat dilakukan bila ada fasilitas yang memadai untuk memberikan perawatan dan pengobatan terhadap peserta yang hasil tes positif. Lebih baik lagi jika diintegrasikan dengan sistem rujukan untuk perawatan dan pengobatan pada peserta yang hasil tes positif. Kegiatan skrining tidak akan berguna jika tidak tersedia rujukan,

konfirmasi diagnosis, perawatan, dan pengobatan. Selain itu, peserta yang hasil tesnya positif tapi tidak mendapatkan perawatan juga akan memberikan kecemasan (*anxiety*) pada peserta.

3. Penyakit harus memiliki fase praklinis.

Fase praklinis adalah fase dimana terdapat perubahan patologis dalam tubuh namun belum menimbulkan gejala pada penderita. Penyakit kanker kolon, memiliki fase preclinical yang dapat dideteksi dengan munculnya temuan histologis atau *specialized radiographic imaging studies* (cari kanker kolon). Pada beberapa penyakit yang memiliki masa inkubasi yang pendek akan kesulitan untuk mendeteksi secara dini. Misalnya seperti *common cold*, karena waktu dari terpapar secara biologis dari penyakit kepada munculnya gejala klinis terlalu pendek.

4. Diketuainya Riwayat Alamiah dari penyakit.

Riwayat alami dari penyakit harus diketahui. Hal ini bermanfaat untuk mengetahui pada tahap apa perkembangan proses penyakit, kecacatan dan atau kematian tidak dapat lagi dicegah. Dengan mengetahui hal tersebut, serta stadium yang telah dicapai oleh perkembangan penyakit pada individu dapat ditentukan, akan mungkin untuk memutuskan dengan tepat kapan tes skrining harus diterapkan untuk mencapai manfaat maksimum dan penggunaan sumber daya yang tidak berlebihan.

5. Tes skrining yang digunakan harus dapat diterima dan aman. Secara umum ini berarti tes non-invasif dengan validitas tinggi. Kriteria lain dari tes skrining yang baik mencakup kemudahan penggunaan dan biaya yang relatif rendah. Prinsip-prinsip dan pendekatan untuk menilai validitas ini sekarang akan dibahas.

Selain itu, terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan skrining yaitu:

1. Biaya. Pelaksanaan skrining dari segi biaya harus seimbang dengan jumlah kasus yang dideteksi dan konsekuensi jika tidak dilakukan skrining. Diperlukan penilaian bahwa biaya kesehatan peserta skrining baik finansial maupun fisik, biaya tes, dan lainnya akan terlampaui sebesar biaya penyakit jika tes belum dilakukan (Noel S. Weiss., 2008). Sebagai contoh deteksi dini karsinoma di awal akan lebih hemat biaya dalam penanganan dan pengobatannya.
2. Tes Skrining hanya dilakukan bila memenuhi syarat untuk tingkat sensitivitas dan spesifisitasnya
3. Kebijakan, prosedur, dan tidakan uji harus dapat menentukan siapa yang harus dirujuk untuk pemeriksaan, diagnosis, dan tindakan lebih lanjut.
4. Harus dimungkinkan untuk diadakan *follow-up* penderita dan penemuan kasus secara berkesinambungan(Akbar., 2018).

BENTUK PELAKSANAAN SKRINING

Tes skrining dapat dilakukan pada penyakit-penyakit kronis ataupun keadaan yang potensial atau *high risk*. Bentuk pelaksanaan tes skrining dapat dilakukan secara massal dan spesifik. Tes skrining yang dilakukan secara massal yaitu tes yang dilakukan pada semua populasi dalam kelompok populasi yang menjadi sasaran skrining. Misalnya, skrining Penyakit Tidak Menular pada Posbindu PTM, skrining Malaria, skrining covid-19, dan lain-lain. Tes skrining juga dapat dilakukan secara spesifik atau *random*, jika kegiatan skrining dilakukan pada kelompok tertentu yang diperkirakan memiliki risiko tinggi pada penyakit tertentu atau masalah kesehatan. Tes ini dapat dilakukan khusus untuk satu jenis penyakit tertentu, dan dapat pula dilakukan secara serentak untuk lebih dari satu penyakit

(Akbar., 2018). Misalnya skrining pada pekerja tambang, skrining pada ibu hamil, *papsmear* pada perempuan usia subur dan aktif seksual, ataupun SADARI pada perempuan. Proses pelaksanaan skrining terdiri dari dua tahap sesuai dengan gambar di bawah ini.



Gambar 5.2. Bentuk Pelaksanaan Skrining

Tahap pertama tes skrining yaitu melakukan uji skrining yang diterapkan pada penduduk yang dipilih atau dianggap berisiko. Jika hasil negatif maka peserta akan disisihkan atau diarahkan untuk melakukan pemeriksaan ulang secara periodik. Pada kelompok uji hasil positif akan dilanjutkan pada tahap kedua yaitu dengan tes diagnostik, dimana yang hasil diagnosanya dinyatakan tidak sakit akan disisihkan. Pada yang di diagnosa sakit, akan diberikan pengobatan (Akbar., 2018). Secara umum, terdapat dua kombinasi yang biasanya digunakan dalam skrining yaitu:

- a) Pararel yaitu individu dianggap positif terhadap suatu penyakit yang di skrining apabila salah satu alat tes menunjukkan hasil tes positif. Kombinasi pararel ini akan meningkatkan sensitivitas, yaitu mengidentifikasi secara tepat individu yang benar-benar sakit atau berisiko.

- b) Series (Bertahap) yaitu skrining dilakukan dengan 2 tahapan dimana pada tahap pertama tes yang digunakan lebih murah, tidak terlalu invasif atau tidak terlalu mengganggu. Hanya individu yang positif pada tahap pertama akan mendapatkan tes skrining tahap kedua, sehingga tahap 2 ini diharapkan dapat mengurangi positif palsu. Kombinasi ini akan meningkatkan spesifisitas skrining yaitu mengidentifikasi individu yang benar-benar sehat atau berisiko (Gordis., 2014).

EVALUASI AKURASI HASIL SKRINING

1. Validitas

Alat uji skrining harus di evaluasi dengan memenuhi kriteria validitas, reliabilitas, dan *yield*. Validitas adalah kemampuan alat skrining untuk menempatkan semua yang diukur sebagai sasaran skrining pada keadaan sebenarnya. Validitas suatu tes didefinisikan sebagai kemampuannya untuk membedakan antara yang sakit dan yang tidak. Validitas memiliki dua komponen yaitu sensitivitas dan spesifisitas. Sensitivitas tes didefinisikan sebagai kemampuan tes untuk mengidentifikasi dengan benar mereka yang memiliki penyakit. Spesifisitas tes didefinisikan sebagai kemampuan tes untuk mengidentifikasi dengan benar mereka yang tidak memiliki penyakit (Gordis., 2014).

Tabel 5.1 Evaluasi Hasil Pelaksanaan Skrining

Hasil Tes	Status Penyakit		Total
	Sakit (+)	Tidak Sakit (-)	
Positif (+)	a	b	a+b
Negatif (-)	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

Sumber: (Gordis., 2014)

Keterangan:

- Sel a adalah Positif sebenarnya atau orang-orang yang hasil tes positif dan didukung oleh diagnosis klinis yang positif.
- Sel b adalah Positif palsu atau orang-orang yang hasil tes positif, tetapi pada diagnosis klinis dinyatakan sehat/negatif
- Sel c adalah Negatif palsu atau orang-orang yang hasil tes negatif, tetapi pada diagnosis klinis dinyatakan positif atau menderita penyakit
- Sel d adalah Negatif sebenarnya atau orang-orang yang hasil tes negatif dan didukung oleh diagnosis klinis yang negatif atau benar-benar sehat

Untuk mengetahui validitas dapat dihitung menggunakan:

- Sensitivitas yaitu kemampuan untuk mendiagnosa secara tepat penderita dengan hasil tes positif atau proporsi hasil tes positif dan benar-benar sakit. Atau dapat disebut sebagai seberapa sering penyakit dapat dideteksi ketika penyakit muncul.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{a}{a+c} \times 100\%$$

- Spesifisitas yaitu kemampuan untuk mendiagnosa secara benar terhadap penderita dengan hasil tes negatif atau proporsi hasil tes negatif dan benar-benar tidak sakit (sehat).

Atau dapat disebut sebagai seberapa sering penyakit tidak dideteksi ketika tidak muncul gejala.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{d}{b+d} \times 100\%$$

Selain sensitivitas dan spesifisitas, beberapa hal yang mungkin terjadi saat pengukuran validitas tes skrining adalah adanya kejadian positif palsu dan negatif palsu.

- a. Proporsi negatif palsu adalah besarnya proporsi orang-orang yang hasil tes negatif namun hasil diagnosa positif.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{c}{a+c} \times 100\%$$

- b. Proporsi positif palsu adalah besarnya proporsi orang-orang yang hasil tes positif namun hasil diagnosa negatif.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{b}{b+d} \times 100\%$$

Selain itu, beberapa hal yang dapat diketahui saat pengukuran validitas tes skrining adalah nilai kecermatan. Nilai kecermatan terdiri dari nilai kecermatan positif (*Positive Predictive Value*) dan nilai kecermatan negatif (*Negative Predictive Value*).

- a. *Positive Predictive Value* adalah besarnya proporsi orang-orang yang hasil ujinya positif yang sungguh-sungguh menderita penyakit atau besarnya proporsi orang-orang yang hasil tes positif dan diagnosa positif di antara semua orang yang hasil tes nya positif.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{a}{a+b} \times 100\%$$

- b. *Negative Predictive Value* adalah besarnya proporsi orang-orang yang hasil ujinya negatif yang sungguh-sungguh tidak menderita penyakit atau besarnya proporsi orang-orang yang hasil tes negatif dan diagnosa negatif di antara semua orang yang hasil tes negatif.

$$\text{Rumus untuk menghitung sensitivitas} = \frac{d}{c+d} \times 100\%$$

Menurut Gordis (2014), PPV dipengaruhi oleh prevalensi dan spesifisitas. Semakin tinggi prevalensi, semakin tinggi PPV. Hal ini menandakan semakin tinggi prevalensi penyakit di populasi, semakin besar kemungkinan ditemukan banyak kasus positif pada populasi yang di skrining. Semakin tinggi spesifisitas, juga akan meningkatkan PPV (Lapau. & Birwin., 2017). Dalam menghadapi penyakit yang jarang terjadi, sebagian besar populasi berada di sebelah kanan garis vertikal. Akibatnya, setiap perubahan di sebelah kanan garis vertikal akan berdampak pada lebih banyak orang dibandingkan perubahan di sebelah kiri garis. Dengan demikian, perubahan dalam spesifisitas mempunyai pengaruh yang lebih besar terhadap nilai prediktif dibandingkan dengan perubahan sensitivitas yang sebanding. Jika kita berhadapan dengan penyakit dengan prevalensi tinggi, situasinya akan berbeda (Gordis., 2014).

2. Reliabilitas

Reliabilitas dapat dikatakan kemampuan alat tes skrining untuk memberikan hasil yang dipercaya apabila dilakukan pengukuran berulang pada lokasi dan populasi yang berbeda (Timmreck., 2005). Terlepas dari sensitivitas dan spesifisitas suatu tes, jika hasil tes tidak dapat direproduksi, nilai dan kegunaan tes tersebut menjadi minimal (Gordis., 2014). Reliabilitas berasal dari kata *reliabel* yang artinya sejauh mana hasil suatu pengukuran dapat dipercaya. Kemampuan alat ukur untuk dapat dipercaya dan menjadi sandaran pengambilan keputusan. Variasi hasil pengukuran berulang yang terlalu besar dikatakan tidak reliabel. Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap variasi antar hasil pengukuran adalah variasi intra subjek (variasi dalam

masing-masing subjek), variasi *intra observer* (variasi pembacaan hasil tes oleh pembaca yang sama), dan variasi *inter observer* (variasi antara mereka yang membaca hasil tes). Terdapat dua jenis reliabilitas yaitu:

a. Stabilitas (*Stability*)

Konsistensi hasil satu pengukuran ke pengukuran lainnya oleh seorang pengamat, terhadap subjek penelitian yang sama dengan instrumen yang sama. Variasi cara penyaringan ini dipengaruhi stabilitas alat tes. Dapat juga dipengaruhi kondisi dimana tes dilakukan untuk dapat memberikan variasi hasil yang berbeda.

b. Kesamaan (*Equivalence*)

Konsistensi antara hasil pengukuran seorang pengamat dan hasil pengukuran oleh pengamat lainnya, terhadap subjek penelitian yang sama dengan instrumen yang sama. Variasi pemeriksa, berbeda dalam membaca hasil tes. Disebut juga konsistensi antar-pengamat. Hal ini dapat dipengaruhi oleh kemampuan atau keahlian pengamat dalam membaca hasil tes. Sehingga penting untuk membuat kesepakatan berdasarkan variasi antar pengamat melalui bentuk kualitatif.

Selain itu, terdapat variasi *intra* pengamat, dimana konsistensi antar hasil pengukuran yang dibaca oleh pengamat yang sama. Hal ini bisa terjadi akibat kelelahan, kejemuhan, atau faktor internal pengamat. Misalnya, seorang ahli radiologi yang membaca kelompok sinar-X yang sama pada dua waktu berbeda mungkin membaca satu atau lebih sinar-X secara berbeda untuk kedua kalinya.

Pada subjek yang diukur, nilai-nilai yang diperoleh dalam mengukur banyak karakteristik manusia sering kali

bervariasi dari waktu ke waktu, bahkan dalam jangka waktu yang singkat. Hal ini disebut variasi intra subjek. Variabilitas dari waktu ke waktu dapat dipengaruhi kondisi di mana tes dilakukan (misalnya, setelah makan atau setelah berolahraga, di rumah atau di ruang praktik dokter), jelas dapat memberikan hasil yang berbeda pada individu yang sama (Gordis., 2014).

Berdasarkan variasi tersebut, terdapat upaya-upaya yang bisa dilakukan untuk peningkatan reliabilitas yaitu:

- a. menggunakan instrumen yang sudah baku
- b. menghilangkan variasi pengukuran antar-pengamat dengan mengurangi sumber variasi eksternal (kejenuhan, kelelahan, lingkungan berisiko dan lain-lain)
- c. menghilangkan variasi pengukuran antar-pengamat dengan menggunakan orang-orang terlatih dan termotivasi
- d. jika instrumen valid, baru bisa dilakukan tes reliabilitas

Pada variasi hasil pengukuran antar pengamat, kesepakatan perlu dilakukan menggunakan pengukuran *percent agreement*. Sejauh mana dua pengamat, seperti dua dokter atau dua perawat, misalnya, sepakat satu sama lain seringkali merupakan indeks penting dari kualitas layanan kesehatan yang diberikan. Namun, seberapa baik tingkat kesepakatan yang menghindari kebetulan dapat dinyatakan dengan menggunakan Koefisien Kappa (K) Cohen menurut Landis dan Koch (1977). Koefisien kesepakatan kappa (K) Cohen adalah rasio antara proporsi kesepakatan yang terobservasi dan proporsi kesepakatan yang diharapkan. Nilai Kappa berkisar antara nilai maksimum 1 yang artinya kesepakatan sempurna, dan nilai minimum 0 yang artinya tidak ada kesepakatan sama sekali)(Gordis., 2014).

Rumus untuk menghitung Koef Kappa adalah:

$$K = \frac{Po - Pe}{1 - Pe} \text{ dengan } Po = \frac{a+d}{N} \text{ dan } Pe = \frac{(a+b)(a+c)+(c+d)(b+d)}{N^2}$$

Keterangan :

- Po adalah kesepakatan yang terobservasi/*Percent Agreement*
- Pe adalah kesepakatan yang diharapkan
- Nilai kesepakatan tes Kappa dapat dinyatakan dalam (Khairul Anwal):

Tabel 5.2.Nilai Kesepakatan *Test* Kappa

Nilai Kesepakatan	Kekuatan Kesepakatan
> 0,75	Sangat baik
$0,4 \leq K < 0,75$	<i>Intermediate</i>
$0 \leq K < 0,4$	Kurang

Sumber : (Akbar., 2018)

3. *Yield*

Yield adalah besarnya kemungkinan untuk menyaring mereka yang sebenarnya menderita tetapi tanpa gejala sehingga dapat dilakukan diagnosis dan pengobatan dini. *Yield* merupakan istilah lain yang sering digunakan untuk menyebut hasil uji skrining. *Yield* didefinisikan sebagai angka atau jumlah skrining yang dapat dilakukan suatu uji dalam periode waktu, dan merupakan jumlah penyakit yang dapat terdeteksi dalam proses skrining. *Yield* dipengaruhi oleh sensitivitas uji, prevalensi penyakit dan partisipasi masyarakat terhadap skrining yang dilakukan (Timmreck., 2005). Dimana jika sensitivitas uji rendah maka hanya sebagian kasus yang dikenal, kemudian jika prevalensi penyakit rendah maka akan memberikan banyak positif palsu meskipun menggunakan tes yang spesifik, serta penduduk yang mengerti maksud pengadaan tes dan menerima maka akan meningkatkan *yield* (Akbar., 2018).

KESIMPULAN

Skrining merupakan hal yang penting untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat melalui deteksi dini dan intervensi yang tepat. Pelaksanaan skrining tidak terlepas dari validitas dan reliabilitas tes yang digunakan. Peningkatan kualitas skrining penyakit perlu tetap dilakukan agar mampu memisahkan kelompok penderita dengan kelompok yang tidak menderita, serta mampu diaplikasikan pada pengukuran berulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar., H. (2018). *Pengantar Epidemiologi*. Bandung: Refika Aditama.
- Bretthauer, M., Løberg, M., Wieszczy, P., Kalager, M., Emilsson, L., Garborg, K., ... Kaminski, M. F. (2022). Effect of Colonoscopy Screening on Risks of Colorectal Cancer and Related Death. *New England Journal of Medicine*, 387(17), 1547–1556. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2208375>
- Gordis., L. (2014). *Epidemiology* (Fifth). Elsevier.
- Grimes, D. A., & Schulz, K. F. (2002). Uses and abuses of screening tests. *Lancet*, 359(9309), 881–884. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07948-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07948-5)
- Kestenbaum., B. (2019). *Epidemiology and Biostatistics: An Introduction to Clinical Research*. New York: Springer Cham. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-96644-1>
- Lapau., B., & Birwin., A. (2017). *Prinsip dan Metode Epidemiologi*. Depok: Kencana.
- Miller, A. B. (2007). Screening. In *Handbook of Epidemiology* (pp. 1268–1301). New York: Springer Berlin Heidelberg.
- Noel S. Weiss. (2008). Clinical Epidemiology. In *Modern Epidemiology (Third Edition)* (3rd ed., pp. 642–645).

- Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
<https://doi.org/10.1136/pgmj.63.739.418-b>
- Pimple, S. A., & Mishra, G. A. (2019). Global strategies for cervical cancer prevention and screening. *Minerva Ginecologica*, *71*(4), 313–320.
<https://doi.org/10.23736/S0026-4784.19.04397-1>
- Shakoor, S., & Mir, F. (2022). Updates in Pediatric Tuberculosis in International Settings. *Pediatric Clinics of North America*, *69*(1), 19–45.
<https://doi.org/10.1016/j.pcl.2021.09.004>
- Stewart., A. (2016). *Basic statistics and epidemiology: a practical guide (Fourth Edition)*. New Y: CRC Press.
<https://doi.org/10.1136/bjism.2003.005850>
- Timmreck., T. C. (2005). *Epidemiologi Suatu Pengantar: Terjemahan*. Jakarta: EGC.

BAB 6

AGEN BIOLOGI

Syahrul Khairati
Fakultas Kedokteran Universitas Riau, Pekanbaru
E-mail: syahrulkhairati@lecturer.unri.ac.id

PENDAHULUAN

Agen atau *Agent* merupakan suatu substansi/organisme/mikroorganisme yang ada atau tidak keberadaannya dapat menimbulkan penyakit atau memengaruhi perjalanan suatu penyakit. Agen terdiri dari agen biologi, agen gizi, agen fisik, agen kimia, dan agen mekanik. Agen biologi terdiri dari mikroorganisme dan non mikroorganisme. Agen mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia terdiri dari protozoa, riketsia, virus, bakteri, dan jamur, sedangkan agen yang bukan termasuk kedalam golongan mikroorganisme dan dapat menimbulkan penyakit misalnya cacang, dan juga golongan tumbuh-tumbuhan seperti jamur (Sidabutar, 2020). Agen dapat ditemukan dalam berbagai bentuk atau ditularkan dengan melalui berbagai cara seperti melalui debu, gas atau asap yang terhirup manusia, atau cairan, gel atau bubuk yang bersentuhan langsung dengan mata, selaput lendir atau kulit dan dalam beberapa kasus dapat tertelan secara tidak disengaja, atau yang ditularkan melalui sengatan, gigitan, atau kotoran hewan (ILO, t.t.)

Agen biologi menyebabkan bahaya biologi yang bersifat patogen. Organisme patogen masuk ke dalam tubuh manusia dengan kadar dan jumlah tertentu dapat menyebabkantimbulnya masalah atau gangguan kesehatan. Di dalam tubuh manusia, agen biologi akan melewati masa inkubasi dimana tubuh yang terinfeksi tidak memperlihatkan adanya gejala. Meskipun

demikian, akumulasi keberadaan agen dalam tubuh manusia berdasarkan jumlah dan kadarnya dapat menimbulkan penyakit masih belum diketahui (Fitria dkk., 2022).

Agen biologi memiliki kemampuan untuk memberikan dampak buruk terhadap kesehatan manusia dalam berbagai cara, mulai dari reaksi alergi sederhana yang relatif bersifat ringan hingga dapat menimbulkan kondisi medis yang sangat serius, bahkan menyebabkan kematian. Beberapa organisme termasuk berbagai jenis jamur dan bakteri *Legionella* yang mudah ditemukan di lingkungan alami dan buatan, banyak diantaranya yang mampu menular dari orang ke orang (misalnya patogen yang ditularkan melalui darah dan virus influenza), baik secara langsung maupun tidak langsung (OSHA, t.t.).

ZOONOSIS

Zoonosis adalah seluruh jenis penyakit atau suatu infeksi yang dapat ditularkan secara alami dari hewan vertebrata kepada manusia. Diketahui ada lebih dari 200 jenis zoonosis yang sebagian besar mencakup penyakit baru dan penyakit yang sudah ada pada manusia. Beberapa penyakit zoonosis, seperti rabies, 100% dapat dicegah melalui vaksinasi dan metode lainnya. Zoonosis mencakup sebagian besar penyakit menular yang baru diidentifikasi dan juga penyakit yang sudah ada. Beberapa penyakit, seperti HIV, yang awalnya bersifat zoonosis namun saat ini telah bermutasi menjadi penyakit yang hanya menyerang manusia. Ada beberapa jenis zoonosis yang dapat menyebabkan wabah penyakit yang kejadiannya berulang, seperti salmonellosis dan penyakit virus Ebola, serta jenis lain, seperti virus corona baru yaitu COVID-19 yang menjadi penyebab pandemi global (WHO, 2020b). Macam-macam Agen penyebab zoonosis, yaitu:

1. Bakteri

Bakteri adalah organisme yang berukuran mikro (sangat kecil) yang tidak memiliki nukleus atau membran inti sel sehingga diperlukan mikroskop untuk melihat dan mengenali bentuk dan jenisnya. Umumnya keberadaan bakteri bersifat patogen yang menyebabkan berbagai penyakit infeksi yang menyerang manusia, hewan maupun tumbuhan (Aini dkk., 2021). Ada beberapa bakteri yang sering menjadi agen penyebab penyakit pada manusia, yaitu:

a. Salmonella

Salmonella merupakan kelompok bakteri gram-negatif yang umum ditemukan di lingkungan, organisme, dan merupakan agen penyebab penyakit, serta salah satu pembawa penyakit berasal dari makanan yang paling sering terjadi. Sedangkan penyakit menular yang terjadi pada manusia dan hewan yang disebabkan oleh salmonella disebut dengan salmonellosis. Salmonellosis bermanifestasi dengan gejala gastrointestinal atau hati dan dapat menimbulkan berbagai gejala klinis seperti diare pada bayi, aborsi janin, orkitis, pneumonia, dan keracunan darah. Salmonellosis disebabkan oleh dua spesies Salmonella yaitu *S. enterica* dan *S. bongori* (Babayi Khomaraki dkk., 2023).

b. Escherichia Coli

Escherichia coli (*E. coli*) adalah flora normal saluran cerna manusia dan hewan, meskipun sebagian besar strain tersebut diketahui tidak bersifat patogen. Strain *E. coli* yang patogen dapat menyebabkan berbagai macam penyakit, antara lain infeksi saluran kemih, penyakit usus, sepsis, meningitis, infeksi perut, osteomielitis, selulitis, infeksi luka dan colibacillosis

serta gangguan pada sistem pernafasan. Faktanya, bakteri *E. coli* menyebabkan infeksi pada saluran kemih sebesar 80-90% dan bakteri lainnya kelompok filogenetik dengan bakteri ini (Moshtagh dkk., 2021).

c. *Campylobacter*

Campylobacter adalah bakteri Gram-negatif yang banyak menyebabkan penyakit gastroenteritis dan enterokolitis pada manusia. Genus *Campylobacter* terdiri dari 32 spesies, dan 9 subspecies diantaranya, spesies termofilik *C. jejuni* dan *C. coli* yang banyak dijumpai pada unggas dan babi. *Campylobacter* termofilik adalah penyebab utama gastroenteritis bakterial pada manusia terutama *C. jejuni*. Bakteri ini menyerang mikrobiota hewan berdarah panas dan sering berhubungan dengan infeksi tanpa gejala. Produk daging, khususnya ayam, seringkali terkontaminasi *C. jejuni* yang menjadi pembawa utama campylobacteriosis pada manusia melalui konsumsi daging yang kurang matang. Campylobacteriosis bervariasi dari kasus diare hingga penyakit yang lebih parah seperti penyakit Crohn, sindrom Miller-Fisher, atau gejala neurologis seperti sindrom Guillain-Barré (Portes dkk., 2023).

2. Virus

a. Influenza

Influenza adalah salah satu penyakit virus pernafasan akut. Virus influenza termasuk dalam famili *orthomyxoviridae*, yaitu dikategorikan menjadi tipe A, B, dan C. Tipe A adalah yang paling banyak menjadi patogenisitas pada manusia dan hewan yang bertanggung jawab atas kematian pada pandemi

influenza. Selain pada manusia, Influenza bisa ditemukan pada hewan seperti pada kelompok unggas seperti pada burung dan ayam, juga pada kelompok mamalia seperti babi, kuda, dan paus. Influenza merupakan salah satu virus penyakit menular akut yang menenai paru secara sporadis, bentuk epidemi dan endemik (Dehnad dkk., 2020).

b. Rabies

Rabies atau biasa disebut Rabies Virus (RBV) adalah jenis penyakit yang disebabkan oleh Virus Lyssa, yang termasuk dalam famili Rhabdoviridae dan merupakan virus yang menyebabkan ensefalitis. Umumnya rabies pada manusia berasal dari gigitan mamalia atau kontak air liur dengan luka atau membran mukosa. RBV tersebar melalui vektor hewan seperti anjing, kelelawar, dan hewan liar. Setiap infeksi RBV yang mneyerang pada sistem saraf pusat menyebabkan kematian. Selain itu, RBV juga bisa terdapat pada organ saraf eksterna seperti ginjal, lidah, usus, jantung, dan sebagainya, serta kasus transplantasi organ seperti ginjal, hati, dan paru-paru (Wongsakul & Sitprija, 2021).

c. Zika

Virus Zika (ZIKV) adalah virus yang ditularkan oleh nyamuk yang pertama kali diisolasi dari hutan Zika, Uganda, pada tahun 1947, dan sering menjadi penyebab terjadinya wabah. Vektor utama ZIKV adalah nyamuk *Aedes spp*, namun virus ini juga dapat ditularkan melalui hubungan seksual, fetomaternal (penularan dari ibu ke janin) dan transfusi darah. Gambaran klinis gejala infeksi ZIKV sama dengan demam berdarah dengue dan chikungunya, seperti demam, sakit kepala,

artralgia, nyeri retro-orbital, konjungtivitis, dan ruam. ZIKV Sering kali menyebabkan penyakit ringan pada sebagian besar kasus, namun pada beberapa kasus, penyakit ini dikaitkan dengan kejadian mikrosefali kongenital dan gangguan autoimun seperti sindrom Guillain – Barre (Sharma dkk., 2020).

d. Corona Virus 19

Corona virus 19 atau biasa disebut COVID-19 adalah penyakit sindrom pernafasan akut yang parah yang disebabkan oleh virus corona 2 (SARS-CoV-2). Penyakit ini pertama kali ditemukan di Wuhan, Tiongkok pada bulan Desember 2019 dan menyebar dengan cepat di seluruh dunia. Covid 19 dinyatakan sebagai wabah pandemi pada 17 Maret 2020 oleh organisasi kesehatan dunia (WHO). pada 17 Februari 2021, dilaporkan ada lebih dari 108,8 juta jiwa orang yang terinfeksi dan lebih dari 2,4 juta jiwa korban meninggal dunia dari 233 negara berbeda (Tzenios dkk., 2023).

3. Parasit

a. *Toxoplasma gondii*

Toxoplasma gondii adalah protozoa parasit intraseluler dan merupakan agen penyebab toksoplasmosis pada manusia dan hewan. Inang asli parasit ini adalah kucing, sedangkan mamalia berdarah panas, termasuk manusia dan hewan peliharaan seperti domba, dan kambing, berperan sebagai inang perantara. Inang asli mengeluarkan jutaan oosit melalui tinja dan mencemari lingkungan. Ketika oosit yang bersporulasi tertelan oleh inang perantara, kista jaringan yang mengandung ratusan bradizoit dapat terbentuk di berbagai organ,

termasuk otot rangka, otak, dan jantung. Komplikasi Toksoplasmosis pada manusia antara lain abortus, masalah mata, hidrosefalus, keterbelakangan mental, masalah neurologis, dan skizofrenia. Konsumsi daging mentah atau setengah matang merupakan faktor risiko yang signifikan terhadap infeksi *T. gondii* pada manusia (Firouzvand, 2023).

b. *Taenia*

Taenia terdiri dari tiga jenis yaitu *taenia solium*, *taenia saginata* atau *taenia asiatica* yang merupakan penyebab terjadinya penyakit tropis taeniasis zoonosis. Siklus hidup ketiga spesies metazoa ini sangat mirip dan mencakup inang perantara, babi pada *T. solium* dan *taenia asiatica*, dan sapi pada *taenia saginata*. Dengan mengonsumsi daging (babi yang mengandung *taenia solium* dan *taenia asiatica*, *taenia saginata* pada daging sapi) yang mengandung *cysticerci* hidup, dapat menyebabkan taeniasis pada manusia, meskipun tidak menunjukkan gejala tetapi merupakan faktor risiko utama bagi inang perantara untuk terinfeksi. *Taenia solium* dapat menyebabkan penyakit saraf pada manusia yaitu neurocysticercosis pada konsumsi daging babi yang tidak dimasak dengan baik. *Cysticerci* berkembang setelah menelan telur mikroskopis yang dilepaskan dari pembawa cacing pita (Mendlovic dkk., 2021).

4. Jamur

Jenis jamur yang menjadi agen zoonosis adalah histoplasma. Histoplasma adalah penyebab terjadinya histoplasmosis. Histoplasmosis adalah infeksi mikotik yang terutama menyerang jaringan paru, dan terkadang dapat

berkembang menjadi penyakit sistemik. Infeksi ini melibatkan manusia yang imunokompeten dan immunosupresi, juga dalam keadaan tertentu dapat melibatkan inang mamalia lainnya. Infeksi ini didapat melalui udara dengan menghirup propagul miselium infeksi dari jamur dimorfik *histoplasma capsulatum*. Manifestasi klinis dapat berkembang dari bentuk infeksi ringan hingga berat. Penyakit dengan atau tanpa reaksi granulomatosa, dan bahkan dapat menyebabkan kematian. *Histoplasma* memiliki empat belas spesies filogenetik yang disebarkan melalui feses burung dan kelelawar (Taylor dkk., 2022).

5. Prion

Prion adalah penyebab penyakit sapi gila/ *Bovine Spongiform Encephalopathy* (BSE) yang merupakan protein yang dapat menyebabkan penyakit otak hewan dan manusia. Penyakit ini dapat ditularkan melalui konsumsi daging sapi yang terkontaminasi. Penyakit prion adalah kelainan neurodegeneratif disebabkan oleh konversi konformasi protein prion seluler (PrPC) menjadi protein scrapie prion (PrPSc). Sebagai komponen utama prion, PrPSc bertindak sebagai penularan yang mengubah PrPC orang normal menjadi isoform yang patogen. Yang termasuk penyakit prion yang fatal dan menular adalah scrapie, penyakit Creutzfeld - Jakob (CJD), dan kuru. Penyakit prion dapat ditemukan pada domba, kambing, sapi, kucing dan unta dan dapat menular ke manusia. Karena penularan prion dan perubahan spongiform yang khas pada otak yang terkena penyakit prion, penyakit prion disebut juga ensefalopati spongiform menular (TSE) (Zhu & Aguzzi, 2021).

VEKTOR BORNE

Vektor adalah organisme hidup yang dapat memindahkan patogen menular dari manusia ke manusia atau dari hewan ke manusia. Jenis terbanyak dari vektor golongan ini adalah serangga penghisap darah, yang menelan mikroorganisme patogen penyebab penyakit saat menghisap darah dari inang yang terinfeksi (manusia atau hewan) yang kemudian bereplikasi dan menularkannya ke inang baru. Seringkali, ketika suatu vektor menjadi menular, mereka mampu menularkan patogen tersebut selama sisa hidup mereka melalui setiap gigitan/penghisapan darah berikutnya (WHO, 2020a).

Lebih dari 17% dari seluruh penyakit menular yang ada ditularkan melalui vektor yang menyebabkan lebih dari 700.000 kematian disetiap tahunnya. Penyakit ini dapat disebabkan oleh parasit, bakteri, atau virus. Misalnya penyakit malaria yang merupakan infeksi parasit yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* yang menyebabkan sekitar 219 juta kasus secara global, dan mengakibatkan lebih dari 400.000 kematian setiap tahunnya. Kematian terbanyak terjadi pada anak di bawah usia 5 tahun. Selanjutnya ada demam berdarah dengue yang merupakan infeksi virus paling umum yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes aegypti* yang menjadi penyebab lebih dari 3,9 miliar orang di 129 negara berisiko tertular demam berdarah, dengan perkiraan 96 juta kasus bergejala dan sekitar 40.000 kematian setiap tahunnya. Contoh penyakit virus lain yang ditularkan melalui vektor antara lain demam chikungunya, demam virus Zika, demam kuning, demam West Nile, dan Japanese encephalitis yang ditularkan melalui nyamuk, serta penyakit tick-borne encephalitis yang ditularkan melalui kutu (WHO, 2020a).

Macam-macam agen penularan vektor penyakit adalah:

1. Nyamuk

a. Plasmodium Sp

Malaria pada manusia adalah penyakit yang disebabkan Plasmodium spp. Plasmodium Sp termasuk *P. falciparum*, *P. vivax*, *P. malariae*, *P. ovale*, dan *P. knowlesi*. (Kotepui dkk., 2020). Malaria merupakan penyakit zoonosis yang ditularkan oleh nyamuk *Anopheles* yang mengandung parasit Plasmodium. Sebelumnya, penyakit ini hanya terjadi pada monyet jenis *Macaca fascicularis* dan *Macaca nemestrina*. Nyamuk ini bersifat eksofagik dan cenderung menggigit di luar ruangan. Perilaku makan nyamuk *Anopheles* mencapai puncaknya segera setelah gelap, terjadi sekitar pukul 18.00-22.00 (Naserrudin dkk., 2022).

b. Aedes (Aedes Aegypti dan Aedes Albopictus)

Demam Berdarah Dengue (DBD) merupakan masalah kesehatan yang sering terjadi di negara beriklim tropis yang ditularkan melalui gigitan nyamuk *Aedes aegypti*. *Aedes aegypti* yang dikenal sebagai vektor utama penyakit DBD adalah jenis nyamuk dengan pola hidup di daerah panas yang menyebabkan DBD lebih cepat berkembang di wilayah perkotaan dibandingkan di wilayah perdesaan. Adapun faktor risiko dari penularan penyakit DBD adalah mobilisasi penduduk akibat pertumbuhan penduduk perkotaan yang relatif cepat karena membaiknya sarana prasarana transportasi, dan melemahnya pengendalian populasi di wilayah perkotaan sehingga memungkinkan terjadinya kejadian luar biasa (KLB) (Sutriyawan, 2021).

Aedes aegypti adalah jenis spesies vektor nyamuk yang paling produktif di dunia. Spesies jenis ini ditemukan di setiap benua kecuali di benua Antartika dan telah memainkan peran utama dalam berbagai wabah penyakit yang ditularkan melalui vektor selama satu abad terakhir. Nyamuk ini diketahui sebagai vektor virus penyebab demam kuning (YFV), demam berdarah (DENV), chikungunya (CHIKV) dan Zika (ZIKV). Distribusi spesies ini juga berubah, sebagian didorong oleh perubahan iklim global. Nyamuk ini berhasil menyebar ke seluruh dunia karena kedekatannya dengan manusia, dan juga karena telur nyamuk yang dapat mengering dalam jangka waktu lama dan masih dapat bertahan hidup setelah terkena air (Laporta dkk., 2023).

2. Tikus

Pes adalah salah satu penyakit menular di Indonesia yang ditularkan melalui pinjal sebagai vektor dan tikus sebagai reservoir. Penyakit pes atau biasa disebut penyakit plague atau sampar adalah penyakit yang disebabkan oleh bakteri yang bersifat zoonosis jenis *Yersinia pestis*, penyakit pes biasa ditemukan pada mamalia kecil dan pinjalnya. Reservoir pes adalah *rodent* yang termasuk didalamnya berbagai jenis tupai dan tikus. Tikus dikenal sebagai mamalia yang sangat merugikan, dan mengganggu, tetapi relatif dapat hidup berdampingan dengan manusia. Tikus dikelompokkan menjadi tipe tikus domestik, peridomestik dan tikus silvatic. Melalui pinjal (flea) ditubuhnya, tikus dapat menyebarkan berbagai penyakit seperti penyakit pes, murine typhus dan tularemia (Raharjo & Wijayanti, 2021).

3. Kutu

Kutu (Siphonaptera) merupakan vektor penting dari beberapa patogen penyakit pada hewan dan manusia. Kutu (Insecta: Siphonaptera) mencakup setidaknya 2500 spesies dengan 15 subspecies secara global. Kutu berukuran kecil, pipih menyamping dan tidak bersayap, serta merupakan artropoda yang sangat terspesialisasi. Kutu sangat penting sebagai vektor dari banyak patogen virus, bakteri, dan parasit. Sebagai artropoda hematofag, kutu dapat menularkan patogen melalui mulut yang kotor dan regurgitasi isi usus (misalnya pada penyakit pes), dan penularan melalui air liur (misalnya pada demam tipoid). Selain itu, penularan dapat terjadi melalui tinja yang terkontaminasi (misalnya penyakit tipus dan penyakit cakar kucing). Kutu memiliki siklus hidup yang kompleks, termasuk produksi larva omnivora non-parasit dan imago obligat-hematofagus. Saat kutu keluar dari kepompong, kutu segera mencari inang potensial untuk menghisap darah. Kebanyakan kutu lebih menyukai habitat inangnya (kutu sarang), sementara yang lain kurang lebih menetap secara permanen di tubuh inangnya (Nyirenda dkk., 2020).

4. Lalat

Lalat merupakan vektor pembawa penyakit yang memiliki kemampuan sebagai membawa parasit penyebab penyakit yang didukung oleh morfologi tubuhnya. Anatomi lalat mendukung lalat untuk dapat menempel pada permukaan benda sehingga dapat mengambil kotoran yang bersifat patogen (Hidayah, 2023). Sebanyak 17% dari seluruh penyakit menular ditularkan melalui lalat sebagai vektor pembawa penyakit. Lalat dapat menularkan berbagai penyakit seperti diare, kolera, disentri, tifus, dan penyakit-penyakit lain yang berkaitan dengan keadaan sanitasi yang

tidak sehat. Beberapa jenis bakteri yang dibawa oleh lalat dapat menjadi penyebab penularan dan timbulnya penyakit seperti bakteri *Salmonella*, *Shigella*, *Escherischia coli* dan *Staphylococcus* (Purwanto & Porusia, 2023).

5. Cacing

a. Filaria

Filaria adalah cacing yang berbentuk mirip dengan benang yang ditularkan oleh vektor nyamuk. Filaria dewasa umumnya berada di jaringan subkutan (filaria jenis *Onchocercavolvulus* dan *Loa loa*), di sistem limfatik (filaria jenis *wuchereria bancrofti* dan *brugia malayi*), atau di jaringan subkutan dan jaringan ikat (filaria jenis *mansonella* spp). Filaria menghasilkan ribuan larva kecil berbentuk benang yang disebut mikrofilaria yang kemudian bermigrasi di kulit atau darah yang diambil oleh nyamuk saat menghisap darah. Filaria dewasa dapat bertahan selama bertahun-tahun di dalam inang dengan memodulasi sistem imun inang melalui ekskresi mediator terlarut. Penyakit yang banyak disebabkan oleh cacing ini adalah filariasis limfatik (kaki gajah) dan onchocerciasis (buta sungai). Pada filariasis limfatik, *W. bancrofti* atau *B. malayi* dewasa yang sekarat menyumbat pembuluh limfatik sehingga menyebabkan gangguan pada pembuangan cairan limfatik di kaki, lengan, atau alat kelamin. Limfedema yang diakibatkannya menyebabkan pembengkakan dan kecacatan anggota tubuh. Pada onchocerciasis, infeksi *O. volvulus* memicu penyakit kulit akibat mikrofilaria yang bermigrasi dan mati, pada saat mencapai mata maka akan menyebabkan kebutaan (Hotterbeekx dkk., 2021).

b. Schistosoma

Schistosoma merupakan genus cacing termatoda yang merupakan parasit dan menyebabkan penyakit schistosomiasis. Berdasarkan tempat tinggal cacing dewasa pada inang terakhir, schistosomiasis dikategorikan sebagai schistomiasis usus dan urogenital. Schistomiasis usus disebabkan oleh *S. mansoni*, *S. japonicum*, *S. intercalatum* dan *S. Menkongi*, sedangkan schistosimiasis urogenital disebabkan oleh *S. haematobium*. Penyakit ini ditularkan melalui berbagai siput air tawar dan umumnya penyakit ini berkaitan dengan kondisi lingkungan, sanitasi yang buruk, perubahan iklim, dan sebaran geografis yang menjadi pemicu penularan penyakit (Chala & Hamde, 2021).

6. Tungau

Tungau trombiculidae (chigger) adalah larva yang menularkan penyakit demam akut non-malaria melalui gigitannya. Infeksi yang disebabkan tungau disebut tifus scrub atau penyakit tsutsugamusi disebabkan oleh bakteri Gram-negatif alfa-proteobacterium orientalis tsutsugamushi (ot). Penyakit ini disebut sebagai salah satu infeksi yang tidak terdiagnosis dan bersifat endemik. Tungau menjadi media penularan yang bersifat transovarial, dimana tungau yang terinfeksi berasal dari telur yang terinfeksi yang kemudian menempel pada kulit hewan pengerat dan manusia untuk mengumpulkan makanan yaitu berupa cairan jaringan, dan menginokulasi bakteri melalui sekresi air liur. Penyakit ini menyerang sel dendritik perifer kulit dan menyebabkan nekrosis dermal dan epidermal penyebab ulkus pada awal infeksi, dan selanjutnya menyebar melalui sistem limfatik dan sel endotel secara sistemik. Gejala awal

penyakit ini adalah sakit kepala, demam, mialgia, limfadenopati dan gangguan pendengaran sementara. Penyakit ini dapat berlanjut menyebabkan gangguan pernafasan, perdarahan saluran pencernaan, dan gagal ginjal (Saraswati dkk., 2023).

KESIMPULAN

Agen biologi adalah suatu substansi/organisme/mikroorganisme yang ada atau tidak keberadaannya dapat menimbulkan penyakit atau memengaruhi perjalanan suatu penyakit. Agen biologi terdiri atas kelompok zoonosis dan vektor borne. Zoonosis adalah penyakit atau infeksi yang dapat ditularkan dari hewan kepada manusia. Kelompok hewan yang dapat menularkan penyakit termasuk didalamnya adalah bakteri, virus, parasit, jamur dan prion. Sedangkan vektor borne adalah organisme pembawa mikroorganisme yang dapat menularkan penyakit kepada manusia. Kelompok yang termasuk didalamnya adalah nyamuk, tikus, kutu, lalat, cacing dan tungau. Umumnya hewan-hewan ini hidup secara berdampingan dengan manusia dan dapat berkembang dengan pesat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, M., Rahayuni, S., Mardina, V., Quranayati, Q., & Asiah, N. (2021). Bakteri *Lactobacillus* spp dan Peranannya Bagi Kehidupan. *Jurnal Jeumpa*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.33059/jj.v8i2.3154>
- Babayi Khomaraki, M., Ownagh, A., & Enferadi, A. (2023). Molecular Identification of *Salmonella* spp. In Ticks Isolated from Domestic Animals in Zanjan Province. *Journal of Zoonotic Diseases*, 7(4), 385–392. <https://doi.org/10.22034/jzd.2023.17085>

- Chala, B., & Hamde, F. (2021). Emerging and Re-emerging Vector-Borne Infectious Diseases and the Challenges for Control: A Review. *Frontiers in Public Health*, 9, 715759. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.715759>
- Dehnad, A. R., Naghili, B., & Ghorani, M. (2020). Seroepidemiological investigation of influenza type A (a zoonotic disease) in native turkeys in East Azerbaijan. *Journal of Zoonotic Diseases*, 4(2), 39–46. <https://doi.org/10.22034/jzd.2020.10912>
- Firouzivand, Y. (2023). Prevalence of Toxoplasmosis in Sheep Slaughtered in Malekan Slaughterhouse by Modified Agglutination Test (MAT). *Journal of Zoonotic Diseases*, 7(4), 393–397. <https://doi.org/10.22034/jzd.2023.17025>
- Fitria, M., Awaluddin, Sejati, & Fikri, E. (2022). *Analisi Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)-Edisi Revisi*. Miladil Fitra.
- Hidayah, N. (2023). *Efektifitas Ekstrak Daun Salam (Syzygium polyanthum) Terhadap Mortalitas lalat Rumah (Musca domestica)* [Diploma, Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang]. <https://doi.org/10/DAFTAR%20PUSTAKA.pdf>
- Hotterbeekx, A., Perneel, J., Vieri, M. K., Colebunders, R., & Kumar-Singh, S. (2021). The Secretome of Filarial Nematodes and Its Role in Host-Parasite Interactions and Pathogenicity in Onchocerciasis-Associated Epilepsy. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2021.662766>
- ILO. (t.t.). *Harmful Chemical and Biological agents/substances (Labour administration and inspection)*. Diambil 4 April 2024, dari <https://www-ilo-org.translate.google/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/harmful-chemical-and-biological-agents-substances/lang-->

en/index.htm?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc

- Kotepui, M., Kotepui, K. U., De Jesus Milanez, G., & Masangkay, F. R. (2020). Plasmodium spp. mixed infection leading to severe malaria: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, *10*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68082-3>
- Laporta, G. Z., Potter, A. M., Oliveira, J. F. A., Bourke, B. P., Pecor, D. B., & Linton, Y.-M. (2023). Global Distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a Climate Change Scenario of Regional Rivalry. *Insects*, *14*(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/insects14010049>
- Mendlovic, F., Fleury, A., & Flisser, A. (2021). Zoonotic *Taenia* infections with focus on cysticercosis due to *Taenia solium* in swine and humans. *Research in Veterinary Science*, *134*, 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.11.015>
- Moshtagh, S., Simiari, M., Mokhtari, K., & Khakpour, M. (2021). Phylogenetic evaluation of *Escherichia coli* isolated from cases of bacillus diarrhea. *Journal of Zoonotic Diseases*, *5*(2), 34–39. <https://doi.org/10.22034/jzd.2021.13327>
- Naserrudin, N. A., Hod, R., Jeffree, M. S., Ahmed, K., Culleton, R., & Hassan, M. R. (2022). The Role of Human Behavior in *Plasmodium knowlesi* Malaria Infection: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/ijerph19063675>
- Nyirenda, S. S., Hang'ombe, B. M., Mulenga, E., Machang'u, R. S., Kilonzo, B. S., Sianzinda, E., & Chanda, P. (2020). Biodiversity and distribution of flea (Siphonaptera), rodent (Rodentia), and *Crocidura* (Insectivora) species associated with plague epidemiology in eastern Zambia. *Journal of*

- Zoonotic Diseases*, 4(4), 21–35.
<https://doi.org/10.22034/jzd.2020.11601>
- OSHA. (t.t.). *Biological Agents—Overview | Occupational Safety and Health Administration*. Diambil 31 Maret 2024, dari <https://www.osha.gov/biological-agents>
- Portes, A. B., Panzenhagen, P., Pereira dos Santos, A. M., & Junior, C. A. C. (2023). Antibiotic Resistance in *Campylobacter*: A Systematic Review of South American Isolates. *Antibiotics*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12030548>
- Purwanto, F. R., & Porusia, M. (2023). Pengendalian Lalat Melalui Metode Mekanik Di Pasar Hardjodaksino Surakarta. *PREPOTIF: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v7i3.21025>
- Raharjo, J., & Wijayanti, T. (2021). Keragaman, Dominasi Tikus Silvatik, Kepadatan Pinjal dan Kewaspadaan Pes di Daerah Fokus Pes di Kecamatan Cepogo Kabupaten Boyolali. *BALABA: Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 47–56. <https://doi.org/10.22435/blb.v17i1.1655>
- Saraswati, K., Elliott, I., Day, N. P. J., Baird, J. K., Blacksell, S. D., Ristiyanto, & Moyes, C. L. (2023). Geographical distribution of scrub typhus and risk of *Orientia tsutsugamushi* infection in Indonesia: Evidence mapping. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 17(9), e0011412. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011412>
- Sharma, V., Sharma, M., Dhull, D., Sharma, Y., Kaushik, S., & Kaushik, S. (2020). Zika virus: An emerging challenge to public health worldwide. *Canadian Journal of Microbiology*, 66(2), 87–98. <https://doi.org/10.1139/cjm-2019-0331>
- Sidabutar, D. S. (2020). *Buku Ajar Epidemiologi*. Forum Ilmiah Kesehatan (FORIKES).

- Sutriyawan, A. (2021). *Pencegahan Demam Berdarah Dengue (DBD) Melalui Pemberantasan Sarang Nyamuk* / *Journal of Nursing and Public Health*. <https://jurnal.unived.ac.id/index.php/jnph/article/view/1788>
- Taylor, M. L., Reyes-Montes, M. del R., Estrada-Bárceñas, D. A., Zancopé-Oliveira, R. M., Rodríguez-Arellanes, G., & Ramírez, J. A. (2022). Considerations about the Geographic Distribution of Histoplasma Species. *Applied and Environmental Microbiology*, 88(7), e02010-21. <https://doi.org/10.1128/aem.02010-21>
- Tzenios, N., Chahine, M., & Tazanios, M. (2023). Better Strategies For Coronavirus (COVID-19) Vaccination. *Special Journal of the Medical Academy and Other Life Sciences.*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.58676/sjmas.v1i2.11>
- WHO. (2020a). *Vector-borne diseases*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
- WHO. (2020b). *Zoonoses*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>
- Wongsakul, B., & Sitprija, V. (2021). Rabies infection in Kidney: A hope for treatment in the future. *Journal of Zoonotic Diseases*, 5(2), 11–17. <https://doi.org/10.22034/jzd.2021.13107>
- Zhu, C., & Aguzzi, A. (2021). Prion protein and prion disease at a glance. *Journal of Cell Science*, 134(17), jcs245605. <https://doi.org/10.1242/jcs.245605>

BAB 7

AGEN KIMIA

Yulianto Ade Prasetya
Universitas Anwar Medika, Sidoarjo, Jawa Timur
E-mail: y.a.prasetya@uam.ac.id

PENDAHULUAN

Pada studi ilmu epidemiologi, proses terjadinya suatu penyakit dapat disebabkan oleh berbagai macam hal yang dikemukakan dalam sebuah teori, salah satunya disebabkan oleh agen kimia. Teori epidemiologi tersebut dinamakan multikausa yang diartikan sebagai sebuah konsep multifaktor yang dapat menyebabkan suatu penyakit (Tun et al., 2024). Agen kimia dalam hal ini dapat yang bersifat endogenous maupun eksogenous. Agen kimia yang bersifat endogenous antara lain kolesterol, insulin, asam urat, sitokin pro-inflamasi, dan stres oksidatif (Holt-Lunstad, 2022) sedangkan agen kimia yang bersifat eksogenous seperti logam, bahan pestisida, dan bahan kimia organik (Engwa et al., 2019). Secara umum bahan endogenous ini diproduksi dalam tubuh manusia itu sendiri dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan fungsi normal tubuh. Namun, dalam beberapa kondisi tertentu atau jika terjadi ketidakseimbangan dalam produksinya maka akan mempengaruhi fungsinya serta berperan dalam kontribusi suatu penyakit. Berikut penjelasan singkat terkait agen kimia yang bersifat endogenous menurut Fedak et al., (2015):

1. **Kolesterol.** Kolesterol merupakan senyawa lipid endogen yang berperan penting dalam pembentukan membran plasma dan produksi steroid. Kadar kolesterol yang berlebihan dalam darah dapat meningkatkan potensi terjadinya penyakit jantung dan stroke.

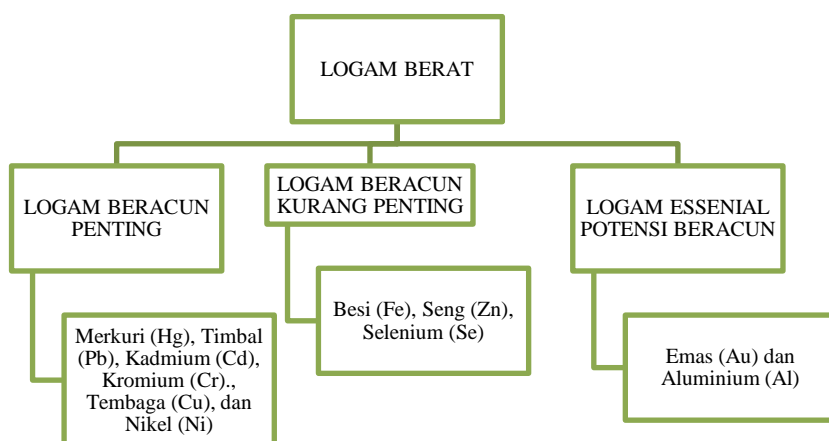
2. **Insulin.** Insulin sendiri merupakan hormon endogenous yang berperan dalam pengaturan gula dalam darah dengan cara mengendalikan penyerapan glukosa oleh sel-sel tubuh. Resistensi insulin dapat terjadi ketika sel-sel tubuh menjadi kurang responsif terhadap insulin sehingga menyebabkan peningkatan gula darah dan berkontribusi meningkatkan resiko diabetes melitus tipe dua (2).
3. **Asam urat.** Asam urat merupakan produk samping dari metabolisme purin endogen. Jika kadar asam urat menumpuk secara berlebihan, maka dapat menyebabkan kristal asam urat yang menumpuk pada persendian sehingga menyebabkan peradangan dan nyeri.
4. **Sitokin pro-inflamasi.** Sitokin pro inflamasi termasuk senyawa endogenous yang diproduksi oleh sel-sel sistem kekebalan tubuh sebagai bagian dari respon inflamasi. Sitokin pro-inflamasi yang diproduksi secara berlebihan dapat menyebabkan peradangan kronis yang berkaitan dengan berbagai macam penyakit seperti autoimun, kardiovaskular, dan penyakit terkait inflamasi usus.
5. **Stres oksidatif.** Stres oksidatif terjadi ketika terlalu banyak radikal bebas yang merupakan produk sampingan dari reaksi metabolisme endogenous dan menumpuk dalam tubuh serta merusak sel-sel. Hal ini dapat berkontribusi dalam perkembangan penyakit degeneratif, termasuk penyakit jantung, kanker, dan neurodegeneratif seperti Alzheimer.

Beberapa bahan endogenous diatas memang dalam kondisi tertentu atau ketika terjadi ketidakseimbangan dapat menyebabkan penyakit, namun perlu diingat bahwa hal tersebut seringkali kompleks dan melibatkan banyak faktor seperti genetik, lingkungan, dan gaya hidup. Agen kimia yang berifat eksogenous seringkali kompleks dan menyebabkan penyakit

yang berbeda, sehingga akan dibahas secara rinci dalam sub bab berikut.

LOGAM BERAT

Logam berat adalah logam yang mempunyai berat jenis 5,0 atau lebih dengan nomor atom antara 21 (*scandium*) dan 92 (uranium) dari sistem periodik bahan kimia. Logam berat dalam padangan studi epidemiologi dikategorikan dalam diagram berikut:



Sumber: (Filipoiu et al., 2022)

Gambar 7.1. Kategori logam berat berdasarkan toksisitasnya

Logam berat essential dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah sangat sedikit dan apabila terdapat dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan racun seperti seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), kobalt (Co), mangan (Mn), dan selenium (Se) (Ali & Khan, 2018). Logam berat non essential merupakan logam yang beracun dan dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, contohnya Hg, Cd, Pb, Sn Cr (VI), dan As. Logam

berat non-essensial sering disebut logam beracun dan tidak berubah menjadi bentuk lain serta tidak dapat dirusak di alam.

Merkuri (*Hydrargyrum/Hg*)

Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair dalam suhu kamar. Pada suhu normalnya berbentuk cairan logam dengan warna perak berkilau. Merkuri memiliki konduktivitas listrik yang tinggi sehingga banyak digunakan dalam kehidupan manusia seperti termometer dan sakelar termal (Whitacre, 2014). Logam ini juga sering digunakan dalam bidang industri termasuk pada pembuatan elektroda untuk produksi klorin, pembuatan lampu fluoresen, dan dalam pemrosesan emas dan perak dalam industri penambangan. Logam cair ini tidak bereaksi dengan banyak unsur kimia atau senyawa di udara pada suhu kamar. Merkuri dalam bentuk senyawa organomerkuri seperti merkuri metil sangat berbahanya dibandingkan dengan bentuk merkuri anorganik. Pencemaran lingkungan oleh merkuri sangat berdampak signifikan karena sifatnya yang persisten dan bioakumulatif. Emisi merkuri ke lingkungan baik dari sumber alamiah maupun kegiatan manusia sangat berdampak pada ekosistem air dan darat serta kesehatan manusia melalui mekanisme rantai makanan (Branco et al., 2017). Rumus dan sifat fisiokimia merkuri dapat dilihat pada tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1. Struktur dan Sifat Fisiokimia Merkuri

Nama	Rumus	Berat Molekul	Bentuk Kimia	Bentuk Fisik	Toksistas
Merkuri	Hg	200,59	Elemental	Cairan	Tinggi
Merkuri klorid	HgCl ₂	271,50	Inorganik	Solid	Sedang-Tinggi
Merkusi sulfid	HgS	232,66	Inorganik	Solid	Sedang-Tinggi
Mercurous klorid	Hg ₂ Cl ₂	472,09	Inorganik	Solid	Rendah-Sedang

Merkuri nitrat	HgN ₂ O ₆	324,60	Inorganik	Solid	Sedang-Tinggi
Merkuri asetat	HgC ₄ H ₆ O ₄	318,68	Organik	Solid	Sedang
Metilmerkuri klorid	CH ₃ HgCl	251,10	Organik	Solid	Sedang
Metil merkuri	CH ₃ Hg	215,66	Organik	Solid	Sedang-Tinggi

Sumber: (Gaffney & Marley, 2014)

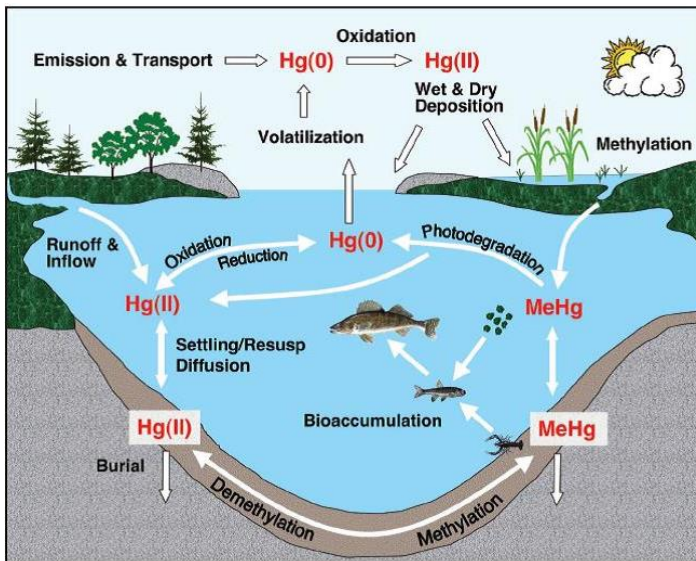
Mekanisme merkuri dalam memberikan efek toksisitas pada tubuh dimulai dengan cara presipitasi, inhibisi enzim fungsional, dan sifat korosifnya. Merkuri tidak hanya terikat kuat pada sulfhidril tetapi juga pada golongan fosforil, karboksil, amida, dan amina. Protein dan enzim dalam tubuh sangat peka terhadap merkuri dan bersifat persisten sehingga protein fungsional dalam tubuh akan bersifat nonaktif. Toksisitas merkuri bergantung pada bentuk oksidatif dan kimiawinya. Merkuri dalam bentuk uap akan larut dalam lemak sehingga lebih mudah melewati membran sel dan juga dapat dioksidasi dalam bentuk inorganik menjadi Hg²⁺ yang dapat membentuk senyawa divalent yang sangat toksik. Toksisitas bentuk merkuri menurut (Gaffney & Marley, 2014) adalah sebagai berikut:

1. **Elemental merkuri (Hg⁰)**. Batas paparan yang dipersyaratkan oleh *The american confrence of govermenyal industrial hygienist* (ACGIH) adalah 0,05 mg/ms di udara selama 40 jam/ minggu. Merkuri bentuk ini akan terhirup dan masuk dalam paru-paru sebanyak 74% dan akan masuk peredaran darah dan terdistribusi ke dalam tubuh. Merkuri dalam bentuk ini sangat berbahaya karena dapat larut dalam lemak sehingga dengan mudah masuk ke sawar darah otak dan plasenta. Paparan akut pada konsentrasi tinggi biasanya terjadi gangguan pernapasan sedangkan paparan kronik akan menunjukkan tremor, delusi, hilang ingatan, dan gangguan kognitif lainnya.

2. **Merkuri inorganik (HgCl_2)**. Bentuk merkuri ini biasanya sering dijumpai dalam bidang medis, kosmetik (seperti krim pemutih), dan antiseptik. Apabila masuk melalui kulit dan oral akan bersifat akumulatif pada ginjal dan hati. Gejala yang sering dijumpai seperti nyeri perut, muntah, dan diare berdarah. Efek utama dari merkuri bentuk ini adalah nekrosis tubular pada ginjal dan autoimun glomerulopheritis.
3. **Merkuri organik**. Bentuk merkuri ini termasuk dalam kelompok alkil dan fenil yang biasanya dijumpai sebagai pengawet obat (bentuk fenil) dan berada di lingkungan (bentuk metil dan etil). Zat ini mudah diabsorbsi melalui udara dan kontak dengan kulit sehingga sangat membahayakan tubuh meskipun terpapar dalam konsentrasi rendah. Toksisitas bentuk ini dapat mengganggu fungsi seluler melalui terganggunya transkripsi DNA dan sistensis protein (termasuk perkembangan otak).

Siklus merkuri (Gambar 7.2) berada secara alamiah dari kerak bumi dengan konsentrasi yang sangat rendah yaitu 0,08 ppm dan melalui aktivitas antropogenik di atmosfer akhirnya terdisposisi kembali melalui proses presipitasi hujan. Merkuri yang mencapai permukaan tanah akan terikat menjadi merkuri organik dan inorganik. Pada lingkungan perairan, logam merkuri mengalami oksidasi menjadi Hg^{2+} dan akan berubah menjadi metil merkuri oleh bakteri pereduksi sulfat yang membutuhkan kondisi kurang oksigen pada kedalaman lebih dari 5 meter. Proses demetilasi metil merkuri berlangsung di lingkungan aerob dan anaerob yang membutuhkan waktu beberapa minggu. Metil merkuri dalam keadaan terlarut akan diserap oleh mikroorganisme yang selanjutnya dimakan oleh ikan kecil dan dikonsumsi lagi oleh puncak rantai makanan ikan besar

sehingga terjadi bioakumulasi pada ikan yang pada tahap akhir akan dikonsumsi manusia.



Sumber: (Sonke et al., 2023)

Gambar 7.2. Siklus merkuri di lingkungan

Timbal (Plumbum/Pb)

Timbal atau lebih dikenal dengan sebutan timah hitam merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dengan empat bentuk isotop, berwarna kebiruan, atau abu-abu keperakan. Timbal tidak bisa berbentuk tunggal sehingga banyak ditemukan terikat dengan senyawa dari molekul lain yaitu bromida ($PbBr_2$) dan klorida ($PbCl_2$). Sifat fisik logam ini antara lain: lentur, sangat rapuh, berbentuk kerut pada pendinginan, sulit larut dalam air dingin, air panas, dan air asam. Logam ini sangat mudah larut dalam asam nitrit, asam asetat, dan asam sulfat pekat. Timbal secara alami terdapat dalam jumlah kecil pada bebatuan, lava, tanah, dan tumbuhan. Timbal di udara lebih banyak ditemukan karena aktivitas manusia (antropogenik) seperti pembakaran batu bara, asap hasil

buangan industri (timbal alkil dan timbal oksida), hasil bahan bakar kendaraan bermotor, pembangkit listrik, dan kegiatan rumah tangga (Singh et al., 2018).

Timbal sangat berbahaya karena bersifat karsinogenik bagi makhluk hidup termasuk manusia. Timbal masuk melalui pernafasan (tingkat absorpsi 40%), saluran pencernaan (tingkat absorpsi 5-10%), dan kulit. Timbal yang masuk ke dalam tubuh akan terikat dengan sel darah merah dan diendarkan ke seluruh tubuh. Sebagian timbal yang terserap akan disimpan di jaringan lunak dan tulang. Timbal dalam tubuh menyebabkan umur sel darah merah menjadi pendek, jumlahnya dan kadar sel darah muda (retikulosit) menurun, dan meningkatkan kandungan besi (Fe) dalam plasma darah. Berikut beberapa toksisitas yang ditimbulkan oleh timbal menurut Sonke et al., (2023) dalam tubuh manusia yaitu sistem syaraf, dimana keracunan timbal mampu menimbulkan kerusakan pada otak seperti epilepsi, halusinasi, keracunan pada otak besar, dan delirium. Efek timbal menyebabkan kerusakan pada saluran ginjal karena terbentuknya *intranuclear inclusion bodies* yang disertai dengan pembentukan *aminociduria* yaitu kelebihan asam amino dalam urin. Efek timbal mampu menurunkan kemampuan sistem reproduksi. Jika terjadi pada ibu hamil akan terjadi penghambatan dalam pertumbuhannya sedangkan pada sistem endokrin mempengaruhi fungsi dari tiroid. Manifestasi dari keracunan timbal adalah pembiruan pada gusi (*beronian lead line*) sebagai indikasi bahwa seseorang pernah mengalami keracunan timbal. Keracunan timbal menyebabkan terjadinya kolik usus (spasme usus halus), nyeri terlokalisir disekitar, atau dibawah umbilekus.

Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan logam berat berwarna putih kebiruan dan mengkilap dengan titik leleh berkisar 321⁰C yang

menjadikan logam ini termasuk yang memiliki titik leleh relatif rendah. Titik didih logam kadmium berkisar 765°C dengan berat jenis mencapai $8,65 \text{ g/cm}^3$ sehingga termasuk logam yang paling berat dibandingkan logam lainnya. Kadmium bereaksi dengan oksigen membentuk lapisan oksida yang melindunginya dari korosi lebih lanjut. Logam ini memiliki kelarutan yang rendah dalam air murni tetapi mudah larut dalam asam dan basa (Genchi et al., 2020). Logam ini secara alami berada di lingkungan dengan berbagai macam bentuk. Pada tanah, kadmium ditemukan sebagian besar pada mineral dan bebatuan terutama berhubungan dengan bijih logam seperti seng, timbal, dan tembaga. Industri manufaktur merupakan kontribusi utama terhadap pencemaran logam ini seperti pembuatan baterai, cat, plastin, dan logam paduan. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas alam juga menyebabkan pelepasan kadmium ke udara dalam bentuk debu dan partikel halus. Tembakau mengandung kadmium dan asap rokok menyebabkan kontaminasinya di udara (Genchi et al., 2020).

Keracunan kadmium yang diperoleh pada proses inhalasi dan atau penetrasi pada kulit dapat menyebabkan efek negatif pada kesehatan manusia seperti kerusakan ginjal, kerusakan hati, gangguan pada sistem saraf, gangguan pada sistem kardiovaskular, kanker, gangguan pada sistem reproduksi, dan gangguan pada tulang. Kerusakan ginjal merupakan salah satu dampak yang paling sering terjadi pada seseorang yang mengalami keracunan kadmium. Paparan logam ini dalam jangka panjang menyebabkan kerusakan hati, termasuk peningkatan resiko sirosis. Gangguan pada sistem saraf yang diakibatkan logam ini berupa neurotoksik seperti gangguan kognitif, kelemahan otot, tremor, gangguan bicara, dan gangguan koordinasi. Logam ini juga dapat meningkatkan resiko penyakit kardiovaskular seperti hipertensi, aterosklerosis, dan penyakit arteri koroner. Paparan kadmium yang lama dapat

menyebabkan potensi kanker, seperti kanker paru-paru karena efek terhirup asap rokok. Kadmium yang terpapar dalam jangka waktu yang lama pada manusia menyebabkan gangguan pada tulang seperti osteoporosis dan fraktur tulang (Genchi et al., 2020).

Kromium (Cr)

Kromium merupakan logam transisi yang termasuk dalam kelompok 6 dalam tabel periodik unsur. Warna logam ini berupa perak keabu-abuan dengan titik leleh sekitar $1.875\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan titik didih sebesar $2.672\text{ }^{\circ}\text{C}$. Berat jenis logam ini sebesar $7,19\text{ g/cm}^3$ menjadikannya logam yang cukup padat. Logam ini termasuk reaktif tetapi lebih stabil dibandingkan dengan logam transisi lainnya. Logam ini cenderung membentuk lapisan oksida yang melindungi logam dari korosi lebih lanjut (DesMaris and Costa, 2019). Pencemaran kromium terutama terjadi melalui emisii industri, limbah domestik, dan penggunaan produk kimia yang mengandung kromium. Industri seperti pabrik baja, pabrik kimia, dan pabrik pengolahan logam adalah sumber utama emisii kromium ke lingkungan.. Beberapa produk konsumen seperti cat, produk pemutih, dan deterjen dapat mengandung senyawa kromium yang dapat dilepaskan ke lingkungan selama produksi, penggunaan, atau pembuangan limbah (DesMarias & Costa, 2019).

Toksisitas kromoiium bervariasi bergantung pada bentuk kimia yang terdiri dari kromium heksavalen (Cr(VI)) dan kromium trivalen (Cr(III)). Kromium heksavalen cenderung lebih beracun dibandingkan trivalen. Kromium heksavalen diklasifikasikan sebagai karsinoigenik, jika terjadi paparan dalam jangka waktu lama yang meningkatkan resiko terkena kanker paru-paru. Gejala awal biasanya ditandai dengan iritasi pada saluran nafas seperti batuk, sesak nafas, dan gatal tenggorokan. Pada kromium trivalen biasanya dianggap sebagai

nutrien esensial dalam jumlah yang sangat kecil tetapi dalam dosis yang lebih tinggi dapat menyebabkan toksik seperti iritasi pada kulit dan mata (DesMarias & Costa, 2019).

Tembaga (Cuprum/ Cu)

Tembaga merupakan logam transisi yang memiliki sifat fisik yang khas yaitu berwarna kemerahan atau jingga kecoklatan dan berkilap jika dihaluskan. Tembaga termasuk logam berat yang relatif lunak dan mudah dibentuk serta memiliki kekuatan yang tinggi jika dipadatkan dalam bentuk logam. Logam ini cenderung membentuk senyawa dengan berbagai elemen dan dapat membentuk senyawa anorganik dan organik. Tembaga memiliki konduktivitas listrik dan panas yang sangat baik sehingga banyak dimanfaatkan dalam industri elektronik dan listrik termasuk pembuatan kabel listrik, pipa air, peralatan dapur, peralatan medis, dan dalam pembuatan logam paduan (kuningan dan perunggu) (Savitz & Hattersley, 2023).

Logam ini sering kita jumpai sehari-hari dan merupakan nutrien esensial yang diperlukan untuk berbagai fungsi biologis dalam tubuh manusia dan hewan. Ambang batas yang dipersyaratkan oleh *World health organization* (WHO) dalam air minum adalah 2 mg/mL. Logam ini jika terpapar dalam jumlah berlebih dapat menjadi toksik dan menyebabkan berbagai efek negatif bagi kesehatan. Paparan tembaga dalam jumlah signifikan dapat menyebabkan gangguan saluran pencernaan seperti mual dan muntah, diare, serta sakit perut. Logam ini jika berlebih dalam tubuh dapat menyebabkan kerusakan hati seperti hepatitis toksik dan nekrosis hepatosit. Selain itu, juga dapat mempengaruhi fungsi ginjal dan menyebabkan kerusakan pada tubulus ginjal dan glomerulus serta berpotensi meningkatkan resiko penyakit gagal ginjal. Paparan tembaga juga dapat mengganggu fungsi neurologis

seperti kejang, tremor, gangguan koordinasi dan kerusakan pada sistem saraf pusat (Whitacre, 2014).

Nikel (Ni)

Nikel merupakan logam transisi yang ditemukan pada kelompok 10 dalam tabel periodik unsur dengan nomor atom 28. Logam berat ini penting dalam industri karena memiliki sifat yang kuat, tahan korosi, dan mudah diolah. Warna logam berat ini adalah perak keputihan dan memiliki kilap logam. Nikel memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan tahan terhadap korosi sehingga sering sekali digunakan dalam lapisan pelindung baja dan logam lainnya. Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi industri termasuk pembuatan baja tahan karat, peralatan listrik, katalis, dan baterai. Nikel juga memiliki efek toksik pada manusia jika terpapar dalam jumlah berlebihan. Paparan nikel dapat menyebabkan dermatitis kontak, gangguan pernafasan, dan bahkan kanker dalam kasus paparan jangka panjang dan tingkat yang tinggi. Dalam ekologi lingkungan, nikel juga dapat menjadi polutan yang signifikan terutama jika dilepaskan dalam jumlah besar dari industri pertambangan, atau limbah domestik. Pengelolaan limbah dan penggunaan nikel yang bijaksana sangat penting untuk melindungi lingkungan dan kesehatan manusia (Das et al., 2019).

PESTISIDA

Pestisida merupakan zat kimia atau agen biologis yang digunakan untuk mengendalikan, menghambat atau membasmi hama, gulma, atau penyakit yang sering merusak tanaman pertanian dan hewan ternak. Pestisida dapat berupa senyawa kimia sintesis, bahan alami, atau mikroorganisme. Penggunaan pestida dapat memiliki dampak negatif pada lingkungan, termasuk pencemaran tanah, air, dan udara. Selain itu, penggunaan dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan resistensi

hama terhadap pestisida, hilangnya keanekaragaman hayati, dan pencemaran residu pestisida dalam makanan (Ali & Khan, 2018). Jenis pestisida dan dampaknya bagi manusia dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

Insektisida

Bahan insektisida merupakan zat kimia yang digunakan untuk mengendalikan atau membunuh hama serangga yang merusak tanaman pertanian atau tanaman hias. Walaupun bahan ini efektif dalam mengendalikan hama, tetapi juga beresiko membahayakan kesehatan manusia. Berikut beberapa bahan insektisida menurut (Inamuddin et al., 2021) yang umum digunakan dan resiko penyakit yang ditimbulkan.

1. **Organofosfat.** Kelas insektisida yang bekerja dengan mengganggu sistem saraf hama. Paparan berlebihan dapat menyebabkan gejala penyakit seperti sakit kepala, mual, muntah, kejang, dan bahkan keracunan saraf yang parah. Beberapa organofosfat yang digunakan diklasifikasikan sebagai karsinogen potensial oleh lembaga kesehatan.
2. **Karbofuran.** Insektisida sistemik yang digunakan untuk mengendalikan serangga tanah dan serangga penghisap. Keracunan akut karbofuran dapat menyebabkan muntah, diare, kejang, dan bahkan kematian.
3. **Pyrethroid.** Kelas insektisida yang berasal dari bunga pyrethrum. Bahan insektisida ini sering digunakan dalam rumah tangga dan perlindungan tanaman. Paparan bahan ini dapat menyebabkan iritasi kulit, mata, dan saluran pernafasan.
4. **Klorinasi.** Bahan insektisida yang sering digunakan seperti dikloro-difenil-trikloroetana (DDT) termasuk dalam kategori klorinasi. DDT sudah tidak digunakan di beberapa negara karena dampaknya yang merusak lingkungan dan kesehatan manusia. Paparan jangka panjang DDT dapat

meningkatkan resiko kanker, gangguan hormon, dan gangguan reproduksi.

5. **Neonikotinoid.** Bahan insektisida ini bekerja dengan mengganggu sistem saraf serangga. Paparan bahan ini dapat menyebabkan mual, muntah, sakit kepala, kelemahan, dan gangguan saraf.

Herbisida

Jenis pestisida yang digunakan untuk membunuh gulma yang bersaing dengan tanaman budidaya. Beberapa bahan aktif yang umum digunakan dalam herbisida dan dampaknya menurut Inamuddin et al., (2021) sebagai berikut: **(1) Glifosfat.** Bahan ini paling umum digunakan dalam herbisida seperti yang terkenal di pasaran dengan nama Roundup. Bahan ini bekerja dengan cara menghambat enzim yang penting untuk sintesis asam amino pada tanaman sehingga gulma akan mati. Penggunaan glifosfat berlebihan dapat menyebabkan ketahanan gulma itu sendiri sehingga menyulitkan pengendalian dan mendorong penggunaan dosis yang lebih tinggi atau kombinasi herbisida lain yang kuat. Paparan pada manusia memungkinkan peningkatan resiko kanker. **(2) Atrazin.** Herbisida yang sering digunakan dalam budidaya tanaman jagung. Atrazin telah ditemukan mencemari sumber air dan air minum di beberapa daerah dengan wilayah pertanian yang intensif. Hal ini dapat menyebabkan faktor resiko penyebab penyakit pada manusia termasuk resiko kesehatan reproduksi dan perkembangan janin. Bahan ini juga berpengaruh terhadap kehidupan akuatik termasuk penurunan populasi amfibi dan gangguan pada sistem reproduksi hewan air. **(3) 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D).** Herbisida jenis ini digunakan secara luas dalam kontrol gulma di lahan pertanian dan non-pertanian. Paparan berlebih pada manusia dikaitkan dengan resiko kesehatan seperti iritasi kulit, mata, dan saluran pernafasan, serta meningkatkan resiko

perkembangan kanker tertentu. Paparan berlebih pada lingkungan dapat merusak keanekaragaman hayati lokal.

Fungisida

Fungisida merupakan zat kimia yang sering digunakan untuk menghambat atau membunuh pertumbuhan jamur yang merugikan tanaman, hewan, atau manusia. Fungisida sering digunakan untuk melindungi tanaman yang bernilai ekonomis agar terhindar dari penyakit dan berdampak pada hasil panen. Penggunaan fungisida yang berlebihan dapat berdampak negatif jika digunakan berlebihan menurut Inamuddin et al., (2021) adalah sebagai berikut: (1) **Klorotalonil**. Bahan aktif ini digunakan dalam fungisida untuk melawan jamur pada tanaman seperti padi, sayuran, dan buah-buahan. Penggunaan bahan ini sebagai fungisida yang berlebihan dapat menimbulkan efek toksik pada organisme non-target seperti serangga dan ikan, bahkan berpotensi sebagai agen karsinogenik pada manusia. (2) **Kaptan**. Bahan ini digunakan untuk mengendalikan penyakit jamur pada tanaman hortikultura dan tanaman pertanian. Paparan kaptan dapat menyebabkan iritasi pada kulit, mata, dan saluran pernafasan manusia. Bahan ini juga dapat mencemari air dan tanah, mengganggu organisme akuatik, dan meningkatkan resiko kontaminasi makanan. (3) **Propikonazol**. Bahan aktif fungisida yang digunakan untuk melawan penyakit jamur yang menyerang gandum, jagung, dan tanaman hortikultura lainnya. Potensi toksisitas yang ditimbulkan akibat paparan yang berlebih seperti gangguan hormon dan kerusakan hati. (4) **Tebuconazole**. Bahan aktif yang sering digunakan dalam melawan jamur penyebab penyakit pada gandum, kedelai, dan buah-buahan. Paparan bahan ini dapat menyebabkan efek toksik pada organisme akuatik dan tanah, serta berpotensi menyebabkan gangguan hormonal pada hewan dan manusia.

Rodentisida

Rodentisida dimaksudkan untuk membunuh dan atau mengendalikan populasi hama tikus atau hewan pengerat lain yang sejenis. Beberapa bahan aktif yang umum digunakan dalam rodentisida dan berdampak negatif pada epidemiologinya menurut Inamuddin et al., (2021) yaitu **(1) Brodifakum**. Bahan ini bekerja dengan cara menyerang sistem pembekuan darah yang menyebabkan pendarahan internal sehingga hewan pengerat mengalami kematian. Dampak epidemiologi dari brodifakum termasuk resiko keracunan pada hewan non-target, pencemaran lingkungan, dan peningkatan resiko kesehatan pada manusia yang terpapar melalui paparan langsung atau melalui rantai makanan). **(2) Bromadiolon dan Difenacoum**. Bahan aktif rodentisida yang bekerja dengan cara mengganggu pembekuan darah, yang menyebabkan pendarahan internal pada tikus dan hewan pengerat lainnya. Dampak epidemiologi termasuk resiko keracunan pada hewan non-target, pencemaran lingkungan, dan potensi residu pada makanan dan air minum manusia. **(3) Zinkfosfida**. Bahan aktif ini biasanya digunakan dalam bentuk umpan beracun. Zinkfosfida bereaksi dengan asam lambung dalam tubuh tikus dan menghasilkan gas fosfin yang menyebabkan keracunan dan kematian. Dampak epidemiologinya termasuk resiko pada hewan non target, pencemaran lingkungan, dan potensi kontaminasi makanan manusia. **(4) Difetialon**. Bahan aktif yang termasuk dalam kelompok antikoagulan. Dampak epidemiologinya mirip dengan zinkfosfida seperti keracunan pada hewan non target, pencemaran lingkungan, dan potensi paparan residu pada makanan manusia.

Moluskisida

Zat kimia yang digunakan untuk membunuh siput atau moluska yang dianggap sebagai hama dinamakan moluskisida.

Beberapa bahan aktif moluskisida dan dampak epidemiologi menurut Inamuddin et al., (2021) adalah sebagai berikut: **(1) Metaldehid.** Bahan aktif yang sering digunakan untuk membunuh siput dan keong. Efek toksik dilakukan dengan mempengaruhi sistem saraf moluska, menyebabkan kelumpuhan, dan kematian. Dampak epidemiologinya seperti keracunan pada hewan non target yang memakan siput yang terkontaminasi, serta kontaminasi air dan lingkungan yang dapat membahayakan organisme akuatik. **(2) Ferrosferrat.** Bahan aktif moluskisida yang mengandung besi dalam bentuk ferri fosfat. Bahan ini digunakan untuk mengendalikan populasi siput dan keong dalam berbagai lingkungan, termasuk pertanian dan perkebunan. Dampak epidemiologinya mencakup resiko paparan residu pada makanan atau air minum manusia yang terkontaminasi ferrosferrat, serta potensi keracunan pada hewan non-target yang memakan siput yang terpapar. **(3) Methiocarb dan Klorofacinon.** Bahan aktif yang bekerja dengan mengganggu sistem saraf siput dan keong. Bahan ini dapat mencemari lingkungan air dan tanah jika tidak dikelola dengan baik.

BAHAN KIMIA ORGANIK

Bahan kimia organik merupakan senyawa kimia yang mengandung unsur karbon dan mayoritas berasal dari sumber alami atau sintesis organik. Bahan kimia organik sering dianggap lebih aman daripada kimia sintesis, namun beberapa bahan kimia organik dapat berdampak negatif menurut Savitz & Hattersley, (2023) antara lain:

1. **Pestisida organik.** Bahan kimia organik yang digunakan untuk mengendalikan hama, gulma, atau penyakit tanaman secara organik. Contoh pestisida organik adalah minyak neem, ekstrak pyrethrin dari bunga *Chrysanthemum*, atau minyak kayu putih. Walaupun pestisida organik dianggap

aman, namun penggunaan yang berlebihan berdampak negatif pada hewan dan manusia, kontaminasi tanah dan air, dan resistensi hama terhadap bahan aktif tersebut.

2. **Pupuk organik.** Biasanya terbuat dari bahan alami seperti kompos, kotoran hewan, atau bahan tumbuhan yang terurai secara alami. Pupuk organik sering dianggap ramah lingkungan, namun apabila dipergunakan secara berlebihan atau tidak terkendali dapat menyebabkan pencemaran tanah dan air dengan nutrisi yang berlebihan, seperti nitrat atau fosfat. Hal ini dapat menyebabkan eutrofikasi dan mengganggu ekosistem akuatik.
3. **Senyawa organik volatil.** Senyawa ini mudah menguap menjadi gas, seperti senyawa formaldehida, benzena, atau toluen. Bahan ini sering ditemukan dalam bahan bangunan, cat, pembersih rumah tangga, dan bahan konsumen lainnya. Paparan jangka panjang dapat menyebabkan iritasi pernapasan, gangguan neurologis, dan bahkan dapat menyebabkan kanker pada manusia. Bahan ini juga berkontribusi pada pembentukan ozon troposferik dan polusi udara dalam ruangan, yang memiliki dampak negatif pada kesehatan manusia dan lingkungan.
4. **Pengawet organik.** Bahan ini digunakan dalam berbagai produk untuk mencegah pertumbuhan jamur, bakteri, protozoa dan mikroorganisme lainnya. Contoh pengawet organik adalah asam sorbat, asam benzoat, atau ekstrak bunga rosemary. Penggunaan yang berlebihan akan menyebabkan reaksi alergi, iritasi kulit atau mata, dan gangguan hormon pada manusia.

KESIMPULAN

Pada epidemiologi, agen kimia penyebab penyakit dibedakan menjadi endogenous dan eksogenous. Agen kimia endogenous seperti kolesterol, insulin, asam urat, sitokin pro-inflamasi, dan stres oksidatif diproduksi dalam tubuh manusia itu sendiri dan berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan fungsi normal tubuh. Namun, dalam beberapa kondisi tertentu atau jika terjadi ketidakseimbangan dalam produksinya maka akan mempengaruhi fungsinya serta berperan dalam kontribusi suatu penyakit. Agen kimia eksogenous seperti logam berat, pestisida, dan bahan kimia organik seringkali kompleks dan menyebabkan penyakit yang berbeda. Logam berat non esensial jika terpapar dalam tubuh manusia dapat bersifat karsinogenik seperti merkuri, timbal, kadmium, tembaga, dan nikel. Pestisida pada penggunaan yang berlebihan dapat merusak agen biologis non-target, resistensi hama terhadap pestisida menjadi berkurang, hilangnya keanekaragaman hayati, dan pencemaran residu pestisida dalam makanan serta beberapa pestisida dapat menyebabkan kanker seperti triklorometana.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., & Khan, E. (2018). Bioaccumulation of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in freshwater fish. Risk to human health. *Environmental Chemistry Letters*, 16(3), 903–917. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0734-7>
- Azeh Engwa, G., Udoka Ferdinand, P., Nweke Nwalo, F., & N. Unachukwu, M. (2019). Mechanism and Health Effects of Heavy Metal Toxicity in Humans. In O. Karcioğlu & B. Arslan (Eds.), *Poisoning in the Modern World—New Tricks for an Old Dog?* IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>
- Branco, V., Caito, S., Farina, M., Teixeira Da Rocha, J., Aschner, M., & Carvalho, C. (2017). Biomarkers of

- mercury toxicity: Past, present, and future trends. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 20(3), 119–154. <https://doi.org/10.1080/10937404.2017.1289834>
- Das, K. K., Reddy, R. C., Bagoji, I. B., Das, S., Bagali, S., Mullur, L., Khodnapur, J. P., & Biradar, M. S. (2019). Primary concept of nickel toxicity – an overview. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, 30(2), 141–152. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2017-0171>
- DesMarias, T. L., & Costa, M. (2019). Mechanisms of chromium-induced toxicity. *Current Opinion in Toxicology*, 14, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2019.05.003>
- 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(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s12982-015-0037-4>
- Filipoiu, D. C., Bungau, S. G., Endres, L., Negru, P. A., Bungau, A. F., Pasca, B., Radu, A.-F., Tarce, A. G., Bogdan, M. A., Behl, T., Nechifor, A. C., Hassan, S. S. U., & Tit, D. M. (2022). Characterization of the Toxicological Impact of Heavy Metals on Human Health in Conjunction with Modern Analytical Methods. *Toxics*, 10(12), 716. <https://doi.org/10.3390/toxics10120716>
- Gaffney, J., & Marley, N. (2014). In-depth review of atmospheric mercury: Sources, transformations, and potential sinks. *Energy and Emission Control Technologies*, 1. <https://doi.org/10.2147/EECT.S37038>
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>

- Holt-Lunstad, J. (2022). Social Connection as a Public Health Issue: The Evidence and a Systemic Framework for Prioritizing the “Social” in Social Determinants of Health. *Annual Review of Public Health*, 43(1), 193–213. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-052020-110732>
- Inamuddin, Ahamed, M. I., & Lichtfouse, E. (Eds.). (2021). *Sustainable Agriculture Reviews 48: Pesticide Occurrence, Analysis and Remediation Vol. 2 Analysis* (Vol. 48). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54719-6>
- Savitz, D. A., & Hattersley, A. M. (2023). Evaluating Chemical Mixtures in Epidemiological Studies to Inform Regulatory Decisions. *Environmental Health Perspectives*, 131(4), 045001. <https://doi.org/10.1289/EHP11899>
- Singh, N., Kumar, A., Gupta, V. K., & Sharma, B. (2018). Biochemical and Molecular Bases of Lead-Induced Toxicity in Mammalian Systems and Possible Mitigations. *Chemical Research in Toxicology*, 31(10), 1009–1021. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.8b00193>
- Sonke, J. E., Angot, H., Zhang, Y., Poulain, A., Björn, E., & Schartup, A. (2023). Global change effects on biogeochemical mercury cycling. *Ambio*, 52(5), 853–876. <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01855-y>
- Tun, T. Z., Han, S. M., Moji, K., & Matsui, M. (2024). A descriptive study of stroke types, risk factors, clinical features, and outcomes in a tertiary hospital in Myanmar. *Tropical Medicine and Health*, 52(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s41182-024-00592-6>
- Whitacre, D. M. (Ed.). (2014). *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* (Vol. 229). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-03777-6>

BAB 8

AGENT FISIK

I Made Dwi Mertha Adnyana
Universitas Hindu Indonesia, Denpasar
E-mail: dwikmertha13@gmail.com

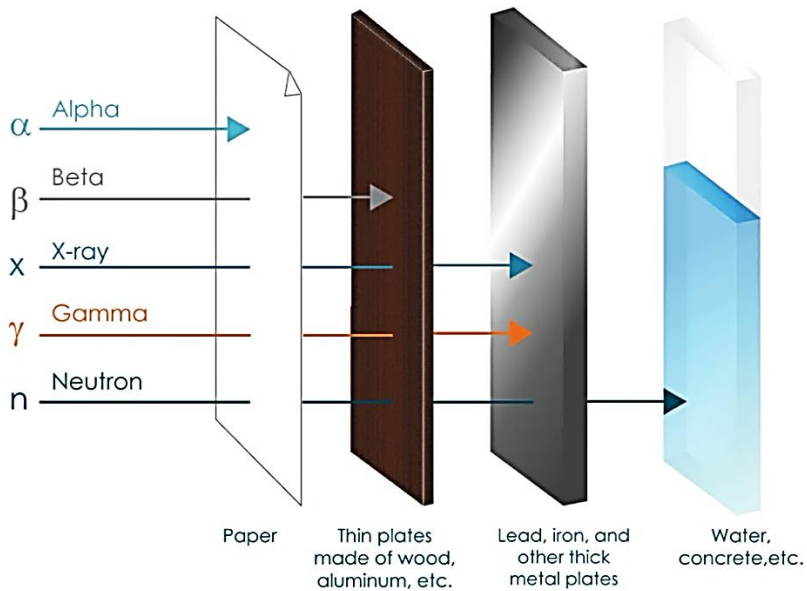
PENDAHULUAN

Dalam bidang epidemiologi, agen fisik mencakup berbagai predisposisi lingkungan yang memberikan pengaruh langsung dan/atau tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Agen-agen ini meliputi radiasi pengion dan non-pengion, kebisingan, cahaya, trauma, dan cedera. Dalam studi epidemiologi yang membedakan agen fisik ini yakni sifatnya yang berwujud dan sering kali dapat diukur, sehingga memungkinkan menyelidiki dampaknya terhadap hasil kesehatan dengan tingkat presisi tertentu. Agen fisik didefinisikan sebagai segala bentuk energi atau zat yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada kesehatan manusia melalui paparan langsung atau interaksi dengan sistem biologis. Agen fisik berkontribusi signifikan terhadap beban penyakit global dengan dampak yang mencakup cedera akut, kondisi kronis, dan kecacatan jangka panjang. Kekhawatiran yang muncul seperti proliferasi medan elektromagnetik dari teknologi komunikasi nirkabel dan potensi dampak kesehatan dari paparan cahaya buatan menggarisbawahi perlunya penelitian dan pengawasan berkelanjutan di bidang ini. Pada bab ini, akan diulas secara komprehensif interaksi kompleks antara agen fisik dan kesehatan manusia dan lingkungan guna memberikan informasi ilmiah untuk mewaspadaikan dan mengenali agen fisik di sekitar lingkungan setiap individu, sehingga mendorong praktik lingkungan lebih aman dan meningkatkan kesejahteraan secara keseluruhan.

RADIASI PENGION

Radiasi pengion adalah suatu bentuk energi yang ditandai dengan kemampuannya untuk membebaskan elektron dari atom atau molekul atau atom lain saat melewati materi sehingga mencapai proses ionisasi. Pada prinsipnya radiasi pengion terbagi menjadi dua yakni radiasi elektromagnetik meliputi radiasi ultraviolet berenergi tinggi, sinar X, sinar gamma sedangkan radiasi partikel meliputi partikel alfa, partikel beta (elektron) dan neutron (Yamaghuci-Sekino, 2022). Perbedaan kemampuan radiasi pengion disajikan pada gambar 8.1.

Radiasi pengion yang berasal dari alam maupun buatan mampu menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan karena kemampuannya mengionisasi atom dan molekul, sehingga menyebabkan kerusakan sel. Sumber alam meliputi sinar kosmik dan unsur terestrial seperti uranium dan gas radon, sedangkan sumber buatan manusia mencakup prosedur medis, pembangkit listrik tenaga nuklir, dan aktivitas industri. Paparan radiasi pengion dapat mengakibatkan efek akut seperti kerusakan jaringan dan sindrom radiasi akut (ARS), serta efek kronis seperti masalah kesehatan kanker dan non-kanker (Tapio et al., 2021). Paparan radiasi pengion di tempat kerja dan lingkungan memerlukan tindakan perlindungan radiasi yang ketat dan kerangka peraturan untuk meminimalkan risiko dan memastikan keselamatan masyarakat (Hall et al., 2017).



Sumber: Sains Kimia (2024)

Gambar 8.1. Perbedaan kemampuan radiasi pengion

Pada prinsipnya, segala jenis radiasi pengion berbeda dalam tingkat energi, kemampuan penetrasi, dan efek biologisnya, namun semuanya memiliki kemampuan yang sama untuk mengionisasi atom dan molekul, sehingga berpotensi menimbulkan efek buruk bagi kesehatan jika terpapar dalam jangka waktu panjang. Berdasarkan sumber dan jenis radiasi pengion dibagi menjadi dua yakni sumber alami dan buatan manusia yang diuraikan sebagai berikut.

1. Sumber alami merupakan sumber radiasi yang berasal dari alam seperti: a) Radiasi kosmik, radiasi yang berasal dari luar angkasa. Sinar kosmik mencakup partikel berenergi tinggi mencakup proton dan partikel alfa, partikel ini secara terus – menerus memasuki atmosfer dan permukaan bumi; b) Radiasi terestrial, radiasi ini mengandung unsur

radioaktif seperti uranium, thorium, dan produk peluruhannya terdapat di tanah, batuan, dan bahan bangunan. Gas radon dan produk peluruhan uranium merupakan kontributor signifikan terhadap paparan radiasi terestrial khususnya di dalam ruangan.

2. Sumber buatan manusia merupakan sumber radiasi yang berasal dari hasil perbuatan manusia seperti: a) prosedur medis, teknik pencitraan diagnostik seperti sinar-X, CT scan, dan prosedur kedokteran nuklir melibatkan radiasi pengion untuk tujuan visualisasi dan pengobatan; b) pembangkit listrik tenaga nuklir, reaktor nuklir menghasilkan radiasi pengion selama operasi normal dan dalam kecelakaan dan/atau insiden berupa pelepasan radioaktif; c) kegiatan industri, berbagai industri termasuk pertambangan, peleburan logam, dan pengolahan bahan bakar nuklir menghasilkan radiasi pengion sebagai produk sampingan dari proses industri. Selain itu, kegiatan penelitian yang memanfaatkan bahan radioaktif berkontribusi terhadap sumber radiasi pengion buatan manusia.

Radiasi pengion berpotensi menyebabkan kerusakan sel dengan mengionisasi atom dalam jaringan biologis secara langsung atau tidak langsung. Dampak kesehatan dari paparan radiasi pengion dapat bersifat akut yang terjadi segera setelah paparan seperti: a) adanya kerusakan jaringan, radiasi pengion dosis tinggi dapat menyebabkan kerusakan jaringan secara langsung, menyebabkan luka bakar akibat radiasi, penyakit radiasi (keracunan radiasi), dan bahkan kematian; b) Sindrom radiasi akut (ARS), ARS terjadi akibat paparan radiasi pengion dosis tinggi di seluruh tubuh dalam waktu singkat (Ariastuti et al., 2023). Gejalanya meliputi mual, muntah, diare berkepanjangan, dan penekanan pada sumsum tulang.

Berbeda dengan efek akut, radiasi pengion juga memberikan efek kronis yang ditandai dengan adanya efek tertunda yang muncul berbulan-bulan atau bertahun-tahun kemudian setelah paparan. Efek kronis ditandai berupa perubahan patologis jaringan dan/atau organ seperti a) kanker, terjadi karena adanya radiasi pengion dikenal sebagai karsinogen, mampu menginduksi mutasi pada DNA dan meningkatkan risiko berbagai jenis kanker termasuk leukemia, kanker tiroid, kanker payudara, kanker paru-paru, dan lainnya; b) efek kesehatan non-kanker yakni kerusakan patologis yang disebabkan oleh radiasi pengion pada bagian tubuh dan/atau organ lainnya seperti katarak, penyakit kardiovaskular, dan gangguan reproduksi; c) mutasi genetik yakni kerusakan DNA akibat radiasi yang menyebabkan kelainan genetik herediter pada keturunan yang terpapar saat proses kehamilan dan/atau di dalam sel germinal. Kondisi ini mengakibatkan perubahan perilaku, sifat dan kedudukan kromosom yang berimplikasi pada penyakit alkaptonuria, anemia sel sabit, hemofilia, *down syndrom* dan sindrom klinefelter (Hauptmann et al., 2020; Yamaghuci-Sekino, 2022).

Paparan radiasi pengion juga telah dilaporkan di tempat kerja dan lingkungan secara ekplisit. Paparan kerja umumnya terjadi pada pekerja industri intensif radiasi seperti pada pembangkit listrik tenaga nuklir, radiologi, dan kedokteran nuklir. Pemantauan paparan di tempat kerja, penilaian dosis, dan tindakan proteksi radiasi sangat penting untuk meminimalkan risiko radiasi di tempat kerja. Tindakan perlindungan mencakup penggunaan bahan pelindung, pengendalian teknik (misalnya, selungkup penahanan), pengendalian administratif (misalnya, praktik kerja, pembatasan akses), dan peralatan pelindung diri (misalnya, celemek timah, lencana dosimetri). Pertimbangan utama untuk proteksi radiasi di tempat kerja meliputi pemantauan paparan radiasi melalui dosimeter pribadi yang

dikenakan pekerja untuk memastikan kepatuhan terhadap peraturan batas dosis, menerapkan pengendalian teknik, seperti pelindung timbal dan penghalang penahanan untuk mengurangi paparan radiasi di tempat kerja, serta memberikan pelatihan keselamatan radiasi kepada pekerja mengenai teknik penanganan yang benar, penggunaan peralatan pelindung, dan prosedur darurat.

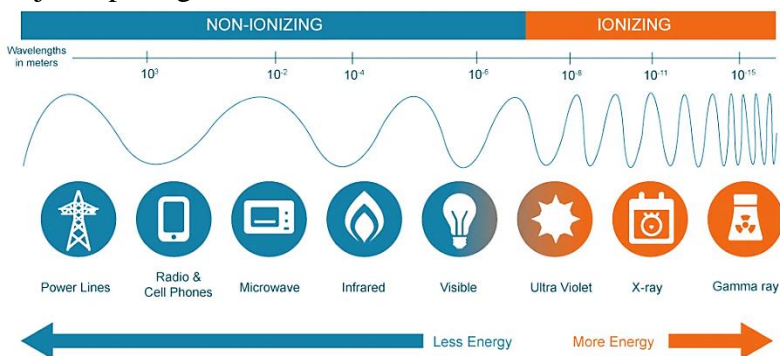
Paparan radiasi pengion pada lingkungan umumnya dialami oleh masyarakat yang tinggal di dekat fasilitas nuklir, lokasi penambangan uranium, atau daerah yang terkena kontaminasi radioaktif. Faktor-faktor yang mempengaruhi paparan lingkungan termasuk penyebaran atmosfer, kontaminasi tanah, dan perpindahan radionuklida dalam rantai makanan. Program pemantauan radiasi lingkungan berupaya menilai tingkat radiasi di udara, air, tanah, dan makanan untuk mengevaluasi potensi risiko kesehatan terhadap masyarakat. Badan pemerhati lingkungan harus menetapkan standar radiasi lingkungan dan menerapkan langkah-langkah untuk mengurangi risiko paparan dan melindungi kesehatan masyarakat.

Pada praktiknya di lapangan radiasi pengion harus diatur dalam tindakan dan regulasi proteksi untuk memastikan keamanan pada masyarakat. Proteksi radiasi dilakukan berdasarkan kepentingan penggunaan dan kebenaran implementasi penggunaan radiasi pengion dengan mempertimbangkan manfaat dan risikonya. Umumnya, prinsip ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*) memandu upaya meminimalkan paparan radiasi dengan tetap menjaga akurasi diagnostik atau terapeutik suatu pengobatan di tempat layanan kesehatan. Regulasi yang diatur oleh *Nuclear Regulatory Commission* (NRC) di Amerika Serikat dan *International Atomic Energy Agency* (IAEA) secara global menetapkan standar, peraturan, dan pedoman untuk memastikan penggunaan radiasi pengion secara aman (Bloom, 2019; Passchier-Vermeer

& Passchier, 2000). Persyaratannya mencakup pelatihan keselamatan radiasi, perizinan sumber radiasi, kegiatan inspeksi dan penegakan hukum, serta kesiapsiagaan dan tanggap darurat yang ditimbulkan dari adanya radiasi pengion. Praktik proteksi radiasi dilakukan guna memberikan jaminan kualitas, pemantauan dosimetri, dan audit keselamatan radiasi untuk memverifikasi kepatuhan terhadap regulasi dan memastikan efektivitas tindakan proteksi radiasi.

RADIASI NON-PENGIION

Radiasi non-pengion merujuk pada radiasi yang tidak memiliki energi cukup untuk mengionisasi atom atau molekul yang terdampak. Hal ini berbeda dengan radiasi pengion yang memiliki energi yang cukup untuk melepaskan elektron dari atom atau molekul yang terdampak. Radiasi non-pengion seringkali disebut juga sebagai "*radiasi non-ionisasi*" (Lee & Kim, 2014). Sumber utama radiasi non-pengion adalah sinar ultraviolet (UV), gelombang radio, gelombang mikro, sinar inframerah dan gelombang frekuensi sangat rendah (Hansson Mild et al., 2019). Perbedaan radiasi pengion dan non pengion disajikan pada gambar 8.2.



Sumber: Sains Kimia (2024)

Gambar 8.2. Perbedaan radiasi pengion dan non pengion

Radiasi non pengion dibagi menjadi beberapa bagian diantaranya: a) Radiasi *Extremely Low Frequency Radiation* (ELF) pada 60 HZ dihasilkan oleh saluran listrik, kabel listrik, dan peralatan listrik. Sumber umum paparan intens termasuk tungku induksi ELF dan saluran listrik bertegangan tinggi; b) Radiasi *Radiofrequency* (RF) dan *Microwave* (MW), radiasi ini diserap di dekat kulit sedangkan radiasi radiofrekuensi dapat diserap ke seluruh tubuh. Pada intensitas yang cukup tinggi keduanya akan merusak jaringan melalui pemanasan. Sumber radiasi RF dan MW termasuk pemancar radio dan telepon seluler; c) Radiasi Inframerah (IR), kulit dan mata menyerap radiasi infra merah sebagai panas. Pekerja umumnya merasakan paparan berlebih melalui sensasi panas dan nyeri, sumber radiasi IR termasuk tungku, lampu pemanas, dan laser inframerah; d) Radiasi cahaya tampak, frekuensi spektrum elektromagnetik (EM) yang berbeda-beda mampu dilihat oleh mata sebagai warna yang berbeda. Pencahayaan yang baik kondusif untuk peningkatan produksi, dan dapat membantu mencegah insiden terkait kondisi pencahayaan yang buruk. Radiasi tampak yang berlebihan dapat merusak mata dan kulit; e) Radiasi Ultraviolet (UV), memiliki kisaran energi foton yang tinggi dan sangat berbahaya karena biasanya tidak menimbulkan gejala langsung jika terkena paparan berlebihan. Memiliki panjang gelombang berkisar antara 400 hingga 700 nm. Sumber radiasi UV antara lain matahari, lampu hitam, busur las, dan laser UV; f) Radiasi laser, mampu memancarkan radiasi optik (UV, cahaya tampak, IR) dan terutama berbahaya bagi mata dan kulit. Laser yang umum termasuk laser CO₂ IR; helium - neon, neodmium YAG, dan laser rubi tampak, dan laser Nitrogen UV (Hauptmann et al., 2020; Jones, 2021; Omer, 2021).

Radiasi non-pengion umumnya dianggap sebagai radiasi dengan risiko yang lebih rendah daripada radiasi pengion, paparan berulang atau dalam jumlah besar dapat menyebabkan

efek negatif pada kesehatan manusia. Beberapa dampak kesehatan potensial dari radiasi non-ionisasi meliputi: a) efek termal, radiasi frekuensi radio (RF) dan gelombang mikro memiliki kemampuan menembus jaringan dan menghasilkan panas. Paparan radiasi RF tingkat tinggi menyebabkan efek termal berupa pemanasan jaringan, luka bakar, dan cedera termal lainnya; b) efek fotokimia, radiasi ultraviolet (UV) khususnya UVB dan UVC menyebabkan reaksi fotokimia pada kulit, kulit terbakar, penuaan kulit dini, dan peningkatan risiko kanker kulit. Radiasi UV juga dapat merusak DNA dan menekan sistem kekebalan tubuh, berkontribusi terhadap perkembangan kanker kulit seperti melanoma, karsinoma sel basal, dan karsinoma sel skuamosa; c) efek non-termal pada sistem biologis berupa perubahan permeabilitas membran sel, ekspresi gen, dan stres oksidatif (Elwood, 2017; Omer, 2021) Hingga saat ini, memahami dan membatasi paparan terhadap radiasi non-pengion terutama dalam bidang pekerjaan atau lingkungan di mana paparan tersebut mungkin lebih tinggi perlu dilakukan. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan perlindungan seperti tabir surya untuk melindungi dari sinar UV, atau dengan menjaga jarak dan waktu paparan terhadap peralatan elektronik yang menghasilkan radiasi non-pengion. Selain itu, regulasi dan pedoman keselamatan kerja harus mengatur batas paparan radiasi non-pengion untuk melindungi kesehatan manusia dalam jangka panjang.

PAPARAN KEBISINGAN

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan atau berbahaya yang mengganggu lingkungan atau kesehatan manusia. Hal ini ditandai dengan intensitasnya (diukur dalam desibel), frekuensi (diukur dalam Hertz), dan durasi (menit, jam, hari dan bulan) (Passchier-Vermeer & Passchier, 2000). Kebisingan dapat berasal dari berbagai

sumber, antara lain proses industri, transportasi, aktivitas konstruksi, dan aktivitas rekreasi. Berdasarkan sumber paparan kebisingan terbagi menjadi dua yakni sumber kebisingan lingkungan dan pekerjaan. Sumber kebisingan lingkungan, merupakan kebisingan lingkungan timbul dari sumber luar seperti lalu lintas, pesawat terbang, kereta api, lokasi konstruksi, dan fasilitas industri, sedangkan sumber kebisingan di tempat kerja, merupakan kebisingan yang diperoleh di tempat kerja seperti pabrik, lokasi konstruksi, operasi penambangan, dan tempat hiburan. Pekerja di lingkungan seperti ini berisiko terpapar kebisingan tingkat tinggi dalam waktu lama, sehingga menyebabkan gangguan pendengaran saat bekerja dan masalah kesehatan lainnya meliputi insomnia, tekanan darah tinggi, stres berlebih dan emosional (Degeest et al., 2017; Lee & Kim, 2014).

Paparan kebisingan tingkat tinggi dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan manusia, antara lain: a) Gangguan pendengaran, paparan suara keras dalam waktu lama dapat merusak struktur halus telinga bagian dalam, menyebabkan gangguan pendengaran sensorineural, tinitus (telinga berdenging), dan gangguan pendengaran lainnya; b) Gangguan Tidur, kebisingan dapat mengganggu pola tidur, menyebabkan insomnia, tidur terfragmentasi, dan kelelahan di siang hari. Gangguan tidur kronis telah dikaitkan dengan dampak buruk bagi kesehatan, termasuk penyakit kardiovaskular dan gangguan fungsi kognitif; c) Stres dan kesehatan mental, paparan polusi suara yang terus-menerus dapat menyebabkan respons stres, kecemasan, dan gangguan suasana hati. Efek psikologis jangka panjang mungkin termasuk depresi, mudah tersinggung, dan penurunan kualitas hidup (Themann & Masterson, 2019).

Intervensi kesehatan masyarakat dilaksanakan untuk mengurangi polusi suara dan melindungi kesehatan dengan berbagai cara meliputi: a) Regulasi pencegahan dan

pengendalian kebisingan, dengan menetapkan dan menegakkan peraturan kebisingan, peraturan bangunan, dan batas paparan di tempat kerja sangat berguna untuk membatasi emisi kebisingan dari aktivitas industri, transportasi, dan rekreasi. Regulasi terkait ini sudah diatur dalam SNI 16-7063-2004 tentang nilai ambang batas iklim kerja (panas), kebisingan, getaran tangan-lengan, dan radiasi ultra ungu di tempat kerja; b) teknologi pengurangan kebisingan, diteraokan dalam pengendalian teknik, seperti penghalang suara, insulasi akustik, dan peredam suara guna mengurangi tingkat kebisingan pada sumbernya dan mengurangi penyebarannya ke lingkungan yang lebih luas; c) penyusunan kebijakan perencanaan kota dan tata guna lahan pada masyarakat yang sensitif terhadap kebisingan (misalnya kawasan perumahan, sekolah, fasilitas kesehatan) yang jauh dari sumber kebisingan tinggi dan menggabungkan ruang hijau dan infrastruktur penyangga kebisingan ke dalam rencana pembangunan perkotaan; serta d) kesadaran dan pendidikan masyarakat, meningkatkan kesadaran akan risiko kesehatan yang terkait dengan paparan kebisingan dan memberikan panduan tentang perilaku pengurangan kebisingan dan tindakan perlindungan, seperti menggunakan alat pelindung pendengaran, membatasi paparan terhadap lingkungan yang bising, dan mempraktikkan kebersihan suara. Dengan mengatasi polusi suara melalui intervensi kesehatan masyarakat yang komprehensif, pembuat kebijakan, perencana kota, dan individu dapat bekerja sama untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan berkelanjutan yang meminimalkan dampak buruk kebisingan terhadap kesehatan dan kesejahteraan manusia (X. Chen et al., 2023; Y. Chen et al., 2023).

PAPARAN CAHAYA

Cahaya memainkan peran penting dalam mengatur berbagai proses fisiologis dan perilaku manusia, termasuk siklus tidur-

bangun, sekresi hormon, suasana hati, dan fungsi kognitif. Paparan cahaya memengaruhi ritme sirkadian tubuh, yaitu jam biologis yang menyelaraskan proses fisiologis dan perilaku dengan siklus siang-malam 24 jam. Gangguan ritme sirkadian akibat pola paparan cahaya yang tidak teratur dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan, seperti gangguan tidur, gangguan mood, gangguan kinerja kognitif, dan peningkatan risiko penyakit kronis seperti obesitas, diabetes, dan gangguan kardiovaskular (Lee & Kim, 2014; Siraji et al., 2023).

Menurut sumbernya, paparan cahaya dibagi menjadi dua yakni a) sumber cahaya alami, sinar matahari menjadi sumber utama paparan cahaya alami yang memberikan spektrum panjang gelombang tampak termasuk radiasi ultraviolet (UV) dan inframerah (IR). Paparan cahaya alami bervariasi berdasarkan faktor seperti lokasi geografis, waktu, dan kondisi atmosfer; dan b) Sumber cahaya buatan, sumber cahaya buatan mencakup perlengkapan penerangan listrik seperti lampu pijar, lampu neon, dioda pemancar cahaya (LED), dan lampu pelepasan intensitas tinggi (HID). Paparan cahaya buatan telah menyebar luas di masyarakat modern karena pencahayaan dalam ruangan, perangkat elektronik (misalnya gawai, komputer), dan urbanisasi menyebabkan peningkatan polusi cahaya dan dampak kesehatan (Jones, 2021).

Gangguan pada pola paparan cahaya khususnya pada sore dan malam hari dapat berdampak buruk pada kesehatan manusia seperti: a) Mengganggu irama sirkadian, paparan cahaya buatan di malam hari, terutama cahaya biru yang dipancarkan oleh perangkat elektronik dan pencahayaan hemat energi, dapat menekan produksi melatonin, hormon yang mengatur siklus tidur-bangun. Gangguan ritme sirkadian ini dapat menyebabkan gangguan tidur, insomnia, dan kelelahan; b) mengganggu kualitas tidur, paparan cahaya buatan dalam waktu lama, terutama sebelum tidur, dapat menunda permulaan tidur,

mengurangi durasi tidur, dan menurunkan kualitas tidur. Kualitas tidur yang buruk dikaitkan dengan berbagai masalah kesehatan, termasuk gangguan fungsi kognitif, gangguan mood, dan peningkatan kerentanan terhadap penyakit kronis; c) peningkatan risiko penyakit kronis, gangguan kronis pada ritme sirkadian dan kurang tidur telah dikaitkan dengan peningkatan risiko obesitas, diabetes, penyakit kardiovaskular, dan jenis kanker tertentu. Gangguan paparan cahaya dapat mengubah proses metabolisme, regulasi hormon, dan fungsi kekebalan tubuh, sehingga berkontribusi terhadap perkembangan dan perkembangan penyakit (Bozejko et al., 2023; Jones, 2021; Yin & Longcore, 2023).

Untuk memitigasi dampak buruk gangguan paparan cahaya terhadap kesehatan, strategi untuk mengelola paparan cahaya meliputi: a) merancang lingkungan pencahayaan dalam dan luar ruangan untuk meniru pola cahaya alami dengan intensitas pencahayaan, suhu warna, dan waktu yang dapat disesuaikan untuk mendukung pengaturan ritme sirkadian; b) menggabungkan teknologi pencahayaan yang meminimalkan paparan cahaya biru di malam hari, seperti LED putih hangat dan opsi penyetelan spektral untuk mengurangi penekanan melatonin dan gangguan tidur; c) mendorong kebiasaan paparan cahaya yang sehat, seperti membatasi waktu layar sebelum tidur, menggunakan pencahayaan redup di malam hari, dan meningkatkan paparan cahaya alami di siang hari; serta menerapkan strategi perancangan perkotaan yang memprioritaskan akses terhadap cahaya alami, ruang hijau, dan lingkungan ramah pejalan kaki untuk mendorong aktivitas fisik, kesejahteraan mental, dan keterlibatan masyarakat (Siraji et al., 2023).

TRAUMA DAN CEDERA

Dalam epidemiologi, trauma (*injury*) mengacu pada cedera fisik akibat kekuatan atau peristiwa eksternal. Cedera ini dapat berkisar dari luka ringan dan memar hingga luka parah, patah tulang, dan kerusakan organ dalam. Epidemiologi trauma mencakup studi tentang kejadian cedera, prevalensi, faktor risiko, dan hasil dalam suatu populasi dengan tujuan untuk memberikan informasi kepada strategi pencegahan dan intervensi layanan kesehatan guna mengurangi beban morbiditas dan mortalitas terkait trauma (Lee & Kim, 2014).

Berdasarkan jenis dan penyebab cedera serta trauma terbagi menjadi beberapa penyebab meliputi: a) Jatuh adalah penyebab utama cedera traumatis, terutama pada orang lanjut usia dan anak-anak. Faktor risiko jatuh meliputi usia lanjut, gangguan mobilitas, bahaya lingkungan, dan tindakan keselamatan yang tidak memadai. Jatuh dapat mengakibatkan patah tulang, cedera kepala, dan kerusakan jaringan lunak; b) kecelakaan lalu lintas jalan (RTA) merupakan kontributor utama cedera traumatis di seluruh dunia, terutama di daerah perkotaan dengan volume lalu lintas yang tinggi. Penyebab RTA termasuk kesalahan pengemudi, ngebut, gangguan mengemudi (misalnya penggunaan alkohol atau narkoba), gangguan mengemudi, dan kekurangan infrastruktur jalan. RTA dapat menyebabkan berbagai cedera, termasuk patah tulang, trauma kepala, cedera tulang belakang, dan kerusakan organ dalam; c) Luka bakar terjadi akibat paparan panas, bahan kimia, listrik, atau radiasi. Penyebab umumnya termasuk kebakaran, cairan mendidih, kontak dengan benda panas, tumpahan bahan kimia, kecelakaan listrik, dan paparan sinar matahari. Luka bakar dapat menyebabkan kerusakan jaringan, nyeri, infeksi, dan cacat jangka panjang; d) Tindakan kekerasan yang disengaja termasuk serangan fisik, luka tembak, penikaman, dan kekerasan dalam rumah tangga berkontribusi terhadap cedera traumatis. Faktor

risiko cedera terkait kekerasan meliputi kesenjangan sosial-ekonomi, penyalahgunaan obat-obatan terlarang, gangguan kesehatan mental, dan kekerasan dalam komunitas; serta e) Kecelakaan di tempat kerja seperti jatuh dari ketinggian, kecelakaan mesin, dan paparan zat berbahaya, dapat mengakibatkan cedera traumatis di kalangan pekerja. Faktor risiko kecelakaan kerja meliputi protokol keselamatan yang tidak memadai, kurangnya pelatihan, kondisi kerja dan pekerja yang buruk serta rendahnya pengetahuan terkait kesehatan, keselamatan kerja di perusahaan, dan/ atau lainnya (Petridou & Antonopoulos, 2017).

Hingga saat ini, cedera traumatis merupakan beban kesehatan masyarakat yang signifikan secara global, berkontribusi terhadap morbiditas, mortalitas, dan tahun hidup yang disesuaikan dengan disabilitas (DALYs) (Roshanaei et al., 2022). Temuan epidemiologi sebelumnya mengungkapkan bahwa tingkat kejadian trauma bervariasi berdasarkan usia, jenis kelamin, status sosial ekonomi, dan wilayah geografis. Negara-negara berpendapatan tinggi biasanya melaporkan tingkat cedera yang lebih rendah namun angka kematian lebih tinggi dibandingkan dengan negara-negara berpendapatan rendah dan menengah karena perbedaan dalam akses layanan kesehatan dan sistem perawatan trauma (Ivers, 2012; Pliska, 2022). Selain itu, trauma adalah penyebab utama kematian dan kecacatan di seluruh dunia, khususnya di kalangan dewasa muda (Roshanaei et al., 2022). Cedera kecelakaan lalu lintas, jatuh, dan cedera akibat kekerasan menjadi kontributor dalam meningkatkan mortalitas dan morbiditas. Faktor risiko umum untuk cedera traumatis mencakup usia (misalnya, orang dewasa muda yang berisiko lebih tinggi terkena RTA, orang dewasa yang lebih tua dengan risiko jatuh yang lebih tinggi), jenis kelamin (misalnya, laki-laki yang memiliki risiko lebih tinggi mengalami cedera terkait kekerasan), penyalahgunaan alkohol dan zat-zat

terlarang, kesenjangan sosial-ekonomi, dan faktor lingkungan (misalnya infrastruktur jalan yang buruk) (Pliska, 2022). Rendahnya penggunaan tempat layanan kesehatan diakibatkan oleh kurangnya pengetahuan serta sosial ekonomi masyarakat. Perawatan trauma yang tepat waktu dan berkualitas sangat penting untuk meningkatkan hasil dan mengurangi angka kecacatan dan kematian (Ivers, 2012).

Studi epidemiologi telah mengungkap berbagai faktor risiko yang terkait dengan trauma dan cedera meliputi: a) Faktor perilaku, perilaku berisiko seperti penyalahgunaan alkohol dan obat-obatan terlarang, ngebut, gangguan mengemudi, dan terlibat dalam aktivitas kekerasan meningkatkan kemungkinan cedera traumatis; b) faktor lingkungan, bahaya lingkungan seperti infrastruktur jalan yang buruk, penerangan yang tidak memadai, kondisi tempat kerja yang tidak aman, dan kurangnya peralatan keselamatan berkontribusi terhadap risiko trauma; c) faktor-faktor sosial-ekonomi seperti kemiskinan, pengangguran, kurangnya pendidikan, dan terbatasnya akses terhadap layanan kesehatan meningkatkan kerentanan terhadap cedera traumatis dan menghambat akses terhadap perawatan medis yang tepat waktu; d) Usia dan jenis kelamin, orang dewasa muda dan laki-laki mempunyai risiko lebih tinggi mengalami trauma karena keterlibatan mereka dalam aktivitas berisiko tinggi dan tingginya angka cedera terkait kekerasan; serta e) akses layanan kesehatan, terbatasnya akses terhadap fasilitas perawatan trauma, layanan medis darurat, dan layanan rehabilitasi meningkatkan risiko dampak buruk setelah cedera traumatis (Lee & Kim, 2014; Zeeb et al., 2014) .

Strategi pencegahan dan tindakan pengendalian cedera dan trauma dilakukan dengan cara: a) Kampanye pendidikan masyarakat mengenai pencegahan cedera, praktik mengemudi yang aman, strategi pencegahan jatuh, dan pedoman keselamatan di tempat kerja dapat meningkatkan kesadaran dan

mendorong perubahan perilaku untuk mengurangi risiko trauma; b) Menerapkan dan menegakkan undang-undang dan peraturan, seperti undang-undang tentang sabuk pengaman, batas kecepatan, penegakan alkohol dan obat-obatan terlarang, serta standar keselamatan di tempat kerja, dapat memitigasi faktor risiko dan meningkatkan hasil keselamatan; c) Merancang infrastruktur jalan yang lebih aman, memasang penghalang dan pagar pembatas, meningkatkan penerangan di area berisiko tinggi, dan menerapkan langkah-langkah keselamatan di tempat kerja dapat mengurangi kemungkinan cedera traumatis; d) Melibatkan komunitas dalam inisiatif pencegahan cedera, membentuk program pengawasan lingkungan, dan mempromosikan layanan dukungan berbasis komunitas dapat menciptakan lingkungan yang lebih aman dan mengurangi kejadian cedera terkait kekerasan; dan e) Meningkatkan sistem perawatan trauma, mendirikan pusat trauma, melatih penyedia layanan kesehatan dalam manajemen trauma, dan meningkatkan akses terhadap layanan medis darurat dapat meningkatkan hasil bagi pasien trauma dan mengurangi beban cedera traumatis pada sistem layanan kesehatan (Bargeri et al., 2023).

KESIMPULAN

Dalam epidemiologi, agen fisik mencakup berbagai faktor lingkungan yang secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kesehatan manusia. Hal ini termasuk radiasi pengion dan non-pengion, kebisingan, cahaya, trauma, dan cedera yang semuanya nyata dan terukur, sehingga memudahkan penyelidikan yang tepat mengenai dampak kesehatannya. Agen fisik berasal dari sumber alami atau aktivitas manusia yang berkontribusi signifikan terhadap beban penyakit global. Radiasi pengion mampu mengionisasi atom dan molekul, menimbulkan risiko kesehatan yang akut dan kronis, sedangkan radiasi non-pengion memiliki risiko lebih rendah

namun masih dapat menimbulkan bahaya, terutama jika terpapar dalam jangka waktu yang panjang. Gangguan kebisingan dan paparan cahaya juga dapat berdampak buruk pada kesehatan, berdampak pada tidur, kesejahteraan mental, dan risiko penyakit kronis. Kondisi cedera dan trauma juga dapat berdampak buruk terhadap kesehatan masyarakat, ini juga berkontribusi dalam meningkatkan beban penyakit global yang diukur dengan *Disability-adjusted life year* (DALYs). Studi epidemiologi menginformasikan intervensi untuk memitigasi risiko-risiko ini, dengan menekankan pada peningkatan kapasitas regulasi, teknologi, pendidikan, dan peningkatan layanan kesehatan mampu meningkatkan manajemen kesehatan masyarakat secara komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariastuti, I., Adnyana, I. M. D. M., Wahyudi, I. W., Ari Sundari, N. L. P., Winda Savitri, I. A. G., Dewi, G. A. P. W. P., & Nuartha, P. K. A. R. (2023). Exposure to radioactive elements in increasing acute radiation syndrome (ARS): A narrative review. *Jurnal Widya Biologi*, *14*(2), 108–126. doi: 10.32795/widyabiologi.v14i02.5029
- Bargeri, S., Pellicciari, L., Gallo, C., Rossettini, G., Castellini, G., & Gianola, S. (2023). What is the landscape of evidence about the safety of physical agents used in physical medicine and rehabilitation? A scoping review. *BMJ Open*, *13*(6), e068134. doi: 10.1136/bmjopen-2022-068134
- Bloom, M. S. (2019). Environmental Epidemiology. In *Encyclopedia of Environmental Health* (1st ed., pp. 419–427). Elsevier B.V. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10635-9
- Bożejko, M., Tarski, I., & Małodobra-Mazur, M. (2023). Outdoor artificial light at night and human health: A review

- of epidemiological studies. *Environmental Research*, 218, 115049. doi: 10.1016/j.envres.2022.115049
- Chen, X., Liu, M., Zuo, L., Wu, X., Chen, M., Li, X., & Hao, G. (2023). Environmental noise exposure and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analysis. *European Journal of Public Health*, 33(4), 725–731. doi: 10.1093/eurpub/ckad044
- Chen, Y., Hansell, A. L., Clark, S. N., & Cai, Y. S. (2023). Environmental noise and health in low-middle-income-countries: A systematic review of epidemiological evidence. *Environmental Pollution*, 316, 120605. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120605
- Degeest, S., Clays, E., Corthals, P., & Keppler, H. (2017). Epidemiology and Risk Factors for Leisure Noise-Induced Hearing Damage in Flemish Young Adults. *Noise and Health*, 19(86), 10. doi: 10.4103/1463-1741.199241
- Elwood, M. (2017). Hazard Identification: Epidemiological Studies and Their Interpretation. In A. W. Wood & K. Karipidis (Eds.), *Non-ionizing Radiation Protection* (1st ed., pp. 26–45). Wiley Online Library. doi: 10.1002/9781119284673.ch3
- Hall, J., Jeggo, P. A., West, C., Gomolka, M., Quintens, R., Badie, C., & Cardis, E. (2017). Ionizing radiation biomarkers in epidemiological studies – An update. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 771, 59–84. doi: 10.1016/j.mrrev.2017.01.001
- Hansson Mild, K., Lundström, R., & Wilén, J. (2019). Non-ionizing Radiation in Swedish Health Care—Exposure and Safety Aspects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(7), 1186. doi: 10.3390/ijerph16071186
- Hauptmann, M., Daniels, R. D., Cardis, E., Cullings, H. M., Kendall, G., Laurier, D., & Berrington de Gonzalez, A.

- (2020). Epidemiological Studies of Low-Dose Ionizing Radiation and Cancer: Summary Bias Assessment and Meta-Analysis. *JNCI Monographs*, 2020(56), 188–200. doi: 10.1093/jncimonographs/lgaa010
- Ivers, R. Q. (2012). The role of epidemiology in improving the evidence base in injury prevention and trauma care. *Injury*, 43(4), 395–396. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2012.02.008>
- Jones, R. R. (2021). Exposure to artificial light at night and risk of cancer: where do we go from here? *British Journal of Cancer*, 124(9), 1467–1468. doi: 10.1038/s41416-020-01231-7
- Lee, J., & Kim, J. (2014). Physical Agents and Occupational Disease Compensation: Noise, Vibration, Radiation, and Other Physical Agents. *Journal of Korean Medical Science*, 29, S72. doi: 10.3346/jkms.2014.29.S.S72
- Omer, H. (2021). Radiobiological effects and medical applications of non-ionizing radiation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5585–5592. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.05.071
- Passchier-Vermeer, W., & Passchier, W. F. (2000). Noise Exposure and Public Health. *Environmental Health Perspectives*, 108, 123. doi: 10.2307/3454637
- Petridou, E. Th., & Antonopoulos, C. N. (2017). Injury Epidemiology. In *International Encyclopedia of Public Health* (1st ed., pp. 258–274). Elsevier B.V. doi: 10.1016/B978-0-12-803678-5.00233-2
- Pliska, N. (2022). Epidemiology of traumatic injuries and associated infectious complications in the Republic of Kazakhstan. *Journal of Medicine and Life*, 15(4), 509–514. doi: 10.25122/jml-2021-0377
- Roshanaei, G., Khoshravesh, S., Abdolmaleki, S., Bathaei, T., Farzian, M., & Saatian, M. (2022). Epidemiological pattern

- of trauma patients based on the mechanisms of trauma: trends of a regional trauma center in Midwest of Iran. *BMC Emergency Medicine*, 22(1), 210. doi: 10.1186/s12873-022-00756-9
- Siraji, M. A., Lazar, R. R., van Duijnhoven, J., Schlangen, L. J. M., Haque, S., Kalavally, V., Vetter, C., Glickman, G. L., Smolders, K. C. H. J., & Spitschan, M. (2023). An inventory of human light exposure behaviour. *Scientific Reports*, 13(1), 22151. doi: 10.1038/s41598-023-48241-y
- Tapio, S., Little, M. P., Kaiser, J. C., Impens, N., Hamada, N., Georgakilas, A. G., Simar, D., & Salomaa, S. (2021). Ionizing radiation-induced circulatory and metabolic diseases. *Environment International*, 146, 106235. doi: 10.1016/j.envint.2020.106235
- Themann, C. L., & Masterson, E. A. (2019). Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146(5), 3879–3905. doi: 10.1121/1.5134465
- Yamaguchi-Sekino, S. (2022). Working with physical agents – The past, present, and future of Non-Ionizing Radiation (NIR) in occupational safety and health. *Industrial Health*, 60(2), 60_200. doi: 10.2486/indhealth.60_200
- Yin, X., & Longcore, T. (2023). Measurement and Analysis of Exposure to Light at Night in Epidemiology. In L. K. Fonken & R. J. Nelson (Eds.), *Biological Implications of Circadian Disruption* (1st ed., pp. 356–380). Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009057646.017
- Zeeb, H., Merzenich, H., Wicke, H., & Blettner, M. (2014). Radiation Epidemiology. In W. Ahrens & I. Pigeot (Eds.), *Handbook of Epidemiology* (1st ed., pp. 2003–2037). Springer New York. doi: 10.1007/978-0-387-09834-0_68

BAB 9

UKURAN FREKUENSI PENYAKIT

Muhammad Akbar Nurdin
Universitas Cenderawasih, Kota Jayapura
E-mail: nurdinakbar9@gmail.com

PENDAHULUAN

Ukuran frekuensi penyakit merupakan alat yang digunakan untuk mengukur seberapa sering penyakit itu terjadi dalam suatu populasi. Dalam mengetahui besar suatu masalah Kesehatan masyarakat seperti data angka kesakitan (morbiditas) dan angka kematian (mortalitas) pada suatu daerah tertentu, diperlukan beberapa jenis ukuran pada frekuensi. Dalam ilmu epidemiologi, ukuran yang sering digunakan dalam penentuan angka kesakitan dan angka kematian atau ukuran frekuensi yang umum adalah rasio, proporsi, dan rate. Pada ukuran frekuensi penyakit ini, tersusun dari numerator dan denominator. Pembilang atau biasa disebut dengan numerator merupakan jumlah kasus, sedangkan penyebutnya atau biasa disebut dengan denominator merupakan ukuran populasi atau orang-waktu. Selain itu, jenis ukuran dalam epidemiologi yang khusus membahas Ukuran Frekuensi Penyakit (UFP) adalah insiden (*incidence*), prevalensi (*prevalen*), dan mortalitas (*mortality*).

RASIO, PROPORSI, DAN RATE

1. RASIO

Rasio merupakan besar angka relatif berdasarkan dua besaran atau perbandingan dari dua nilai apapun. Ratio ini bisa dihitung menggunakan cara yaitu membagi suatu variabel dengan skala interval maupun skala rasio dengan variabel yang lain. Pada perhitungan rasio ini, numerator

dan denominator tidak perlu memiliki hubungan. Dalam suatu rasio tertentu menjelaskan bahwa pembilang serta penyebut merupakan kategori yang harus beda dengan variabel yang sama, seperti variabel jenis kelamin (perempuan dan laki-laki) atau variabel umur (orang berumur 30-39 tahun dan 40-49 tahun). Ratio ini merupakan angka perbandingan, jadi rasio merupakan suatu perbandingan dari peristiwa sebagai numerator/ pembilang (x) dan suatu peristiwa lainnya yang tidak memiliki hubungan sebagai denominator/ penyebut (y). Rasio ini juga dapat dipergunakan untuk menjelaskan besarnya suatu kejadian (Budiarto & Anggraeni, 2013). Rumus rasio dapat dilihat, sebagai berikut:

Rumus rasio =

$$\frac{\text{numerator } (x)}{\text{denominator } (y)} \times k$$

Keterangan:

x = Jumlah orang atau suatu peristiwa yang memiliki satu maupun lebih atribut.

y = Jumlah orang atau suatu peristiwa yang memiliki satu atau lebih atribut, tapi berbeda pada atributnya dengan anggota dari numerator (x).

k = Konstanta (=1)

Ratio (rasio) merupakan suatu ukuran deskriptif. Dalam ilmu epidemiologi, rasio dapat digunakan sebagai ukuran analitik maupun deskriptif. Dalam ukuran deskriptif ini, rasio dapat menggambarkan rasio dari perempuan dan laki-laki pada peserta dalam penelitian, atau rasio dari kasus terhadap kontrol. Dalam alat analitik, rasio dapat digunakan sebagai pengukur kejadian penyakit, atau jumlah kematian antar kelompok. Ukuran pada rasio seperti, rasio odds dan rasio risiko. Numerator dan denominator rasio dapat

berhubungan maupun tidak berhubungan. Maka dari itu, kita bisa menggunakan rasio untuk membandingkan banyaknya laki-laki dan Perempuan dalam populasi tertentu (Nugrahaeni, 2011).

2. PROPORSI

Proporsi adalah salah satu jenis ratio (rasio) yang dimana pembilang termasuk dari bagian penyebut. Proporsi dapat dituliskan dalam suatu pecahan, desimal, maupun persentase. Proporsi merupakan suatu peristiwa yang membandingkan antara satu peristiwa sebagai numerator/ pembilang (x) dengan suatu peristiwa yang lainnya sebagai denominator/ penyebut (y) dimana mengandung juga peristiwa numerator (x+y). Proporsi ini berfungsi untuk menggambarkan suatu komposisi pada variabel pada populasi (Budiarto & Anggraeni, 2013). Proporsi merupakan perbandingan sebagian dari keseluruhan. Rumus proporsi dapat terlihat di bawah ini:

Proporsi =

$$\frac{\text{numerator } (x)}{\text{denominator } (y)} \times k$$

Keterangan:

x = Jumlah orang atau peristiwa yang terjadi pada sub-kelompok pada kelompok yang lebih besar

y = Jumlah orang atau peristiwa yang terjadi pada kelompok data tersebut.

k = Konstanta (=100)

Proporsi merupakan suatu ukuran dari deskriptif umum. Pada ilmu epidemiologi, proporsi inilah yang biasa digunakan untuk ukuran deskriptif. Contohnya, kita bisa menghitung proporsi orang yang terdaftar pada perguruan

tinggi di antara semua yang memenuhi persyaratan atau proporsi perempuan yang terlibat dalam sebuah penelitian. Proporsi ini juga dipergunakan untuk menggambarkan banyaknya kejadian suatu penyakit yang dikaitkan dengan paparan tertentu. Proporsi dapat ditulis sebagai decimal, pecahan, maupun persentase (Bustan, 2012).

3. RATE

Pada ilmu epidemiologi, rate merupakan suatu ukuran frekuensi dari terjadinya suatu peristiwa pada suatu populasi tertentu selama periode waktu tertentu pula. Rate ini melihat kecepatan penyakit yang terjadi pada suatu populasi tertentu. Secara epidemiologi, rate harus dilaporkan per unit waktu (hari, minggu, bulan, atau tahun).

Rate merupakan banyaknya suatu kejadian/ kasus yang terjadi pada keseluruhan populasi pada periode waktu tertentu. Nilai rate ini mengukur suatu kemungkinan kejadian yang akan terjadi pada populasi tertentu terhadap beberapa peristiwa tertentu. Contohnya, jumlah kematian karena akibat penyakit menular (Nugrahaeni, 2011). Rumus rate dapat dilihat, sebagai berikut:

$$\text{Rumus rate} = \frac{x}{x + y} \times k$$

INSIDEN, PREVALENSI, DAN MORTALITAS

Ukuran frekuensi penyakit ini dilandasi suatu konsep insidensi dan prevalensi. Dalam menghitung ukuran frekuensi penyakit, yang terpenting yaitu suatu perkiraan yang benar dari banyaknya orang yang kita teliti, hanya mengukur orang yang berpotensi dan rentan terhadap suatu penyakit yang kita teliti. Sebagai contoh, perempuan tidak boleh diikutkan saat melihat jumlah kasus kanker prostat. Subjek yang rentan pada penyakit

tertentu ini disebut sebagai populasi yang berisiko dan dapat digambarkan oleh faktor geografis, demografis, maupun faktor lingkungannya. Contohnya, kecelakaan kerja hanya dapat terjadi pada seseorang yang punya pekerjaan, sehingga populasi yang berisiko ini merupakan angkatan kerja. Pada berbagai negara, brucellosis ini hanya terjadi pada orang yang bekerja di bagian ternak yang terinfeksi, maka populasi yang berisiko ini yaitu mereka yang bekerja pada peternakan dan pada tempat penyembelihan hewan (Raj, 2018).

1. INSIDEN

Insiden dari suatu penyakit adalah angka kasus/ kejadian baru yang muncul pada periode waktu dan pada kelompok tertentu. Pada wabah, insiden biasa juga diistilahkan sebagai *attack rate*. *Attack rate* dapat dihitung menggunakan banyaknya orang yang terinfeksi dibagikan dengan jumlah orang yang terpapar, contohnya pada keracunan makanan, *attack rate* ini dapat dihitung pada jenis masing-masing makanan yang dimakan, kemudian rate masing-masing jenis makanan dibandingkan guna mengidentifikasi darimana sumber infeksi terjadi. Data pada insiden ini menjadi sangat berguna jika menggunakan rate. Angka ini dihitung dengan membagikan jumlah kejadian dengan jumlah orang yang ada pada populasi berisiko tersebut serta dituliskan sebagai kasus per10 orang (Tongzhang, 1998).

Para pakar epidemiologi menggunakan istilah *rate* ini untuk melakukan pengukuran kejadian suatu kasus/kejadian per waktu (tahun, bulan, atau minggu). Insidensi ini berlandaskan pada tingkat peristiwa yang baru saja terjadi pada suatu populasi dengan memperhitungkan unit waktu pada variabel individu, yang dimana individu ini bebas dari penyakit, dengan demikian berisiko untuk berkembang menjadi suatu penyakit. Pada perhitungan insidensi, numerator merupakan banyaknya suatu

kejadian yang baru dan terjadi pada jangka waktu tertentu, serta penyebutnya merupakan populasi berisiko yang mengalami peristiwa selama kurun waktu tersebut. Cara yang akurat dalam menggambarkan insiden yaitu dengan menghitung “orang dan waktu insiden rate” (Centers For Disease Control and Prevention (CDC), 2012).

Pada populasi penelitian, satu orang dalam tahun tertentu menyumbang pada penyebut untuk setiap tahunnya (ataupun bulan, minggu, hari), perhitungan sebelum penyakit berkembang. Numerator ini hanya mengacu pada pertama kali penyakit itu terjadi. Pada insiden rate, satuan yang digunakan harus menyertakan unit waktu (kasus per 10 dan per tahun, bulan, minggu, atau hari). Pada setiap individu dalam populasi tertentu, waktu pada pengamatan merupakan suatu periode orang itu tetap bebas dari penyakit. Penyebut yang dipergunakan dalam menghitung suatu insiden yaitu jumlah dari semua periode waktu orang yang terbebas dari penyakit selama periode pengamatan kelompok yang berisiko tersebut. Tetapi, kita tidak bisa mengukur periode waktu bebas penyakit itu secara baik, jadi penyebut itu sering diperkirakan dengan mengalikannya dengan ukuran rata-rata kelompok penelitian dengan lamanya periode waktu penelitian. Cara ini akurat, jika kelompok populasi yang digunakan cukup besar dan insiden rendah (Burt, 2013). Ada dua (2) jenis insiden yang sering dipergunakan yaitu:

- a. Kumulatif insiden atau proporsi insiden;
- b. Insiden rate atau insiden density

Kumulatif Insiden atau Proporsi Insiden

Ukuran kejadian penyakit dimana pada numeratornya yaitu dari jumlah munculnya penyakit/ kasus yang terjadi pada selama periode waktu pengamatan dan penyebutnya yaitu banyaknya individu yang berisiko dalam kelompok yang tertutup pada awal

pengamatan. Proporsi insiden juga merupakan akumulasi dari kejadian kasus baru dari waktu ke waktu, ini yang disebut juga dengan insiden kumulatif. Proporsi insiden ini dapat digunakan dalam penelitian kohort, serta tidak dapat dihitung pada kelompok terbuka. Penyebutnya hanya mencakup individu yang memiliki risiko untuk berkembang menjadi sakit saja, karena individu yang tidak beralih/ berkembang menjadi sakit itu harus dikeluarkan. Contohnya, studi tentang Ca serviks, penyebutnya (denominatornya) mengecualikan wanita yang pernah terkena Ca serviks dan tentu saja laki-laki, karena subjek ini tidak bisa mengembangkan konsep yang sedang diteliti (Burt, 2013).

Untuk menjelaskan proporsi kejadian, yang harus diperhatikan adalah:

- 1) Lamanya suatu waktu risiko harus ditentukan.
- 2) Karakteristik suatu populasi harus diklasifikasikan dengan jelas.

Insiden Rate atau Insiden Density

Incidence rate atau Angka Insidensi merupakan salah satu ukuran frekuensi kejadian pada kasus yang baru suatu penyakit pada kelompok tertentu dalam satu kurun waktu tertentu, atau banyaknya kejadian yang baru pada suatu periode waktu tertentu yang dibagikan dengan kelompok populasi yang berisiko terhadap kejadian suatu penyakit dalam periode waktu tertentu dikalikan dengan konstanta “k” (Khan & Narayan, 2001). Orang dan waktu dihitung biasanya dari studi kohort yang bersifat jangka panjang, dimana sampel terdaftar dan diamati dari waktu ke waktu berikutnya dan kasus baru kejadian penyakit ini didaftarkan. Biasanya, hampir setiap orang yang diamati mulai dari waktu yang ditetapkan hingga akhir yaitu dimulai dari awal mula penyakit, berakhir kematian, *drop out*, maupun akhir dari penelitian. Proporsi insiden, numerator atau pembilang pada insiden rate ini merupakan jumlah kasus atau kejadian baru yang

diteukan/ teridentifikasi pada waktu pengamatan tetapi penyebutnya berbeda. Penyebutnya merupakan jumlah unit waktu setiap subjek yang diamati, dijumlahkan untuk semua subjek. Penyebut ini merupakan jumlah dari waktu kelompok yang berisiko dan yang sedang diteliti untuk penyakit tertentu (Centers For Disease Control and Prevention (CDC), 2012).

Insiden rate merupakan rasio dari jumlah kasus/ kejadian terhadap total waktu dari populasi yang berisiko untuk terkena suatu penyakit. Satuan orang dan waktu merupakan jumlah unit waktu dari seseorang diobservasi selama studi berlangsung. Seseorang yang diobservasi selama 1 tahun menyumbang 1 orang dan tahun kedalam penyebutnya. 1 orang yang diobservasi selama 2 tahun berarti 2 orang dan tahun. 2 orang yang diobservasi selama 1 tahun juga masing-masing menyumbang 2 orang dan tahun (begitu seterusnya). Perlu diperhatikan bahwa waktu setiap orang dihitung hanya ketika seseorang itu masuk dalam kategori populasi berisiko dan terdeteksi sebagai kasus (Kenneth, 2012). Orang dan waktu tidak mampu lagi dihitung setelah:

- 1) Seseorang itu mengalami sakit yang sementara diteliti.
- 2) Seseorang itu mengundurkan diri/ *drop out* dari penelitian.
- 3) Penelitian yang dilakukan telah berakhir.

Insiden rate ini menghitung laju suatu penyakit yang terjadi pada suatu populasi tertentu. Ini berdasarkan pada orang dan waktu, sehingga beberapa keunggulan dimiliki jika dibandingkan dengan proporsi insiden. Orang dan waktu dapat dihitung pada setiap subjek penelitian, dapat mengakomodir subjek yang datang, dan subjek yang meninggalkan penelitian. Selain itu, responden/ subjek penelitian memungkinkan untuk mengikuti penelitian diwaktu yang berbeda. Orang dan waktu ini menjelaskan bahwa kemungkinan suatu penyakit selama masa penelitian itu bersifat konstan, sehingga 10 subjek yang diobservasi

selama 1 tahun, sama halnya dengan 1 subjek yang diamati selama 10 tahun (Bonita & Beaglehole, 2006).

2. PREVALENSI

Prevalensi merupakan jumlah kejadian/ kasus yang terjadi (lama maupun baru) pada suatu populasi dan pada satu periode waktu tertentu, atau dengan kata lain gambaran terkait frekuensi kasus/ penderita baru dan lama yang didapatkan pada periode waktu tertentu pada kelompok tertentu. Penjelasan dari prevalensi ini adalah kemungkinan seseorang untuk menjadi kasus (atau menjadi sakit), pada satu periode waktu tertentu (Rodolfo, 2010). Prevalensi terdiri dari 2 jenis, yaitu:

a) Prevalensi Titik atau *Point of Prevalence*

Prevalensi titik ini disebut juga proporsi prevalens. Prevalensi titik merupakan banyaknya kasus yang diidentifikasi dalam satu titik waktu tertentu yang dibagi dengan populasi yang berisiko pada suatu waktu tertentu pula yang dikalikan dengan konstanta atau kemungkinan seseorang menjadi kasus (atau menjadi sakit) pada satu titik waktu. Prevalensi titik memiliki ciri:

- 1) Tidak mempunyai dimensi
- 2) Nilainya diantara 0 sampai dengan 1

$$\text{Rumus Prevalensi Titik} = \frac{\sum \text{kasus yang ada pada satu titik dalam waktu T}}{\text{Total} \sum \text{orang pada waktu T}}$$

b) Prevalensi Periode atau *Period Prevalence*

Angka prevalensi periode atau *period prevalence rate* merupakan banyaknya penderita/ kasus lama maupun kasus baru pada suatu penyakit yang diidentifikasi pada satu periode waktu tertentu yang dibagikan dengan banyaknya penduduk pada periode waktu tertentu lalu dikalikan dengan konstanta. Prevalensi periode ini disebut juga Prevalens

Tahunan (*Annual of Prevalence*) atau Prevalens Selama Hidup (*Lifetime of Prevalence*).

$$\text{Rumus Prevalensi Periode} = \frac{\sum \text{kasus yang ada selama satu periode waktu}}{\sum \text{orang selama periode waktu}}$$

3. MORTALITAS

Mortalitas atau angka kematian menggambarkan jumlah kematian dalam suatu populasi atau dengan kata lain mortalitas merupakan ukuran frekuensi untuk menghitung jumlah kematian dalam suatu populasi tertentu selama suatu periode waktu tertentu pula (Najmah, 2015).

- a) Death To Case Ratio (DTCR) atau Rasio Kematian Terhadap Kasus merupakan banyaknya kematian yang diakibatkan oleh satu penyakit pada periode waktu tertentu yang dibagikan dengan jumlah dari semua penderita pada periode waktu yang sama dalam permil (per 1000 kasus baru), dengan rumus:

$$\text{DTCR} = \frac{\text{\textit{E Kematian Penyakit Tertentu selama Periode Tertentu}}}{\text{\textit{E Kasus Baru selama Periode Tertentu}}} \times k$$

- b) Case Fatality Rate (CFR) atau Tingkat Kematian Kasus merupakan seluruh jumlah kematian yang diakibatkan oleh satu penyebab dalam periode waktu tertentu dibagikan dengan seluruh jumlah penderita pada periode waktu yang sama dalam persen (per 100 kasus), dengan rumus:

$$\text{CFR} = \frac{\text{\textit{E Kematian Penyakit Tertentu (x)}}}{\text{\textit{E Kasus Penyakit Tertentu (x)}}} \times k$$

- c) Angka Kematian Kasar atau Crude Death Rate (CDR) merupakan suatu perkiraan dari proporsi untuk kasus yang

meninggal dalam suatu kelompok tertentu selama kurun waktu tertentu pula. Angka kematian kasar ini tidak dapat mempertimbangkan suatu kematian yang berdasarkan pada kategori, seperti umur, jenis kelamin, maupun faktor lainnya, dengan rumus:

$$\text{CDR} = \frac{\text{E Kematian Selama 1 Tahun}}{\text{E Penduduk Pertengahan Tahun Yang Sama}} \times k$$

- d) Angka Kematian Ibu (AKI) atau Maternal Mortality Rate merupakan angka kematian wanita yang sedang mengandung maupun yang meninggal pada 42 hari sesudah akhir masa kehamilannya (sampai dengan 42 hari pasca melahirkan). Angka kematian ibu ini mengesampingkan lamanya suatu kehamilan maupun letak dari kehamilan tersebut. Angka kematian ibu ini adalah risiko meninggalnya ibu dari sebab yang mempunyai hubungan dengan kelahiran anaknya, dengan rumus:

$$\text{AKI} = \frac{\text{E Kematian Ibu Akibat Kehamilan, Persalinan, dan Nifas}}{\text{E Kelahiran Hidup}} \times k$$

- e) Angka Kematian Neonatal (AKN) atau Neonatal Mortality Rate merupakan angka kematian bayi yang usianya < 28 hari (kurang dari 28 hari) pada jangka waktu tertentu, umunya pada satu tahun dipergunakan satuan per 1.000 KH (kelahiran hidup) pada tahun yang sama. Angka kematian neonatal ini menjelaskan bahwa buruknya suatu perawatan neonatal, BBLR, infeksi penyakit, minimnya sarana dan prasarana pelayanan kesehatan, lahir premature, cacat lahir, dan cidera dengan rumus:

AKN =

$$\frac{\text{£ Kematian Bayi Usia < 28 Hari}}{\text{£ Kelahiran Hidup}} \times k$$

- f) Under Five Mortality Rate (U5MR) atau Angka Kematian Balita adalah jumlah seluruh kematian balita pada satu jangka waktu tertentu dibagi jumlah seluruh balita pada tahun yang sama, dengan rumus:

U5MR =

$$\frac{\text{£ Seluruh Kematian Balita Dalam 1 Tahun}}{\text{£ Penduduk Balita Pada Tahun Yang Sama}} \times k$$

- g) Age Specific Death Rate (ASDR) atau Angka Kematian Menurut Golongan Umur adalah angka kematian berdasarkan kategori usia ini disebut juga dengan angka kematian spesifik. Spesifikasi ini juga bisa dilakukan berdasarkan pendidikan, pekerjaan, jenis kelamin, dan lainnya yang disesuaikan dengan kebutuhan, dengan rumus:

ASDR =

$$\frac{\text{£ Kematian Yang Dicatat Dalam 1 Tahun Berdasarkan Umur (x)}}{\text{£ Penduduk Pertengahan Tahun Pada Golongan Umur (x)}} \times k$$

- h) Angka Kematian Karena Sebab Tertentu (AKKST) merupakan angka kematian yang disebabkan oleh suatu penyakit tertentu yang tercatat selama 1 tahun per 100.000 penduduk pada pertengahan tahun yang sama, dengan rumus:

AKKST =

$$\frac{\text{£ Kematian Karena Sebab Tertentu Dalam 1 Tahun}}{\text{£ Penduduk Pertengahan Tahun Pada Tahun Yang Sama}} \times k$$

KESIMPULAN

Penggunaan Rasio, Proporsi, dan Rate, dapat dilihat pada tabel 9.1:

Tabel 9.1. Penggunaan Rasio, Proporsi, dan Rate pada Ukuran Epidemiologi

INDEKS	RASIO	PROPORSI	RATE
Morbiditas (Penyakit)	1. Risk ratio (Relative risk)	1. Attack Rate (Incidence Proportion)	1. Person Time Incidence Rate.
	2. Rate ratio	2. Secondary Attack Rate	2. Period Prevalence
	3. Odds ratio	Prevalensi	
Mortalitas (Kematian)	1. Rasio Kematian Ke Kasus	Mortalitas Proporsi	1. Case Fatality Rate
	2. Maternal Mortality Rate		2. Age Specific Mortality Rate
	3. Postneonatal Mortality Rate		3. Infant Mortality Rate
	4. Death to Case Ratio		4. Maternal Mortality Rate
	5. Proportionate Mortality Ratio		5. Crude Mortality Rate
Natalitas (Kelahiran)			1. Crude Fertility Rate
			2. Crude Birth Rate

Sumber: (Centers For Disease Control and Prevention (CDC), 2012)

DAFTAR PUSTAKA

- Burt, G. B. (2013). *Epidemiology Kept Simple An Introduction To Traditional And Modern Epidemiology* (Third). Wiley-Blackwell Is An Imprint Of John Wiley & Sons, Formed By The Merger Of Wiley's Global Scientific, Technical And Medical Business With Blackwell.
- Bonita, R., & Beaglehole, R. (2006). *Basic Epidemiology* (Second). World Health Organization.
- Budiarto, E., & Anggraeni, D. (2013). *Pengantar Epidemiologi* (2nd ed.). Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Bustan, N. (2012). *Pengantar Epidemiologi* (Revisi). Rineka Cipta.
- Centers For Disease Control and Prevention (CDC). (2012). *Principles Of Epidemiology in Public Health Practice: An Introduction To Applied Epidemiology And Biostatistics* (Third). U.S. Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention (CDC).
- Kenneth, J. R. (2012). *Epidemiology An Introduction* (Second). Oxford University Press.
- Khan, A., & Narayan, K. (2001). *Basic Epidemiology* (9th ed., Vol. 9). A Textbook Public Health Dental.
- Najmah. (2015). *Epidemiologi Untuk Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*. Raja Grafindo Persada.
- Nugrahaeni, D. K. (2011). *Konsep Dasar Epidemiologi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Raj, S. B. (2018). *Concepts Of Epidemiology: Integrating The Ideas, Theory, Principle And Method Of Epidemiology* (6th ed., Vol. 11, pp. 951–952). Angew Chemie Int.
- Rodolfo, S. (2010). *Epidemiology: A Very Short Introduction*. Oxford University Press.
- Tongzhang, Z. (1998). *Principles Of Epidemiology*. Yale University School Of Public Health.

BAB 10

UKURAN ASOSIASI DAN UKURAN DAMPAK POTENSIAL

Kuuni Ulfah Naila El Muna
Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya, Surabaya
E-mail: kuuniulfah@unusa.ac.id

PENDAHULUAN

Seorang petugas puskesmas diminta menelaah masalah kesehatan yang ada di masyarakat wilayah kerjanya dan memberikan rekomendasi ke kepala puskesmas berdasarkan fakta (*evidence based*). Hal ini sering ditemui di lapangan tidak terbatas pada ruang lingkup puskesmas saja, dikarenakan masalah yang ada di masyarakat tidak sebanding sumber daya (seperti: orang, waktu, dana, sarana) yang tersedia. Oleh karena itu dibutuhkan prioritas masalah dan solusi paling efektif dalam melakukan pencegahan dan penanggulangan masalah kesehatan. Dalam rangka menunjang kegiatan ini, kita perlu melakukan riset epidemiologi dan memahami tiga jenis ukuran: (1) ukuran deskriptif/ frekuensi; (2) ukuran etiologi/ asosiasi; (3) ukuran dampak. Sebelumnya pada bab 9 telah dibahas mengenai ukuran frekuensi yakni mendeskripsikan distribusi masalah kesehatan atau penyakit yang berkaitan dengan karakteristik individu, tempat, dan tren frekuensi dari waktu ke waktu. Sedangkan pokok bahasan pada bab ini melanjutkan dari bab sebelumnya terkait ukuran asosiasi dan ukuran dampak yang akan menunjang data dalam melaksanakan penanggulangan masalah kesehatan secara efektif dan efisien.

Pilar utama dalam analisis epidemiologi adalah perbandingan. Ketika mendengar laporan Hasil Riset Kesehatan Dasar Tahun 2018, prevalensi penyakit anemia pada usia 15-24

tahun di Indonesia sebanyak 32%, atau Prevalensi TB Paru 4,2 per 1000 penduduk (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2019). Kita akan menanyakan apakah angka tersebut tinggi atau rendah dari populasi lainnya dan mana yang harusnya ditindaklanjuti terlebih dahulu oleh Pemerintah Indonesia. Jika sudah diketahui besaran masalah kesehatan mana yang maka akan dicari penyebabnya, misalnya TB menjadi masalah kesehatan yang *urgent* karena Indonesia merupakan Negara yang memiliki kasus TB Paru tertinggi ke-2 di Dunia ketika dilihat karakteristiknya, penderita laki-laki lebih banyak di banding perempuan (World Health Organization, 2023), akan timbul pertanyaan lagi apakah benar populasi laki-laki lebih berisiko terkena TB atau hanya kebetulan saja. Masalah tersebut bisa ditentukan dengan mengukur asosiasi antara Penyakit TB dengan jenis kelamin dengan membandingkan kasus pada 2 kelompok. Kemudian untuk mengukur kontribusi dampak *exposure/* paparan terhadap kesehatan masyarakat di suatu populasi kita memanfaatkan ukuran dampak potensial.

Ukuran Asosiasi

Ukuran asosiasi yakni nilai yang menunjukkan besaran masalah kesehatan yang ada di populasi, pada umumnya ukuran ini berupa risiko absolut. Ukuran asosiasi dalam epidemiologi bermanfaat untuk mengukur hubungan paparan (*exposure*) dengan penyakit (*disease*) pada dua kelompok. *Exposure* yang dimaksud dalam hal ini tidak terbatas pada paparan *agent* (penyebab penyakit) secara langsung seperti gigitan nyamuk, perilaku seks bebas, makanan terkontaminasi, namun juga termasuk segala faktor yang dapat meningkatkan risiko seseorang terinfeksi suatu penyakit (Center of Disease Control and Prevention, 2012). Sebagai contoh penyakit COVID-19 tidak terbatas pada kontak erat saja untuk *exposure*-nya tetapi

riwayat vaksinasi, jenis pekerjaan, usia, jenis kelamin, riwayat komorbid juga bisa menjadi *exposure* yang akan dilihat bagaimana keterkaitannya dengan penyakit COVID-19. Begitu pula dengan *disease* ini tidak hanya terbatas pada penyakit saja, namun bisa mengukur jenis *outcome* yang lain seperti kematian, kesembuhan, absen, cacat, nilai, capaian dsb. Jenis ukuran asosiasi dalam epidemiologi yakni *Risk Ratio* (RR), *Odds Ratio* (OR), *Prevalence Ratio* (PR) dan *Rate Ratio* (Center of Disease Control and Prevention, 2012; González-Ramírez & Rivas-Ruiz, 2010; Gordis, 2014; Najmah, 2016).

Dalam mengukur ukuran asosiasi maka kita perlu memahami tabel 2 x 2, yang diilustrasikan pada gambar di bawah ini. Seperti yang sudah disampaikan sebelumnya dalam ukuran asosiasi setidaknya melibatkan 2 faktor atau variabel yakni variabel *exposed* dan *disease* (Najmah, 2016).

	DISEASE	NON DISEASE
EXPOSED (TERPAPAR)	A	B
NON EXPOSED (TIDAK TERPAPAR)	C	D

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Risk Ratio

Risk Ratio merupakan perbandingan *disease* yang terjadi diantara kelompok *exposed* dengan kelompok *non exposed*. Sehingga *risk ratio* tersebut menentukan hubungan faktor risiko (*exposure*) dengan outcome (*disease*) berupa seberapa besar risiko kelompok *exposed* untuk terinfeksi *disease* dibandingkan dengan kelompok *non exposed*. *Risk Ratio* identik dengan

pengukuran asosiasi pada desain studi kohort baik kohort prospektif maupun kohort retrospektif. *Risk Ratio* juga dikenal dengan istilah *Relative Risk* dan *Cumulative Incidence Ratio*. Berikut rumus dalam menghitung ukuran asosiasi *Risk Ratio*:

$$RR = \frac{\text{Jumlah yang mengalami outcome diantara kelompok terpapar (Incidence disease among exposed group)}}{\text{Jumlah yang mengalami outcome diantara kelompok tidak terpapar/ kontrol (Incidence disease among non-exposed group)}}$$

Berikut adalah rumus RR jika kita memiliki data dalam bentuk tabel 2x2.

	DISEASE	NON DISEASE
EXPOSED (TERPAPAR)	A	B
NON EXPOSED (TIDAK TERPAPAR)	C	D

$$RR = \frac{A / A+B}{C / C+D}$$

Hasil dari perhitungan RR berkisar 0 sampai tak terhingga, yang mana hasil tersebut dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

Tabel 10.1 Interpretasi Hasil Risk Ratio

Nilai RR	Interpretasi
>1	Kelompok terpapar (<i>exposed</i>) memiliki risiko lebih tinggi untuk sakit (<i>disease</i>) dibandingkan kelompok yang tidak terpapar (<i>non-expose</i>) artinya terbukti bahwa <i>exposure</i> merupakan faktor risiko terkena sakit.
1	Baik kelompok terpapar (<i>exposed</i>) maupun tidak terpapar (<i>non-exposed</i>) memiliki risiko yang sama untuk terkena sakit (<i>disease</i>)
<1	Kelompok terpapar (<i>exposed</i>) memiliki risiko lebih rendah untuk sakit (<i>disease</i>) dibandingkan kelompok yang tidak terpapar (<i>non-expose</i>)

	artinya terbukti bahwa <i>exposure</i> merupakan faktor protektif yang mencegah sakit.
--	--

Sumber: (Center of Disease Control and Prevention, 2012)

Contoh:

Telah terjadi kejadian luar biasa cacar diantara anak-anak di tenda keselamatan pasca bencana gempa bumi di Sulawesi Selatan tahun 2018. Sebanyak 18 dari 152 anak yang telah menerima vaksin dan 3 dari 7 anak yang belum menerima vaksin terdiagnosis cacar. Hitung *Risk Ratio*-nya. Mari kita ilustrasikan dalam bentuk tabel 2x2 terlebih dahulu.

	SAKIT CACAR	TIDAK SAKIT	
TIDAK VAKSIN	3	...	= 7-3 = 4
SUDAH VAKSIN	18	...	= 152 - 18 = 134

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Insidens cacar diantara kelompok anak yang belum vaksin = $3/7 = 0.43$

Insidens cacar diantara kelompok anak yang sudah vaksin = $18/152 = 0.12$

Sehingga kita bisa simpulkan nilai *risk ratio*-nya adalah sebagai berikut:

$$RR = 0.43/0.12 = 3.6$$

Berdasarkan hasil perhitungan RR di atas, dapat disimpulkan anak yang belum vaksin cacar memiliki peluang terkena cacar lebih tinggi 3.6 kali lipat dibandingkan dengan anak yang sudah menerima vaksin di Sulawesi Selatan.

Odds Ratio

Odds Ratio (OR) merupakan perhitungan lain yang dapat menentukan besar hubungan antara *exposure* dan disease. *Odds* merupakan peluang perbandingan 2 nilai yang berbeda maksudnya adalah penyebut/ nominator bukan bagian dari pembilang/ denominator(Gordis, 2014). Contohnya *odds* adalah perbandingan dosen dengan mahasiswa adalah 1:6 artinya setiap dosen berpeluang membimbing sejumlah 6 mahasiswa. Pada perhitungan OR ini yang kita bandingkan adalah *odds* kasus di bandingkan dengan *odds* kontrol/ bukan kasus. *Odds Ratio* identik dengan pengukuran asosiasi pada desain studi kasus kontrol/ *case control study* dan merupakan hasil analisis dari uji regresi logistik(Szumilas, 2010). *Odds Ratio* juga dikenal dengan istilah *Cross Product Ratio* dikarenakan dalam proses perhitungannya OR akan mengalikan silang kedua bilangan *odds*. Berikut rumus dalam menghitung ukuran asosiasi *Odds Ratio*:

OR

=

Perbandingan Kasus pada Kelompok Terpapar dan Tidak Terpapar
(Odds Kasus)

Perbandingan Kontrol/ Bukan Kasus pada Kelompok Terpapar dan Tidak Terpapar
(Odds Kontrol)

=

	DISEASE	NON DISEASE
EXPOSED (TERPAPAR)	A	B
NON EXPOSED (TIDAK TERPAPAR)	C	D

=

OR

=

A/C

=

AD

=

B/D

=

BC

Serupa dengan RR, OR memiliki nilai range yang sama yakni 0 – tidak terhingga. Hasil dari perhitungan OR berkisar 0 sampai tak terhingga, yang mana hasil tersebut dapat diinterpretasikan sebagai berikut:

Tabel 10.2 Interpretasi Hasil Odds Ratio

Nilai OR	Interpretasi
>1	<i>Exposure</i> meningkatkan risiko untuk terkena <i>disease</i> , artinya <i>exposure</i> dan <i>disease</i> memiliki korelasi positif maksudnya adalah semakin tinggi <i>exposure</i> maka semakin tinggi pula peluang <i>disease</i> terjadi
1	<i>exposure</i> tidak berhubungan dengan <i>disease</i>
<1	<i>Exposure</i> menurunkan risiko untuk terkena <i>disease</i> , artinya <i>exposure</i> dan <i>disease</i> memiliki korelasi negatif maksudnya adalah semakin tinggi <i>exposure</i> maka semakin rendah peluang <i>disease</i> terjadi

Sumber:(Gordis, 2014; Szumilas, 2010)

Contoh:

Seorang mahasiswa melakukan penelitian dengan desain studi kasus kontrol yang mana ingin melihat hubungan antara merokok dengan kanker paru pada pasien RS Sehat Abadi. Diketahui Jumlah Kasus sebanyak 100 dan kontrol sebanyak 200. Dari 100 kasus tersebut 40% diantaranya merupakan perokok. Sedangkan 20% dari kelompok kontrol yang merokok. Berapa nilai ORnya?

Mari kita ilustrasikan dalam tabel 2x2 terlebih dahulu.

	Ca Paru	Tidak Ca Paru	
Perokok	40	...	100
Bukan Perokok	40	...	200

= 100-40
= 60

= 200 - 40
= 160

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Odds Ca Paru = $40/40 = 1$

Odds Bukan Ca Paru = $60/160 = 0.375$

Sehingga kita bisa simpulkan nilai *odds ratio*-nya adalah sebagai berikut:

RR = $1/0.375 = 2.67$

Bisa juga kita langsung kalikan silang seperti berikut:

OR = $(40 \times 160) / (40 \times 60)$

OR = $160 / 60$

OR = 2.67

Berdasarkan hasil perhitungan OR di atas, dapat disimpulkan mereka yang perokok memiliki peluang terkena kanker paru 2.67 kali lebih tinggi dibandingkan dengan mereka yang bukan perokok.

Prevalence Ratio

Prevalence Ratio (PR) merupakan perhitungan lain yang dapat menentukan besar hubungan antara *exposure* dan *disease*. *Prevalence Ratio* ini cara menghitungnya mirip sekali dengan *Risk Ratio* (González-Ramírez & Rivas-Ruiz, 2010). Hanya saja yang dibandingkan adalah prevalens kelompok *exposed* dan *non-exposed*. Sesuai dengan namanya PR ini identik dengan pengukuran asosiasi pada desain studi *cross-sectional*. Berikut rumus dalam menghitung ukuran asosiasi *Prevalence Ratio*:

$$\text{PR} = \frac{\text{Jumlah yang mengalami outcome diantara kelompok terpapar (Prevalence disease among exposed group)}}{\text{Jumlah yang mengalami outcome diantara kelompok tidak terpapar/ kontrol (Prevalence disease among non-exposed group)}}$$

Contoh:

Saya melakukan studi *cross-sectional* terkait hubungan jenis pekerjaan sebagai petugas kesehatan dengan kejadian kasus konfirmasi COVID-19 pada tahun 2020 lalu (Muna et al., 2021). Diketahui dari 925 responden yang diteliti, 361 responden diantaranya di test PCR dengan hasil positif COVID-19. Kemudian 114 responden diantara kasus konfirmasi COVID-19 tersebut memiliki pekerjaan sebagai petugas kesehatan. Sedangkan total responden yang memiliki mata pencaharian selain petugas kesehatan yakni 617 orang. Maka besar risiko mereka yang bekerja sebagai petugas kesehatan terhadap terjadi COVID-19 bisa kita hitung dengan rumus di atas. Dari keterangan ini mari kita proyeksikan ke dalam tabel agar lebih mudah.

	COVID-19	Tidak Terkonfirmasi COVID-19	
Petugas Kesehatan	114	...	
Bukan Petugas Kesehatan	617
	361		925

$= 925 - 617 - 114$
 $= 194$

$= 361 - 114$
 $= 247$

$= 617 - 247$
 $= 370$

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

Prevalens pada kelompok exposed = $114/308 = 0.37$

Prevalens pada kelompok non-exposed = $247/617 = 0.40$

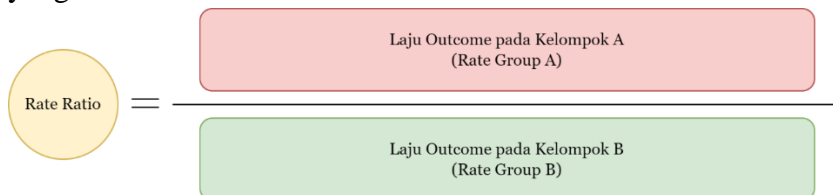
PR = $0.37/0.40 = 0.92$

Berdasarkan hasil perhitungan PR di atas yang menunjukkan nilai <1 , sehingga dapat disimpulkan mereka yang bekerja sebagai petugas kesehatan menurunkan risiko sebesar 8% untuk terkena COVID-19 atau bisa diberi makna mereka yang bekerja sebagai petugas kesehatan memiliki peluang 92% untuk terkena COVID-19 dibandingkan mereka yang tidak bekerja sebagai petugas kesehatan. Artinya pekerjaan menjadi petugas kesehatan menjadi faktor protektif terkena COVID-19 pada tahun 2020 lalu.

Rate Ratio

Rate ratio mirip dengan *Risk Ratio* yang kita bahas sebelumnya hanya saja yang dibandingkan bukan nilai incidence semata, melainkan *incidence rate* (laju insiden) pada kelompok A dibandingkan dengan kelompok B (Center of Disease Control and Prevention, 2012). Hal ini yang membedakan antara Rate

Ratio dan Risk Ratio selain waktu adalah interpretasi dan perhitungan tidak terbatas pada kelompok *exposed* dan *non-exposed* bisa juga membandingkan laju outcome pada waktu yang berbeda.



Meskipun bentuk angka yang dibandingkan adalah *rate* sehingga akan mempertimbangkan waktu dalam melakukan pemaknaan hasilnya. Interpretasi dari *rate ratio* hamper mirip dengan *risk ratio* bisa dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 10.3 Interpretasi Hasil Rate Ratio

Nilai Rate Ratio	Interpretasi
>1	Kelompok A memiliki peluang lebih tinggi untuk mengalami <i>outcome</i> dibandingkan kelompok B
1	Baik kelompok A maupun B memiliki laju yang sama untuk mengalami <i>outcome</i>
<1	Kelompok A memiliki peluang lebih rendah untuk mengalami <i>outcome</i> dibandingkan kelompok B

Sumber: (Gordis, 2014)

Contoh:

Berdasarkan data surveilans DBD Dinas Kesehatan Kota Bersyukurh pada Bulan Oktober-Maret 2019. Laju insidensi DBD di wilayah mereka adalah 5/1000 penduduk per Minggu. Sedangkan petugas sedang menelaah ulang apakah terjadi peningkatan laju kasus DBD dari tahun sebelumnya. Diketahui laju kasus DBD pada bulan yang sama di tahun sebelumnya

yakni 2/1000 penduduk per minggu. Mari kita hitung *rate ratio*-nya

$$\text{Rate Ratio} = 5/1000 : 2/1000$$

$$\text{Rate Ratio} = 5 : 2$$

$$\text{Rate Ratio} = 2.5$$

Berdasarkan hasil perhitungan *rate ratio* di atas, maka dapat disimpulkan bahwa warga Kota Bersyukurh pada tahun 2019 memiliki peluang terkena DBD 2.5 kali lebih besar dibandingkan warga Kota Bersyukurh pada tahun 2018.

Ukuran Dampak Potensial

Setelah kita membahas 4 jenis ukuran asosiasi, seringkali petugas kesehatan di lapangan susah mengartikulasikan ke dalam bahasa awam yang dimengerti masyarakat dalam menjelaskan seberapa besar dampak dari faktor risiko tertentu terhadap status kesehatan di masyarakat. Ukuran dampak potensial ini atau yang sering disebut *public health impact* akan memfasilitasi kesulitan petugas kesehatan tersebut. Jika ukuran asosiasi membantu mengkuantifikasikan besar hubungan *exposure* dan *disease* maka ukuran dampak potensial ini akan menggambarkan beban/ kontribusi *exposure* terhadap frekuensi kejadian penyakit di suatu populasi (Center of Disease Control and Prevention, 2012). Sehingga kita dapat meramalkan seberapa besar manfaat yang kita dapatkan jika kita menghindari *exposure* sebagai langkah aksi kesehatan masyarakat (González-Ramírez & Rivas-Ruiz, 2010). Terdapat 2 jenis ukuran dampak potensial yang sering digunakan yakni *Attributable Risk* (AR) dan *Population Attributable Risk* (PAR) (Center of Disease Control and Prevention, 2012; Gordis, 2014).

Attributable Risk

Attributable Risk (AR) atau *Absolute Risk Reduction* (ARR) merupakan ukuran dampak kesehatan masyarakat dari suatu faktor risiko. Contohnya terdapat paparan merokok dan kanker paru maka AR disini akan menghitung berapa banyak kasus kanker paru yang timbul akibat kontribusi dari kebiasaan merokok di masyarakat (Gordis, 2014). Cara menghitung AR dengan cara berikut:

$$AR = \frac{\text{Insidens pada kelompok exposed} - \text{Insidens pada kelompok non-exposed}}{\text{Insidens pada kelompok exposed}}$$

Perlu diperhatikan AR ini hanya bisa digunakan ketika hanya terdapat 1 faktor risiko yang mempengaruhi kondisi di masyarakat terhadap health outcome. Apabila terdapat beberapa faktor risiko yang sekaligus mempengaruhi seperti olahraga, usia terhadap status kesehatan, maka perhitungan dampak potensial ini tidak bisa digunakan (Center of Disease Control and Prevention, 2012). Hasil dari perhitungan AR di atas akan diinterpretasikan sebagai berikut misalkan diketahui hasilnya 75%, maka dapat dibuktikan bahwa 75% orang yang menderita kanker paru diantara mereka yang merokok memang disebabkan oleh kebiasaan merokok mereka (Gordis, 2014).

Contoh:

Terdapat studi kohort melihat efektifitas vaksin cacar, didapatkan data seperti yang tertera pada soal perhitungan Risk Ratio di atas. Berapakah efektifitas vaksin cacar berdasarkan data di bawah ini (Center of Disease Control and Prevention, 2012):

	SAKIT CACAR	TIDAK SAKIT	
TIDAK VAKSIN	3	4	7
SUDAH VAKSIN	18	134	152

Sumber: Diolah sendiri oleh penulis

$$AR = \frac{(3/7) - (18/152)}{(3/7)}$$

$$AR = (0.43 - 0.12) / 0.43$$

$$AR = 0.72$$

$$AR = 72\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa, Mereka yang divaksin memiliki 72% kasus cacar lebih rendah dari pada yang seharusnya terjadi jika semua orang belum divaksin. Atau bisa juga disimpulkan bahwa dari seluruh yang mengalami cacar diantara kelompok anak yang belum menerima vaksinasi, 72% diantaranya disebabkan oleh perilaku tidak vaksin. Sehingga peningkatan cakupan vaksinasi cacar menjadi penting untuk mencegah cacar di daerah tersebut.

Population Attributable Risk

Population Attributable Risk (PAR) pada prinsipnya serupa dengan perhitungan dengan AR namun yang menjadi rujukan yakni populasi *exposed* (Gordis, 2014). Ukuran PAR ini merupakan kelanjutan dari AR ketika kita sudah meyakini bahwa vaksin dapat mencegah cacar, kita akan membuat program vaksinasi masal untuk menertibkan vaksinasi yang terlewat periode sebelumnya. Maka atasan akan menanyakan

seberapa besar dampak program tersebut dalam menurunkan kasus cacar di Kota ini, hal tersebut bisa kita jawab dengan menghitung PAR. Berikut adalah rumus pengukurannya:

$$\text{PAR} = \frac{\text{Insidens pada total populasi} - \text{Insidens pada kelompok non-exposed}}{\text{Insidens pada total populasi}}$$

Jika kita amati bersama rumusnya mirip dengan AR pembedanya hanya insidens pada kelompok *exposed* diganti dengan insidens pada total populasi. Mari coba kita hitung contoh di bawah ini:

Diketahui insidens penyakit jantung koroner diantara mereka yang merokok yakni 28 per 1000 penduduk, insidens pada mereka yang tidak merokok yakni 17.4 per 1000 penduduk dan insiden pada populasi yakni 22.1 per 1000 penduduk maka nilai PARnya adalah...

$$\text{PAR} = \frac{(22.1-17.4) / 1000}{22.1/1000}$$

$$\text{PAR} = 4.7 / 22.1$$

$$\text{PAR} = 0.213$$

$$\text{PAR} = 21.3\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat disimpulkan bahwa 21.3% kasus PJK yang ada di Kota tersebut di akibatkan oleh perilaku merokok masyarakat. Sehingga dengan adanya program henti rokok pemerintah dapat mengurangi 21.3% kasus PJK di Kota tersebut.

Jika dibandingkan dengan AR, nilai PAR lebih mudah dimengerti oleh orang awam dan terlihat dengan jelas proporsi dampak dari *exposure* terhadap *disease*-nya.

KESIMPULAN

Pada bab ini telah dibahas berbagai ukuran asosiasi seperti *risk ratio*, *odds ratio*, *prevalence ratio* serta *rate ratio* yang digunakan untuk melihat besar hubungan antara *exposure* dan *disease*. Setiap perhitungan memiliki kondisi, cara hitungnya dan interpretasinya masing-masing. Kemudian kita juga sudah membahas 2 macam ukuran dampak potensial yakni *attributable risk* dan *population attributable risk* yang bertujuan menafsirkan dampak nyata yang di akibatkan oleh *exposure* dan menunjang secara ilmiah program pencegahan yang paling efektif. Kedua konsep ukuran ini perlu dipahami betul sebab ukuran ini menjadi salah satu kompetensi penting dalam mempelajari epidemiologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2019). *Laporan Riskesdas 2018 Nasional*.
- Center of Disease Control and Prevention. (2012). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice, 3rd Edition*. https://stacks.cdc.gov/pdfjs/web/viewer.html?file=https://stacks.cdc.gov/view/cdc/6914/cdc_6914_DS1.pdf
- González-Ramírez, A. R., & Rivas-Ruiz, F. (2010). Measures of frequency, magnitude of association and impact in epidemiology. *Allergologia et Immunopathologia*, 38(3), 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.aller.2010.02.002>
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology*.
- Muna, K. U. N. El, Helda, Bantas, K., Kusnadi, B., & Zakiah. (2021). *Hubungan Status sebagai Petugas Kesehatan*

dengan Kasus Konfirmasi COVID-19 di Kota Depok 2020.
Universitas Indonesia.

Najmah. (2016). *Epidemiologi Untuk Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*. PT. Raja Grafindo Persada.

Szumilas, M. (2010). Explaining Odds Ratios. In *Sun Life Financial Chair in Adolescent Mental Health* (Vol. 19, Issue 3). <http://www.csm-oxford.org.uk/>

World Health Organization. (2023). *Global tuberculosis report 2023*. <https://iris.who.int/>.

BAB 11

STUDI LAPORAN KASUS DAN SERIAL KASUS

Sukarsi Rusti
Universitas Baiturrahmah, Padang
E-mail: rustiuci@gmail.com

PENDAHULUAN

Epidemiologi merupakan ilmu dasar pencegahan penyakit dan berperan besar dalam mengembangkan serta mengevaluasi kebijakan kesehatan. Sebagian besar penelitian epidemiologis berfokus pada pembentukan hubungan etiologis antara risiko yang diduga dan *outcomes* atau hasil kesehatan. Namun, epidemiologi juga banyak digunakan dalam evaluasi program pencegahan primer dan sekunder, perbandingan intervensi, dan evaluasi kebijakan pada tingkat populasi (Gerstman, 2013).

Epidemiologi adalah salah satu disiplin ilmu kesehatan masyarakat. Epidemiologi merupakan jembatan antara penelitian klinis dengan kesehatan masyarakat. Penelitian klinis sangat bergantung pada metode epidemiologi dan penelitian perawatan medis kontemporer, terutama dalam studi efektivitas perbandingan dan pendekatan statistik terhadap data besar (seperti penggunaan catatan medis elektronik untuk penelitian kesehatan). Epidemiologi membahas pertanyaan-pertanyaan kunci seperti siapa yang sakit? dan apa faktor prognostik yang penting? Jawaban atas pertanyaan-pertanyaan tersebut menjadi dasar untuk pencegahan dan pengobatan penyakit yang lebih baik. Metode epidemiologi memainkan peran kunci dalam mengidentifikasi faktor penentu lingkungan, sosial, dan genetik penyakit. Epidemiologi klinis membahas transisi dari penyakit ke kesehatan atau menuju kematian atau cacat sosial atau medis. Epidemiologi kesehatan masyarakat membahas peralihan dari

sehat menjadi sakit. Epidemiologi deskriptif menyediakan pola penyakit yang diperlukan untuk melihat kesehatan secara luas dan menetapkan prioritas dengan benar (Aschengrau & Seage, 2020).

Desain studi epidemiologi sangat kaya dan beragam, mencakup studi yang melibatkan pasien tunggal hingga studi yang dilakukan pada populasi luas, nasional, atau internasional. Studi epidemiologi bersifat observasional dan intervensional. Studi observasional adalah studi tanpa intervensi. Studi epidemiologi juga dapat terkontrol atau tidak terkontrol. Studi kontrol yang paling sering digunakan dalam studi eksperimental menguji suatu pengobatan terhadap terapi standar atau plasebo. Studi analitik merupakan studi dengan tujuan menilai hubungan suatu paparan terhadap kejadian penyakit. Studi analitik terdiri dari jenis observasional meliputi desain: kasus kontrol dan kohor, dan jenis intervensi meliputi: desain eksperimen atau *clinical trials* (Gallin & Ognibene, 2007).

Studi deskriptif merupakan studi dengan tujuan mengetahui gambaran frekuensi dan pola penyebaran kasus atau kejadian penyakit. Studi deskriptif mencakup studi terhadap individu meliputi: desain laporan kasus atau *case report*, serial kasus atau *case series* dan *Cross-sectional survey* dan studi populasi meliputi: desain ekologi atau studi korelasi. Perbedaan mendasar antara laporan kasus dan serial kasus dengan studi analitik adalah, bahwa laporan kasus dan serial kasus hanya melaporkan satu dan beberapa kasus saja berdasarkan ciri-ciri klinis dan demografis sedangkan studi analitik mencari tahu determinan atau faktor risiko. Laporan kasus dan serial kasus dapat menjadi sumber data untuk merumuskan hipotesis, sementara studi analitik membuktikan hipotesis. Subjek yang dilaporkan pada laporan kasus dan serial kasus adalah pasien atau sekelompok kecil pasien saja tanpa pembanding, sedangkan pada studi analitik ada pembanding antara kelompok pasien kasus tertentu

dengan kelompok yang tidak mendapatkan kasus tersebut (Gordis, 2014).

Dalam kedokteran modern, masing – masing desain penelitian mempunyai level “bukti” atau *Evidence based* yang berbeda. Urutan *Evidence Based* tertinggi adalah meta analisis dan desain *Randomized Controlled Trials (RCTs)*. Selanjutnya adalah desain kohor dan desain kasus kontrol. Serial kasus dan laporan kasus dikategorikan sebagai *evidence based* terendah setelah opini atau pendapat ahli. Meskipun laporan kasus dan serial kasus dianggap memiliki *evidence based* terendah namun dapat menjadi sumber informasi terutama kasus – kasus atau fenomena baru. Masing-masing desain studi memiliki perannya masing-masing dan dapat menjadi sumber informasi yang akurat jika dilaksanakan dengan sebaik-baiknya (Louie et al., 2022; Ganesan, 2022).

LAPORAN KASUS (CASE REPORT) DAN SERIAL KASUS (CASE SERIES)

Laporan kasus dan serial kasus merupakan desain studi yang termasuk ke dalam jenis deskriptif. Kedua desain ini biasanya digunakan untuk menggambarkan penyakit-penyakit yang baru atau penyakit yang sudah banyak terjadi tetapi terjadi pada kelompok yang berbeda. Desain laporan kasus menjelaskan fenomena klinis pada satu pasien. Serial kasus menjelaskan fenomena berapa pasien dengan masalah serupa berdasarkan deskripsi terperinci oleh sekelompok dokter (Gallin & Ognibene, 2007). Serial kasus biasanya melaporkan lebih dari empat kasus klinis yang serupa. Namun terdapat perbedaan dari para ahli terkait jumlah kasus yang dilaporkan dalam serial kasus, diantaranya ada yang menyebutkan 4-10 kasus serupa, ada yang menyebutkan lebih dari 10 kasus serupa (Ibarra et al., 2021).

Baik laporan kasus maupun seri kasus dianggap sebagai desain penelitian yang paling sederhana, bahkan disebut sebagai “desain pra-studi”. Beberapa contoh laporan kasus dan serial kasus yang mempunyai dampak besar pada pengobatan klinis dapat dilihat pada tabel 11.1.

Tabel 11.1 Contoh Laporan Kasus dan Serial Kasus

Deskripsi	Tipe Artikel	Dampak
Sarkoma Kaposi pada homoseksual laki-laki	Serial kasus	Mengarah pada identifikasi HIV
Imatinib menyebabkan respon pada pasien dengan tumor stroma gastrointestinal	Laporan kasus	Menyebabkan perubahan pengobatan yang signifikan untuk kondisi langka
Tujuh adenoma hepatoseluler pada wanita menggunakan kontrasepsi oral	Serial kasus	Mengarah pada studi observasional yang mengkonfirmasi hubungan tersebut. Perubahan selanjutnya dilakukan pada komposisi kontrasepsi oral seperti pengurangan kandungan estrogen.
Kebutaan pada bayi baru lahir akibat tingginya oksigen	Serial kasus	Mengarah pada identifikasi penyebab fibroplasia retrolental, membatasi penggunaan oksigen pada bayi prematur dan mengurangi kejadian komplikasi ini

Sumber: Prasanth Ganesan (2022)

Tujuan

Tujuan utama laporan kasus dan serial kasus adalah untuk memberikan deskripsi yang komprehensif dan rinci tentang kasus yang sedang diamati sehingga menghasilkan informasi baru dalam bidang klinis, menghasilkan hipotesis berdasarkan faktor kesamaan kasus yang dilaporkan, dan menetapkan besarnya beban kasus. Laporan kasus dan serial kasus memungkinkan dokter lain untuk mengidentifikasi dan melaporkan kasus serupa, terutama karakteristik klinis, geografis atau karakteristik spesifik lainnya pada kasus yang mereka tangani (Webb & Bain, 2011).

Kelebihan dan kekurangan

Kelebihan: Laporan kasus dan seri kasus adalah sumber penting dalam merumuskan hipotesis, desain sederhana, murah, dan mudah dilakukan dalam bidang klinis. **Kekurangan:** Baik laporan kasus maupun serial kasus tidak dapat menghitung insiden atau prevalensi penyakit karena tidak memiliki kelompok pembanding, tidak bisa digeneralisasi ke populasi umum karena tidak ada randomisasi dalam pemilihan kasus sehingga validitas eksternal terganggu, setiap asosiasi yang diamati dalam laporan kasus atau serial kasus rentan terhadap *confounding* (Webb & Bain, 2011; Kestenbaum, 2009).

LAPORAN KASUS (CASE REPORT)

Laporan kasus adalah laporan rinci tentang gejala, tanda, diagnosis, pengobatan, dan tindak lanjut dari seorang individu atau pasien. Laporan kasus menggambarkan pengalaman satu kasus pasien. Meskipun di dalam laporan kasus menggambarkan pengalaman satu unit tunggal, namun dianalisis secara mendalam, sehingga dapat menjadi dasar untuk melihat hubungan sebab-akibat (NIH, 2017).

Sebuah laporan kasus yang diterbitkan di Inggris pada tahun 1961 menggambarkan perkembangan emboli paru pada wanita pra-menopause berusia 40 tahun, lima minggu setelah dia mulai menggunakan kontrasepsi oral atau *Oral Contraceptive (OC)* untuk pengobatan endometriosis. Karena emboli paru jarang terjadi pada wanita usia tersebut, Penny webb dan Crish Brain dalam bukunya berpendapat bahwa hal itu mungkin disebabkan oleh *OC*, terutama karena ini merupakan paparan baru pada saat itu. Sebuah laporan dari satu kasus tidak dapat memberikan bukti konklusif bahwa kasus tersebut disebabkan oleh *OC*. Hal ini membuka jalan bagi studi analitik. Laporan kasus secara konsisten menunjukkan bahwa ada hubungan antara penggunaan kontrasepsi oral dan risiko emboli paru (Webb & Bain, 2011).

Laporan kasus adalah studi kasus yang menggambarkan sindrom atau penyakit yang unik/ jarang terjadi, atau pendekatan terapeutik yang unik terhadap suatu penyakit, atau hubungan yang tidak terduga antara penyakit/ gejala yang relatif tidak umum. Ilmuwan bidang kedokteran biasanya adalah yang pertama mengidentifikasi penyakit baru, dampak buruk dari paparan baru, dan hubungan baru antara paparan dan suatu penyakit. Informasi ini biasanya dipublikasikan dalam laporan kasus (Riley et al., 2017).

Epidemi *Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS)* secara resmi dimulai di Amerika Serikat pada tahun 1981 ketika dokter melaporkan beberapa kasus pneumonia *Pneumocystis carinii pneumonia (PCP)*, di antara laki-laki muda homoseksual yang sebelumnya sehat dan tinggal di New York dan California. Menurut laporan *CDC* tercatat data kasus lima orang pasien pada periode Oktober 1980-Mei 1981 dengan rincian sebagai berikut: (Gottlieb et al., 1996)

Pasien 1: adalah seorang laki-laki berusia 33 tahun yang sebelumnya sehat menderita *PCP* dan *oral mucosal candidiasis* atau kandidiasis mukosa mulut pada bulan Maret 1981 setelah

riwayat demam selama dua bulan yang berhubungan dengan peningkatan enzim hati, leukopenia, dan *cytomegalovirus (CMV)*. Hasil tes medis imunologi yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan antibodi spesifik atau antigen spesifik dalam serum pasien atau *the serum complement-fixation CMV titer* dilakukan pada bulan Oktober 1980 adalah 256, pada bulan Mei 1981 jumlahnya menjadi 32*. Kondisi pasien memburuk meskipun telah menjalani pengobatan dengan *trimethoprim-sulfamethoxazole (TMP/SMX)*, *pentamidine*, dan *acyclovir*. Pasien tersebut meninggal pada tanggal 3 Mei, dan pemeriksaan post mortem menunjukkan sisa *PCP dan CMV*, tetapi tidak ada bukti *neoplasia*.

Pasien 2: adalah seorang laki-laki berusia 30 tahun yang sebelumnya sehat menderita *PCP*. Pada bulan April 1981 setelah riwayat demam setiap hari selama 5 bulan dan berdasarkan pemeriksaan terjadi peningkatan fungsi hati, *viruria CMV*, dan mendokumentasikan serokonversi ke *CMV*, yaitu titer fase akut 16 dan titer fase pemulihan 28* dalam tes imunofluoresensi antikomplemen. Gambaran lain dari penyakitnya termasuk leukopenia dan kandidiasis mukosa. Pneumonia yang dideritanya merespon pengobatan *TMP/SMX intravena*, namun berdasarkan laporan terbaru, ia terus mengalami demam setiap hari.

Pasien 3: adalah seorang laki-laki berusia 30 tahun dalam keadaan sehat hingga Januari 1981 ketika ia menderita kandidiasis esofagus (*Esophageal candidiasis*) dan kandidiasis mulut (*oral candidiasis*) yang merespons pengobatan *Amphotericin B*. Pasien ini dirawat di rumah sakit pada bulan Februari 1981 karena *PCP* yang merespon *oral TMP/SMX*. Kandidiasis esofagusnya kambuh setelah pneumonia didiagnosis, dan ia kembali diberi *Amfoterisin B*. Hasil tes *Titer komplemen-fiksasi CMV* pada Maret 1981 adalah 8. Bahan dari biopsi esofagus positif untuk *CMV*.

Pasien 4: adalah seorang laki-laki berusia 29 tahun menderita *PCP* pada bulan Februari 1981. Pasien menderita penyakit *Hodgkins* tiga tahun sebelumnya, namun berhasil diobati hanya dengan terapi radiasi. Kondisinya tidak membaik setelah diberi *TMP / SMX intravena* dan kortikosteroid dan meninggal pada bulan Maret. Pemeriksaan post mortem tidak menunjukkan bukti penyakit *Hodgkins*, tetapi *PCP CMV* ditemukan di jaringan paru-paru.

Pasien 5: adalah seorang laki-laki berusia 36 tahun yang sebelumnya sehat didiagnosis infeksi *CMV* secara klinis pada bulan September 1980. Datang pada bulan April 1981 karena riwayat demam, sesak nafas, dan batuk selama empat bulan. Saat masuk Rumah Sakit, pasien menderita *PCP*, kandidiasis oral, dan retinitis *CMV*. Hasil tes *the serum complement-fixation CMV titer* pada bulan April 1981 adalah 128. Pasien telah diobati dengan dua pengobatan *TMP/SMX* jangka pendek yang dibatasi karena neutropenia yang diinduksi sulfa. Pasien tersebut dirawat karena kandidiasis dengan *topical nystatin*.

Berdasarkan laporan kasus masing-masing pasien tersebut, dapat dilaporkan menjadi serial kasus. Dari laporan lima orang pasien, semua pasien adalah laki-laki homoseksual, tidak memiliki riwayat penyakit menular seksual sebelumnya, dan dua diantaranya melaporkan sering melakukan kontak homoseksual dengan pasangan yang berbeda-beda. Semua pasien didiagnosis menderita *PCP dan infeksi CMV*. Kelima pasien dilaporkan menggunakan obat inhalansi, dan 1 melaporkan penyalahgunaan obat parenteral. Tiga pasien mengalami depresi berat dalam respons proliferasi *in vitro* terhadap mitogen dan antigen. Studi limfosit tidak dilakukan pada dua pasien lainnya. Empat pasien memiliki bukti serologis adanya infeksi hepatitis B di masa lalu, namun tidak memiliki bukti adanya antigen permukaan hepatitis B saat ini. *PCP* di Amerika Serikat hampir

secara eksklusif terbatas pada pasien dengan imunosupresi berat. Terjadinya pneumocystosis pada lima orang yang sebelumnya sehat tanpa adanya defisiensi imun yang mendasari secara klinis adalah hal yang tidak biasa. Laporan kasus masing-masing laki - laki muda ini sangat penting. Kita sekarang tahu bahwa laporan kasus ini merupakan gejala penyakit baru yang pada akhirnya disebut HIV/AIDS.

Panduan membuat laporan kasus (*case report*)

Membuat laporan kasus tidak boleh hanya untuk kepentingan penulis, namun harus membantu meningkatkan pemahaman tentang suatu penyakit. Mempersiapkan naskah untuk laporan kasus mungkin merupakan paparan pertama menulis ilmiah untuk dokter / peneliti pemula. Persiapan yang mendetail sangat penting termasuk pencarian literatur menyeluruh tentang penyakit tersebut. Laporan kasus yang tidak sesuai akan berdampak negatif terhadap beberapa praktik klinis. Oleh karena itu, penulis harus ingat bahwa ada tanggung jawab profesional yang besar dalam memberikan laporan kasus. Privasi pasien harus dijaga. Semua informasi identitas harus dihilangkan kecuali jika penting untuk tujuan ilmiah, dan persetujuan berdasarkan informasi sering kali diperlukan.

Laporan kasus menceritakan sebuah cerita dalam format naratif yang mencakup temuan klinis, diagnosis, intervensi, hasil (termasuk efek samping), dan tindak lanjut. Narasinya harus mencakup alasan atau latar belakang, hasil, diskusi dan kesimpulan yang dapat diambil. Latar Belakang: Laporan kasus yang ditulis dengan baik dan transparan (1) mengungkapkan sinyal awal mengenai potensi manfaat, kerugian, dan informasi mengenai penggunaan obat ini sumber daya; (2) memberikan informasi untuk penelitian klinis dan pedoman praktik klinis, dan (3) menginformasikan pendidikan kedokteran. Laporan kasus yang berkualitas dapat dicapai ketika penulis mengikuti

pedoman pelaporan. Selama 2011 dan 2012, sekelompok dokter, peneliti, dan editor jurnal mengembangkan rekomendasi untuk pelaporan informasi yang akurat dalam laporan kasus yang disebut dengan CARE (CAse REport). Informasi yang harus ada dalam sebuah laporan kasus menurut panduan CARE dapat dilihat dalam tabel 11.2. (Gagnier et al., 2013).

Tabel 11.2
Panduan Penulisan Laporan Kasus “CARE Checklist”

Topik	Komponen	Informasi
Judul	1	Diagnosis atau intervensi yang menjadi fokus utama diikuti oleh kata-kata “laporan kasus”.
Kata Kunci	2	2 hingga 5 kata kunci yang mengidentifikasi diagnosis atau intervensi dalam laporan kasus.
Abstrak (tanpa referensi)	3a	Apa yang unik tentang kasus ini dan apa sumbangsinya pada literatur ilmiah.
	3b	Gejala (<i>symptoms</i>) utama dan/atau temuan klinis penting.
	3c	Diagnosa utama, intervensi terapeutik, dan hasilnya (<i>outcomes</i>).
	3d	Kesimpulan: Apa yang dapat diambil dari kasus ini?
Pendahuluan	4	Satu atau dua paragraf yang merangkum mengapa kasus ini unik (boleh mencakup referensi).
Informasi pasien	5a	Informasi spesifik pasien yang telah dihapus

		identitasnya.
	5b	Masalah utama dan gejala yang diderita pasien.
	5c	Riwayat medis, keluarga, dan psiko-sosial termasuk informasi genetik yang relevan.
	5d	Intervensi masa lalu yang relevan dengan hasil (<i>outcomes</i>).
Temuan klinis	6	Deskripsikan pemeriksaan fisik yang signifikan dan temuan klinis penting.
Waktu	7	Informasi historis dan terkini dari episode perawatan ini disusun berdasarkan waktu kejadian.
Penilaian Diagnostik	8a	Pemeriksaan diagnostik (seperti pemeriksaan fisik, tes laboratorium, <i>imaging</i> , survei).
	8b	Tantangan diagnostik (seperti akses ke pengujian, keuangan, atau budaya).
	8c	Diagnosis (termasuk diagnosis lain yang dipertimbangkan).
	8d	Prognosis (seperti tahap dalam onkologi) jika berlaku.
Intervensi Terapeutik	9a	Jenis intervensi terapeutik (seperti farmakologis, bedah, upaya pencegahan, perawatan diri).
	9b	Pemberian intervensi terapeutik (seperti dosis, kekuatan, durasi).
	9c	Perubahan dalam intervensi

		terapeutik (dengan alasan).
Tindak lanjut dan hasil (<i>outcome</i>)	10a	Hasil (<i>outcome</i>) yang dinilai oleh klinisi dan pasien (jika tersedia).
	10b	Hasil tindak lanjut diagnostik penting dan tes lainnya.
	10c	Kepatuhan dan tolerabilitas intervensi (Bagaimana ini dinilai?).
	10d	Kejadian yang merugikan dan tidak terduga.
Diskusi	11a	Sebuah diskusi ilmiah mengenai kelebihan DAN keterbatasan yang terkait dengan laporan kasus ini.
	11b	Diskusi mengenai literatur medis yang relevan dengan referensi.
	11c	Dasar ilmiah untuk setiap kesimpulan (termasuk penilaian terhadap kemungkinan penyebab).
	11d	Pelajaran utama dari laporan kasus ini (tanpa referensi) dalam kesimpulan satu paragraf.
Perspektif Pasien	12	Pasien harus berbagi perspektif mereka dalam satu atau dua paragraf tentang perawatan yang mereka terima.
<i>Informed Consent</i>	13	Apakah pasien memberikan informed consent? Harap sediakan jika diminta ULD berbagi perspektif mereka dalam satu hingga dua paragraf tentang perawatan

SERIAL KASUS (*CASE SERIES*)

Serial kasus melibatkan sekelompok pasien dengan gejala serupa. Laporan serial kasus berguna untuk mempelajari penyakit yang jarang terjadi atau untuk mengembangkan hipotesis dan memulai penelitian yang lebih kuat berdasarkan bukti. Dari perspektif pedagogis, laporan kasus dan laporan serial kasus dapat digunakan sebagai bahan didaktik, memperkuat pembelajaran penyakit dan proses klinis, pendekatan diagnostik dan keputusan terapeutik (Gallin, J & Ognibene, 2007).

Serial kasus menggambarkan riwayat kesehatan dan manifestasi klinis dari sejumlah kecil individu dengan penyakit atau sindrom tertentu. Serial kasus tidak dapat menghitung kejadian atau prevalensi. Selain itu, dalam serial kasus tidak ada rujukan atau kontrol. Oleh karena itu, kesimpulan kausal bukan fokus utama dari analisis serial kasus. Namun demikian, observasi yang diperoleh dari serial kasus sering kali menandakan munculnya masalah dan membantu memperjelas hipotesis untuk penyelidikan lebih lanjut.

Wakefield dkk pada tahun 1998 melaporkan serial kasus 12 anak dari klinik penyakit gastroenterologi yang menunjukkan tanda-tanda regresi perkembangan dan gejala gastrointestinal. Delapan dari anak-anak ini mengalami timbulnya gejala perkembangan setelah vaksinasi campak. Para penulis sampai pada kesimpulan bahwa varian baru penyakit radang usus muncul pada anak-anak dengan gangguan perkembangan. Meskipun sifat interaksi antara lesi usus dan gangguan kognitif tidak jelas, autoimunitas dan ensefalopati otak toksik telah diduga. Karena vaksinasi sering dianjurkan pada usia di mana tanda-tanda autisme pertama kali muncul, hubungan temporal

diharapkan dan sering terlihat. Tak satu pun dari pengamatan ini memberikan argumen kuat mengenai hubungan sebab akibat antara vaksinasi dan autisme, namun bukti empiris negatif yang kuat tetap diperlukan untuk mengurangi kekhawatiran Masyarakat (Rothman, Greenland, Lash, 2008).

Sebuah laporan serial kasus menggambarkan 15 wanita muda yang mengidap kanker payudara. Sembilan orang dari wanita ini melaporkan setidaknya sekali seminggu mengkonsumsi makanan yang dikemas dengan bahan kimia estrogenik bisphenol A atau *bisphenol A (BPA)*. Tes urin mengkonfirmasi keberadaan *BPA* di antara sembilan kasus wanita. Dari data ini kita bisa menduga bahwa *BPA* mungkin ada hubungannya dengan kanker payudara. Namun, laporan kasus/rangkaian kasus mempunyai keterbatasan menyimpulkan hubungan sebab-akibat. Secara umum, serial kasus hanya bergantung pada kemungkinan biologis untuk mengajukan hubungan sebab akibat. Untuk serial kasus *BPA* dan kanker payudara, tidak ada bukti acak, tidak ada kekuatan hubungan antara *BPA* dan kanker payudara, tidak ada hubungan dosis-respons yang dilaporkan, dan tidak ada bukti yang menunjukkan paparan *BPA* mendahului perkembangan kanker payudara. Kesimpulan untuk sebab akibat sepenuhnya berasal dari pengetahuan biologis sebelumnya mengenai estrogenic efek *BPA* (Kestenbaum, 2009).

Serial kasus Snow terhadap wabah kolera mengerikan di kawasan Golden Square London pada bulan Agustus dan September 1854, melaporkan 61 orang yang meninggal selama wabah ini menggunakan air dari pompa Broad Street, enam orang dilaporkan tidak meminum air dari pompa tersebut, dan enam orang tidak dapat memastikan apakah mereka menggunakan air dari pompa tersebut atau tidak. Oleh karena itu, paparan terhadap air pompa Broad Street, jika tidak bersifat universal, sangat umum terjadi. Snow juga mewawancarai

kasus-kasus yang tampaknya bertentangan dengan pola infeksi normal. Satu pengamatan menarik muncul ketika menyelidiki beberapa kasus di pinggiran kota Hampstead, yang ditulis oleh Snow (Gerstman, 2013).

Contoh serial kasus lainnya adalah Pada tahun 2015 terjadi wabah virus zika di Amerika Latin. Virus zika adalah flavivirus yang ditularkan oleh nyamuk *Aedes*, terutama *Aedes aegypti* dan mungkin juga *Aedes albopictus*, dan awalnya diisolasi dari seekor monyet rhesus di hutan zika di Uganda pada tahun 1947. Pada awal 2016, setelah jumlah bayi yang lahir dengan mikrosefali di daerah terkena virus Zika meningkat, Pusat Pengendalian dan Pencegahan Penyakit (*CDC*) menerbitkan serangkaian kasus deskriptif dari Brazil tentang kemungkinan hubungan antara infeksi virus zika dan mikrosefali, kondisi di mana kepala bayi lebih kecil dari yang diharapkan, mungkin disebabkan oleh perkembangan otak yang tidak lengkap (Aschengrau & Seage, 2020).

KESIMPULAN

Laporan kasus dan laporan seri kasus termasuk ke dalam jenis studi deskriptif dengan subjek yang dilaporkan adalah individu atau pasien. Perbedaan mendasar antara laporan kasus dan serial kasus adalah jumlah kasus yang dilaporkan. Laporan kasus menjelaskan fenomena yang dialami oleh satu individu atau pasien terkait gejala klinis yang dialami secara rinci. Laporan kasus menggambarkan karakteristik dan ciri – ciri kasus baru. Sedangkan serial kasus menjelaskan kelompok individu yang mengalami fenomena serupa. Fenomena yang dilaporkan dalam serial kasus adalah fenomena baru atau fenomena lama yang mengenai populasi baru. Hasil publikasi laporan kasus dan serial kasus memungkinkan penyebaran pengetahuan di bidang medis. Kedua desain ini berguna untuk menginformasikan hal baru atau penyakit langka, serta

menjelaskan efek samping atau komplikasi patologi suatu kasus atau penyakit. Laporan kasus dan serial kasus digunakan sebagai metode pedagogis bagi peneliti pemula karena mudah dan biaya yang murah. Baik laporan kasus dan serial kasus mempunyai kelebihan dan kekurangan. Mereka dianggap memiliki tingkat bukti atau *evidence based* yang rendah. Namun laporan kasus dan serial kasus mempunyai peranan sebagai sumber informasi baru untuk merumuskan hipotesis penelitian lanjut. Laporan kasus dan serial kasus harus jelas, rinci, dan akurat. Salah satu panduan penulisan laporan kasus adalah panduan Case Report atau disingkat dengan *CARE checklist*. Laporan kasus dan serial kasus yang ditulis dengan baik akan menghasilkan hasil yang baik untuk dipublikasikan sebagai rujukan informasi yang sangat bermanfaat di dunia medis.

DAFTAR PUSTAKA

- Aschengrau, A, & Seage, G. (2020). *Essentials Of Epidemiology In Public Health* (Fourth Edi). Jones & Bartlett Learning.
- Gagnier, J. J., Kienle, G., Altman, D. G., Moher, D., Sox, H., & Riley, D. (2013). The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. *Forschende Komplementarmedizin*, 20(5), 385–386. <https://doi.org/10.7453/gahmj.2013.008>
- Gallin, J & Ognibene, F. (2007). *Principle and Practice of Clinical Research* (Second Edi). National Institutes of Health Clinical Center.
- Ganesan, P. (2022). How to write case reports in medicine. *International Journal of Advanced Medical and Health Research*, 37(2), 102–106. <https://doi.org/10.7180/kmj.22.109>
- Gerstman, B. B. (2013). *Epidemiology Kept Simple An Introduction To Traditional And Modern Epidemiology*. In *Wiley-BlackWell* (Third Edit). Wiley-BlackWell.

- Gordis, L. (2014). Epidemiology. In *Handbook of Modern Hospital Safety, Second Edition* (Fifth Edit). Elsevier Saunders. https://doi.org/10.5005/jp/books/12495_3
- Gottlieb, M. S., Schanker, H. M., Fan, P. T., Saxon, A., Weisman, J. D., & Pozalski, I. (1996). Pneumocystis pneumonia - Los Angeles. In *Jama* (Vol. 276, Issue 13, pp. 1020–1022). <https://doi.org/10.1001/jama.276.13.1020>
- Ibarra, E. A. D., Pinzón, J. A. A., & Medina, Y. F. (2021). *Review article Methodology : How to develop a case report or case series report.* 0(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.rcreue.2021.05.012>
- Kestenbaum, B. (2009). Epidemiology and Biostatistics. An Introduction to Clinical Research. In M. Kathryn L. Adeney, MD (Ed.), *Spinger*. Spinger. DOI 10.1007/978-0-387-88433-2
- Louie, A. K., Balon, R., Beresin, E. V., Guerrero, A. P. S., Morreale, M. K., Aggarwal, R., Coverdale, J., & Brenner, A. M. (2022). Educational Case Reports: Purpose, Style, and Format. *Academic Psychiatry*, 46(2), 147–150. <https://doi.org/10.1007/s40596-022-01610-7>
- NIH, N. L. of medicine. (2017). *Guidelines to writing a clinical case report.* Heart Views. <https://doi.org/10.4103/1995-705x.217857>
- Riley, D. S., Barber, M. S., Kienle, G. S., Aronson, J. K., von Schoen-Angerer, T., Tugwell, P., Kiene, H., Helfand, M., Altman, D. G., Sox, H., Werthmann, P. G., Moher, D., Rison, R. A., Shamseer, L., Koch, C. A., Sun, G. H., Hanaway, P., Sudak, N. L., Kaszkin-Bettag, M., ... Gagnier, J. J. (2017). CARE guidelines for case reports: explanation and elaboration document. *Journal of Clinical Epidemiology*, 89, 218–235. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2017.04.026>
- Rothman, Kenneth., Greenland, Sender., Lash, T. (2008).

Modern epidemiology. In *Studies in Fuzziness and Soft Computing* (Vol. 232). Lippincott Williams & Wilkins.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-69094-8_3

Webb, P. &, & Bain, C. (2011). *Essential Epidemiology An Introduction for Students and Health Professionals*. In *Cambridge University Press, New York* (Second Edi). Cambridge University Press, New York.

BAB 12

STUDI EKOLOGI

Mugi Wahidin

¹Universitas Esa Unggul, Jakarta / Badan Riset dan Inovasi Nasional
E-mail: wahids.wgn@gmail.com

PENDAHULUAN

Demi menemukan jawaban dari berbagai pertanyaan kesehatan, diperlukan suatu penelitian (studi) yang relevan. Penelitian pada dasarnya adalah suatu upaya untuk memahami dan memecahkan masalah secara ilmiah (Notoatmodjo, 2002). Ilmiah berarti ilmu tersebut dapat dibuktikan secara empiris (dapat diamati dengan panca indera, dapat dikur, objektif), sistematis (melalui mekanisme yang terstruktur), dan logis (tidak bertentangan dengan akal sehat). Studi dalam kesehatan masyarakat dilaksanakan dengan pendekatan studi epidemiologi.

Epidemiologi merupakan ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan penyakit dan keadaan kesehatan pada populasi serta penerapannya untuk pengendalian masalah – masalah kesehatan. Epidemiologi menggunakan pendekatan yang bersifat kuantitatif dalam menjelaskan masalah kesehatan. Studi epidemiologi umumnya bersifat observasional, meliputi populasi tertentu dan berusaha mencari hubungan kausal (Bustan, 2012). Sedangkan menurut (Notoatmodjo, 2007) epidemiologi mencakup sekurangnya tiga elemen yaitu mencakup semua penyakit, memusatkan perhatian pada populasi, dan menggunakan pendekatan ekologi yaitu meliputi lingkungan fisik, biologis, dan social.

Desain penelitian epidemiologi meliputi studi deskriptif dan studi analitik. Studi deskriptif termasuk studi kasus, serial kasus, dan survey. Sedangkan studi analitik termasuk studi potong

lintang (cross sectional), studi ekologi (studi korelasi), kasus control (case-control), dan kohort (cohort). Studi ekologi dewasa ini masih dibutuhkan dan terus berkembang mengingat masih terdapatnya keterbatasan data kesehatan. Pada saat penelitian, tidak semua data berupa data individu, tetapi juga berupa data agregat, misalnya jumlah kasus per kabupaten, jumlah penduduk per desa, prevalensi kasus per kecamatan, atau persentase kematian menurut wilayah tertentu. Untuk menganalisis data agregat ini, desain studi yang tepat adalah studi ekologi.

Dalam studi ekologi, dilakukan analisis hubungan antar variabel yang sifatnya kelompok, sehingga hubungan tersebut hanya dapat dijustifikasi pada tingkat kelompok, bukan individu. Akan tetapi, hubungan dalam studi ekologi tetap bisa digunakan apabila ada keterbatasan atau tidak tersedianya data individu. Analisis hubungan dalam studi ekologi dapat juga untuk melengkapi dan memperkuat hasil analisis pada studi dengan data individu. Studi ekologi dilakukan sebagai langkah awal penelitian kausal atau untuk melihat pengaruh program intervensi. Meskipun terdapat kelemahan, tetapi studi ini merupakan salah satu jenis studi yang dapat dilakukan dengan data yang tersedia. Berikut akan dijelaskan pengertian, penggunaan, kekuatan, kelemahan, dan contoh studi ekologi dalam kesehatan masyarakat.

PENGERTIAN

Desain penelitian meliputi unsur waktu (hubungan kausal), ada tidaknya perlakuan atau program, adanya observasi atau pengukuran, dan menggambarkan peserta penelitian baik grup ataupun individu (Trochim et al., 2016). Studi ekologi merupakan salah satu desain penelitian yang dapat menganalisis dalam satu waktu bersamaan atau berbeda, bersifat observasional/tidak ada intervensi, adanya pengukuran

kuantitatif, dan data yang dianalisis berupa data agregat (grup). Studi ekologi merupakan studi kuantitatif. Karakteristik dari penelitian kuantitatif adalah desain penelitian spesifik dan ditentukan sejak awal, bertujuan menguji hubungan antar variabel dan generalisasi, teknik pengumpulan data dengan kuesioner, observasi, instrumen dapat berupa angket, wawancara terstruktur, besar sampel representatif dan dapat digeneralisasi, serta bersifat deduktif (Sugiyono, 2019).

Studi ekologi atau nama lainnya studi korelasi merupakan penelitian atau penelaahan hubungan antara dua variabel pada suatu situasi atau sekelompok objek. Hal ini dilakukan untuk melihat hubungan antara gejala satu dengan gejala yang lain, atau variabel satu dengan variabel lain (Notoatmodjo, 2002). Menurut Levin (2003), studi ekologi merupakan studi observasional yang ditandai dengan tingkat data dianalisis, yaitu pada tingkat populasi atau kelompok, bukan tingkat individu. Studi ekologi sering digunakan untuk mengukur prevalensi dan kejadian penyakit, terutama ketika penyakit jarang terjadi. Demikian juga menurut Sitas & Thomson (1993) yang mengemukakan bahwa studi ekologi (studi geografis atau agregat) menggunakan sekelompok data (populasi) sebagai unit pengamatan untuk penyakit atau paparan unit pengamatan ini bisa berupa data populasi, atau hasil ringkasan data seperti rata-rata rokok yang dihisap, konsumsi makanan berisiko.

Studi ekologi termasuk studi yang murah dan mudah dilakukan karena menggunakan data sekunder atau data yang dikumpulkan secara rutin, tetapi studi ini rentan terhadap bias. Hal ini karena studi menggunakan data populasi tidak otomatis sama hasilnya dengan data di tingkat individu. Akan tetapi, meskipun desain penelitian lain (studi kausal) lebih dapat diandalkan, pada tingkat populasi, karakteristik individu dapat menjadi penentu kejadian penyakit (Levin, 2003). Dengan

demikian, studi ekologi tetap dapat menghasilkan kesimpulan hasil analisis yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

KAPAN MELAKUKAN STUDI EKOLOGI?

Penelitian dengan desain studi ekologi dilakukan pada beberapa kondisi, yaitu terkait ketersediaan data dan tujuan penelitian. Menurut Levin (2003) studi ekologi dilaksanakan ketika:

1. Tujuan dari penelitian untuk memantau kesehatan penduduk dalam rangka mendukung pengembangan strategi kesehatan masyarakat
2. Tujuan dari penelitian untuk membuat perbandingan analisis pada skala yang besar, misalnya perbandingan antar negara
3. Tujuan dari penelitian untuk mempelajari hubungan antara paparan tingkat populasi terhadap faktor risiko dan penyakit, atau untuk melihat efek kontekstual dari faktor risiko pada populasi
4. Pengukuran pada tingkat individu tidak tersedia, misalnya, kerahasiaan mungkin mengharuskan individu dianonimkan oleh agregasi data ke tingkat area/wilayah
5. Penyakit yang sedang diselidiki jarang terjadi, membutuhkan agregasi data untuk setiap analisis yang akan dilakukan

Sejalan dengan hal tersebut, Bustan (2012) juga mengemukakan bahwa studi ekologi dapat dilaksanakan untuk investigasi penyakit yang jarang, investigasi penyebab langka, studi exposure ganda dan determinan, dan pengukuran hubungan waktu. Dengan demikian, studi ekologi dilaksanakan pada tahap awal penyakit atau penyakit tersebut memang sangat jarang dan hanya terdapat pada data pada tingkat populasi.

JENIS PENGUKURAN DALAM STUDI EKOLOGI

Data hasil pengukuran yang dapat digunakan dalam studi ekologi antara lain data agregat penyakit dan masalah kesehatan tingkat populasi, data pemeriksaan lingkungan, dan data berdasarkan ukuran global (Levin, 2003). Contoh data sebagai berikut:

1. Data agregat yang merupakan ringkasan dari data individu misalnya persentase kepemilikan Surat Izin Mengemudi (SIM) dan rata-rata uang saku remaja, dan indeks pembangunan kesehatan masyarakat
2. Data agregat lingkungan, seperti rata-rata paparan karbon pada penduduk perkotaan, persentasi terpapar asap rokok di rumah
3. Data pengukuran global, misalnya rasio dokter dengan penduduk, jumlah praktik dokter gigi, dan kepadatan penduduk

JENIS STUDI EKOLOGI

Studi ekologi intinya adalah studi yang menghubungkan dua variabel dengan unit analisis populasi, atau menggunakan data agregat. Jenis studi ini mencakup berbagai area bidang kesehatan dan non kesehatan dengan menghubungkan dua variabel. Menurut Levin (2003), jenis studi ekologi sebagai berikut:

1. Geografis, untuk membandingkan satu geografi dengan geografi lainnya dengan menilai kesehatan populasi masing-masing.
2. Paparan (*exposure*), untuk membandingkan paparan/risiko kesehatan berdasarkan geografi serta variabilitas perancu potensial seperti informasi demografis dan sosio ekonomi.
3. Longitudinal, populasi dipantau untuk menilai perubahan penyakit dari waktu ke waktu dengan memasukkan faktor perancu dalam analisis.

4. Migrasi, data populasi penduduk migran dikumpulkan dan dianalisis dengan menganalisis jenis populasi.

Menurut Morgenstern (1982), studi ekologi yang paling sederhana adalah studi eksplorasi di mana kami mengamati perbedaan geografis dalam tingkat penyakit diantara beberapa daerah (kelompok).

ANALISIS DALAM STUDI EKOLOGI

Uji statistik dalam studi ekologi biasanya menggunakan analisis korelasi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui skor atau rata-rata variabel satu dengan skor atau rata-rata variabel lainnya. Koefisien korelasi selanjutnya dapat digunakan untuk menguji hipotesis apakah ada hubungan antara kedua variabel tersebut dan sebesar apa hubungan antar keduanya (Notoatmodjo, 2002). Hipotesis merupakan prediksi yang dibuat peneliti tentang hubungan antar variabel yang di harapkan (Creswell, 2016). Sebagai contoh, penelitian korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara proporsi obesitas dengan prevalensi diabetes, atau hubungan antara proporsi penduduk divaksin difteri dengan insidens difteri.

KEKUATAN

Studi ekologi (korelasi) pada dasarnya dapat menggunakan semua ukuran epidemiologi, baik jumlah, rasio, maupu rate. Studi korelasi dapat menggunakan data insidens (kasus baru), prevelans (kasus baru dan lama), maupun mortalitas/kematian (Murti, 1997). Data jumlah misalnya jumlah kasus, jumlah kematian, dan jumlah penduduk. Data insidens misalnya insidens rate malaria per 1000 penduduk dan insidens rate demam berdarah (%). Data prevalens misalanya prevalens rate diabetes (%) dan prevalens HIV/AID per 1000 penduduk.

Sedangkan data kematian misalnya angka kematian bayi per 1000 kelahiran dan *case fatality rate* COVID-19 (%).

Studi ekologi dapat digunakan untuk studi pendahuluan hubungan sebab akibat jika rancangan studi dengan data individu belum ada. Menurut Murti (1997) rancangan studi ini tepat sekali digunakan pada penyelidikan awal hubungan paparan faktor risiko dan penyakit. Sebagai contoh, karena keterbatasan data individu dalam studi faktor yang mempengaruhi HIV/AIDS, maka dilaksanakan studi ekologi menggunakan data agregat dari setiap kabupaten/kota di tingkat nasional. Selain itu, studi ekologi juga akan memperkuat hasil studi dengan data individu yang sudah ada. Hal ini untuk menunjukkan bahwa hubungan di tingkat populasi sejalan dengan hubungan di tingkat individu.

Analisis dalam studi ekologi mudah dan murah untuk dilakukan, karena menggunakan data sekunder atau data yang sudah tersedia. Sebagai contoh analisis hubungan antara faktor risiko prevalensi obesitas, obesitas sentral aktivitas fisik dengan prevalensi diabetes. Data prevalensi faktor risiko dan prevalensi kasus diabetes diperoleh dari data studi Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) atau riset lainnya. Hasil studi ekologi dapat menjadi hipotesis adanya hubungan kausal (Murti, 1997). Untuk selanjutnya hipotesis tersebut diuji menggunakan rancangan studi epidemiologi analitik seperti kasus kontrol maupun *cohort*. Sebagai contoh, pada tingkat populasi ada korelasi antara jumlah konsumsi per kapita daging merah (sapi, kambing, babi) dengan jumlah kanker kolon. Hasil ini dapat menjadi hipotesis untuk penelitian selanjutnya uji hubungan konsumsi daging merah dengan kejadian kanker secara individual.

Studi ekologi dapat digunakan untuk menilai pengaruh program pada sasaran populasi (Murti, 1997). Akan tetapi, pengaruh ini hendaknya dinilai berdasarkan uji kausal/determinan pada uji analitik sebelumnya. Sebagai contoh,

hasil analitik sebelumnya terdapat hubungan kasusal antara kadar lemak darah dengan hipertensi pada tingkat individu. Selanjutnya, untuk mengetahui efektivitas program pengendalian konsumsi makanan tinggi lemak, dilakukan studi ekologi dengan menguji hubungan antara proporsi penduduk dewasa dengan kadar lemak tinggi dan proporsi kasus hipertensi di suatu wilayah.

KELEMAHAN

Studi ekologi tidak dapat digunakan untuk menguji hipotesis kausal atau sebab akibat. Menurut (Murti, 1997) studi korelasi populasi bukan merupakan rancangan yang kuat untuk menganalisis hubungan sebab akibat. Hal ini karena studi ekologi tidak dapat menjembatani paparan pada tingkat populasi ke paparan tingkat individu dan juga tidak dapat mengontrol pengaruh perancu (*confounder*). Paparan Tingkat populasi bisa jadi berbeda dengan paparan tingkat individu. Sebagai contoh, secara agregat, prevalensi konsumsi alkohol pada populasi tinggi dan kasus kanker paru juga tinggi, tetapi pada tingkat individu belum tentu dia terpapar alkohol dan terkena kanker paru. Dalam variabel perancu, hubungan antara dua variabel bisa dipengaruhi oleh variabel lainnya, yang ini tidak bisa diukur dalam studi ekologi. Keadaan ini menyebabkan hubungan antara faktor risiko dengan kasus dapat rancu akibat adanya faktor lain tersebut. Sebagai contoh, di tingkat populasi ada hubungan antara konsumsi makanan berlemak dengan diabetes, padahal bisa jadi ada hubungan faktor lain terkait konsumsi misalnya kurang konsumsi buah dan sayur, kadar kolesterol, dan tekanan darah.

Kekeliruan dalam menyimpulkan hubungan kausal berdasarkan data populasi ini disebut kekeliruan ekologis (*ecological fallacy*). Kekeliruan ini adalah kesalahan dalam menyimpulkan hubungan yang ada pada tingkat

kelompok/populasi diasumsikan juga berlaku untuk individu (Levin, 2003). Misalnya, pada tingkat populasi terdapat hubungan antara prevalensi kurang konsumsi buah dan sayur dengan prevalensi diabetes, tetapi pada tingkat individu tidak ada hubungan tersebut. Hal ini bisa karena adanya variabel lain yang mempengaruhi kejadian diabetes pada tingkat individu. Menurut Sitas & Thomson (1993), keterbatasan yang jelas dari studi ekologi adalah kekeliruan ekologis, yaitu kemungkinan bahwa variabel agregat mungkin tidak mencerminkan status individu.

Contoh adanya kekeliruan ekologis adalah penelitian (Robinson, 1950) yang menghasilkan adanya korelasi yang kuat (r 0,62) antara proporsi melek huruf dengan proporsi imigran di Amerika Serikat tahun 1950, yang berarti bahwa semakin tinggi proporsi imigran semakin tinggi juga proporsi melek hurufnya. Akan tetapi, setelah diteliti menggunakan data individu, hasil korelasi menjadi -0,12 atau korelasi negatif. Hal ini berarti tidak ada korelasi pada tingkat individu. Oleh karena itu, substansi yang diteliti pada studi ekologi hendaknya berdasarkan teori yang kuat tentang hubungan antara dua variabel.

CARA MENGATASI *ECOLOGICAL FALLACY*

Untuk mengatasi permasalahan *ecological fallacy*, disarankan untuk melakukan analisis regresi, analisis sub sampel, dan analisis multilevel, yaitu gabungan antara analisis data agregat dan analisis data individu (Levin, 2003). Sebagai contoh, penelitian korelasi antara prevalensi obesitas dengan prevalensi diabetes dilakukan analisis regresi ganda melibatkan variabel lain seperti diet dan aktivitas fisik dan dilanjutkan dengan analisis data individu berupa hasil pemeriksaan indeks massa tubuh (obesitas) dan pemeriksaan gula darah (diabetes).

Analisis sub sampel dilakukan agar hasil analisis korelasi pada tingkat populasi dapat di *cross check* dengan hasil analisis tingkat individu. Sebagai contoh, hasil analisis data agregat terdapat korelasi antara konsumsi per kapita daging merah dengan kanker kolon, maka dilakukan pengambilan sampel pada populasi yang sama untuk memeriksa hubungan di tingkat individu pengaruh konsumsi daging merah dengan kejadian kanker kolon. Analisis sub sampel tersebut dapat menggunakan desain kasus-kontrol.

Pada analisis multilevel, analisis dilakukan pada dua tahap yaitu analisis studi ekologis dilanjutkan dengan studi tingkat individu. Dalam analisis ini, peneliti peneliti dapat memahami variabilitas dalam data yang berasal dari struktur hierarkis atau bertingkat. Misalnya untuk mengetahui variabilitas rata-rata kejadian diabetes antara wilayah, variabelitas pada tingkat individu dalam wilayah dan antar wilayah. Dengan demikian, hasil analisis ekologis dapat dikoreksi. Menurut (Wakefield, 2009), model multi-level sangat fleksibel dan memungkinkan spesifikasi struktur yang kompleks.

Hasil pengukuran pada tingkat individu bisa jadi terjadi kesalahan, sehingga pada tingkat populasi, kesalahan tersebut dapat menyebabkan kesalahan dalam kesimpulan analisis pada studi ekologi. Menurut (Sitas & Thomson, 1993), setiap variabel yang diukur pada satu kesempatan rentan terhadap kesalahan pengukuran yang dapat menyebabkan varians menjadi besar. Oleh karena itu diperlukan pemeriksaan pada ulang pada sub sampel untuk memeriksa validitas hasil pengukuran. Hal ini agar tidak terjadi kesalahan hasil pengukuran yang dapat menyebabkan data agregat menjadi salah.

LANGKAH DAN CONTOH STUDI EKOLOGI

Secara umum, langkah-langkah dalam studi ekologi, sebagai berikut:

1. Memilih masalah yang akan akan diteliti
2. Merumuskan dan membuat batasan masalah, kemudian menghimpun literatur/teori
3. Menyusun kerangka konsep penelitian berdasarkan kerangka teori
4. Merumuskan hipotesis
5. Menetapkan kriteria dan teknik pengumpulan data
6. Menentukan alat pengumpul data
7. Melaksanakan penelitian/mengumpulkan data penelitian
8. Melakukan pengolahan dan analisis data (uji hipotesis)
9. Menarik kesimpulan atau generalisasi
10. Menyusun dan mempublikasikan laporan

Adapun proposal studi ekologi dapat disusun dengan sistematika sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan, meliputi latar belakang, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian
2. Bab II Landasan Teori, meliputi deskripsi teori dan kerangka teori/kerangka berfikir
3. Bab III Prosedur penelitian, meliputi desain penelitian, populasi dan sampel, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data
4. Organisasi dan jadwal penelitian
5. Biaya yang diperlukan
6. Lampiran meliputi kuesioner, lembar ceklist, dan lainnya

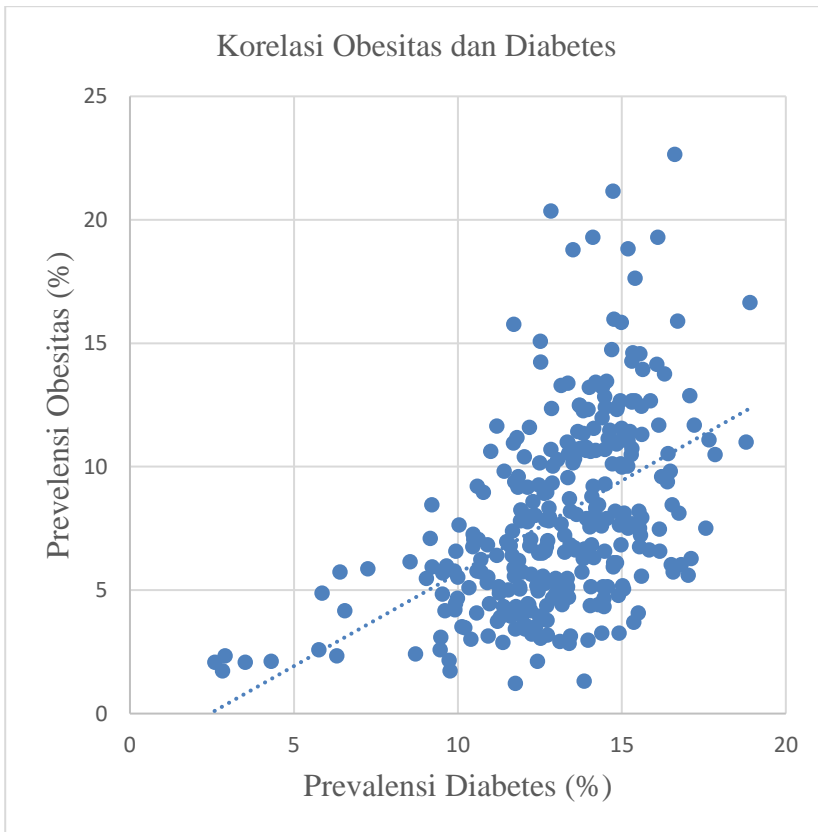
Studi ekologi dilakukan untuk mengetahui korelasi antara dua variabel. Contoh-contoh studi ekologi sebagai berikut:

Tabel 12.1. Contoh Studi Ekologi

No	Judul	Tujuan	Variabel 1	Variabel 2
1.	Hubungan antara obesitas dengan diabetes di suatu negara	Mengetahui korelasi antara prevalensi obesitas dengan prevalensi diabetes	Prevalensi (%) obesitas pada populasi tertentu	Prevalensi (%) diabetes pada populasi tertentu
2.	Hubungan antara curah hujan dengan kejadian demam berdarah di suatu negara	Mengetahui korelasi antara curah hujan dengan insidens demam berdarah	Curah hujan (mm ³)	Insidenns demam berdarah (per 1000)
3	<i>Ecological study of effect of breast feeding on infant mortality in Latin America</i> (Betrán et al., 2001)	Memperkirakan efek pemberian ASI eksklusif dan pemberian ASI parsial terhadap kematian bayi akibat penyakit diare dan infeksi saluran pernapasan akut di Amerika Latin	Pemberian ASI eksklusif dan pemberian ASI parsial terhadap kematian bayi	Kematian akibat penyakit diare dan infeksi saluran pernapasan

4	Studi Ekologi Prevalensi Diabetes Melitus Dengan Stroke di Indonesia (Mongkau et al., 2022)	Menjelaskan hubungan prevalensi diabetes melitus dengan stroke di Indonesia dan pengaruh prevalensi diabetes melitus dan faktor demografi terhadap prevalensi stroke	Prevalensi diabetes melitus	Prevalensi stroke
5	<i>Effect of democracy on health: ecological study</i> (Franco et al., 2004)	Mengeksplorasi pengaruh demokrasi terhadap harapan hidup dan kematian ibu dan bayi di sebagian besar negara, dengan mempertimbangkan kekayaan suatu negara, tingkat ketidaksetaraannya, dan ukuran sektor publiknya	Harapan hidup dan kematian ibu dan bayi	Kekayaan negara, tingkat ketidaksetaraannya, dan ukuran sektor publik

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan dan kekuatan hubungan antara dua variabel. Sebagai contoh, korelasi antara obesitas dengan diabetes dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 12.1 Korelasi Obesitas dan Diabetes

KESIMPULAN

Studi ekologi adalah salah satu studi epidemiologi observasional dengan menggunakan data agregat untuk mengetahui hubungan antar variabel di tingkat populasi. Studi ekologi dapat digunakan sebagai studi awal uji kausal dan dapat menjadi metode untuk menilai keberhasilan program di populasi. Meskipun terdapat kelemahan berupa *ecological fallacy*, tetapi studi ekologi dapat menjadi studi awal untuk kasus yang jarang dan keterbatasan data individu. Studi ekologi yang didasarkan pada uji kausal sebelumnya di tingkat individu

dapat menjadi alternatif studi epidemiologi yang mudah, murah, dan cepat tetapi juga bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Betrán, A. P., Onís, M. De, Lauer, J. A., & Villar, J. (2001). Ecological study of effect of breast feeding on infant mortality in Latin America. *BMJ*, 323(August), 1–5.
- Bustan, M. N. (2012). *Pengantar Epidemiologi*. Penerbit Rineka Cipta.
- Creswell, J. W. (2016). *Research Design, Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran*. Pustaka Pelajar.
- Franco, Á., Álvarez-dardet, C., & Ruiz, M. T. (2004). *Effect of democracy on health: ecological study*. 329(December), 1421–1423.
- Levin, K. A. (2003). *Study Design VI - Ecological Studies*. 1994. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400454>
- Mongkau, L. K., Langi, F. L. F. G., & Kalesaran, A. F. C. (2022). Studi Ekologi Prevalensi Diabetes Melitus Dengan Stroke di Indonesia. *PREPOTIF Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 6, 1156–1162.
- Morgenstern, H. A. L. (1982). Uses of Ecologic Analysis in Epidemiologic Research. *APJPH*, 72(12).
- Murti, B. (1997). *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi*. Gadjah Mada University Press.
- Notoatmodjo, S. (2002). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. PT Rhineka Cipta.
- Notoatmodjo, S. (2007). *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*. Rineka Cipta.
- Robinson, W. (1950). Ecological correlations and the behaviour of individuals. *Am SOCL*, 1 Review 1950, 15(351–357).
- Sitas, F., & Thomson, M. (1993). A Role for the Ecological Study in the Developing World. *South Africa Medical Journal*, 83, 753–756.

- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta Bandung.
- Trochim, W. M., Donnelly, J. P., & Arora, K. (2016). *Research Methods The Essential Knowledge Base*. Cengage Learning.
- Wakefield, J. (2009). Multi-level modelling , the ecologic fallacy , and hybrid study designs. *International Journal of Epidemiology*, 38, 330–336.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyp179>

BAB 13

STUDI CROSS SECTIONAL

Lisda Oktavia Madu Pamangin
Universitas Cenderawasih, Jayapura
E-mail: lisdapamangin@fkm.uncen.ac.id

PENDAHULUAN

Dalam menganalisis masalah kesehatan masyarakat, epidemiologi merupakan instrument yang berfungsi sebagai metode dalam menarik suatu kesimpulan. Terdapat beberapa desain yang dapat digunakan, salah satunya yakni desain studi *cross sectional*. Pendekatan *Cross Sectional* cukup dikenal khususnya dalam desain penelitian epidemiologi dan dapat digunakan pada jenis penelitian deskriptif maupun analitik. Studi ini sangat membantu dalam menganalisis status kesehatan penduduk. Studi deskriptif *cross-sectional* hanya menggambarkan prevalensi suatu hasil kesehatan pada populasi tertentu. Prevalensi dapat dinilai pada satu titik waktu (*point prevalence*) atau selama periode waktu tertentu (*period prevalence*). *Period prevalence* digunakan ketika diperlukan waktu untuk mengumpulkan informasi yang cukup mengenai suatu penyakit dalam suatu populasi, misalnya; berapa proporsi orang yang dilayani oleh klinik kesehatan masyarakat selama setahun yang menderita hipertensi. Pengukuran prevalensi ini umumnya digunakan dalam kesehatan masyarakat

Analitik observasional merupakan rancangan penelitian yang cukup sering digunakan karena mudah untuk diterapkan. Berbeda dengan eksperimen, analitik observasional menjelaskan hubungan antar variabel hanya dengan observasi atau pengukuran yang dilakukan oleh peneliti tanpa adanya intervensi atau eksperimen yang dilakukan pada subjek

penelitian. Studi *cross sectional* atau studi potong lintang juga merupakan salah satu bagian dari desain studi analitik observasional. Dalam studi analitik *cross-sectional*, data mengenai prevalensi paparan dan hasil kesehatan diperoleh dengan tujuan membandingkan perbedaan hasil kesehatan antara yang terpapar dan tidak terpapar. Studi analitik berupaya menggambarkan prevalensi suatu penyakit atau non-penyakit dengan terlebih dahulu memulainya dari basis populasi. Jenis penelitian ini berbeda dengan penelitian deskriptif *cross-sectional* karena penelitian ini membandingkan proporsi orang sakit yang terpapar penyakit dengan proporsi orang sakit yang tidak terpapar.

JENIS PENELITIAN CROSS SECTIONAL

Pada bagian pendahuluan telah dijelaskan bahwa *cross sectional* dapat digunakan dalam jenis studi deskriptif maupun analitik. Studi *cross-sectional* dapat diklasifikasikan sebagai deskriptif atau analitis, tergantung pada apakah variabel hasil dinilai untuk mengetahui potensi hubungan dengan paparan atau faktor risiko. Studi deskriptif *cross-sectional* hanya mendeskripsikan prevalensi satu atau beberapa hasil kesehatan (*outcome*) dalam bentuk penyakit atau kejadian pada populasi tertentu. Dalam studi analitik *cross sectional*, peneliti mengumpulkan data untuk paparan dan hasil pada satu titik waktu tertentu untuk tujuan membandingkan perbedaan hasil antara subjek yang terpapar dan tidak, setelah itu paparan dan hasil diukur secara bersamaan.

Contoh *Cross Sectional* pada studi deskriptif: seorang peneliti ingin melihat prevalensi gangguan kecemasan pada remaja usia 10-19 tahun di suatu kota. Dari 2381 remaja usia tersebut, dilakukan pengukuran dengan menggunakan instrumen kuesioner dan terkumpul sebanyak 2381 kuesioner yang telah diisi. Berdasarkan kuesioner yang diisi, diperoleh hasil bahwa

sebanyak 256 remaja (10.75%) mengalami gangguan kecemasan. Terdapat 137 atau sebesar 53.52% remaja perempuan yang mengalami gangguan kecemasan dari seluruh remaja yang mengalami gangguan kecemasan.

Contoh Cross Sectional pada studi analitik; peneliti ingin mengetahui apakah jenis kelamin berhubungan dengan kejadian gangguan kecemasan pada remaja. Diperoleh prevalensi remaja Perempuan yang mengalami gangguan kecemasan sebesar 20% dari seluruh remaja Perempuan, sedangkan pada remaja laki-laki hanya 6.7% yang mengalami gangguan kecemasan dari seluruh jumlah laki-laki. Studi juga menemukan bahwa jenis kelamin secara signifikan berhubungan dengan gangguan kecemasan pada remaja. Uji statistik yang dapat dilakukan dalam analitik cross sectional misalnya; *chi square*, *yate's correction*, *fisher exact test*, atau pun uji beda baik yang parametrik maupun non parametrik.

PROSEDUR STUDI DAN TUJUAN

Studi *cross sectional* didefinisikan sebagai studi yang menganalisis masalah kesehatan (berperan sebagai dampak) dan faktor-faktor yang dianggap berhubungan (sebagai paparan), dalam periode atau waktu yang sama. Secara sederhana dapat diartikan bahwa peneliti mengukur hasil dan paparan pada saat yang bersamaan. Prosedur pelaksanaan dimulai dengan menetapkan subjek penelitian dalam suatu kumpulan populasi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan oleh peneliti, kemudian peneliti memulai penelitian untuk menilai paparan dan hasilnya. Sebagai ilustrasi, peneliti akan melakukan pengukuran untuk melihat hubungan antara kejadian diare pada balita dengan sanitasi air minum dalam rumah tangga. Dalam studi *cross sectional* peneliti terlebih dahulu mengambil balita sebagai populasi sesuai kriteria yang ditentukan, selanjutnya peneliti akan mengobservasi kejadian

diare dan sanitasi air minum pada balita tersebut. Perbedaan *cross sectional* dengan studi kohort dan kasus kontrol adalah pada metode pemilihan subjek (*study group*). Kasus kontrol dan kohort didahului dengan menetapkan populasi kelompok kasus atau kelompok yang terpapar, setelah itu baru menetapkan populasi kontrol sebagai pembandingnya. Sedangkan *cross sectional* langsung memilih populasi secara keseluruhan baru melakukan pengukuran.

	Case Control	Cohort	Cross Sectional
<i>Study group</i>	Populasi kasus	Populasi berisiko	Seluruh populasi
<i>Common measures</i>	Risiko dan besarnya	Risiko dan besarnya	Prevalensi

Subjek dalam studi *cross-sectional* dipilih dari populasi yang tersedia dan memiliki relevansi dengan pertanyaan penelitian. Tidak ada tindak lanjut prospektif atau retrospektif. Setelah subjek dipilih, peneliti akan mengumpulkan data dan menilai hubungan antara hasil dan paparan.

Desain *cross sectional* telah banyak digunakan untuk survei berbasis populasi dan untuk menilai prevalensi penyakit dalam sampel berbasis klinik. Misalnya pada populasi ingin diketahui prevalensi penyakit malaria di suatu kelurahan, maka peneliti akan mengunjungi semua rumah dengan besar sampel 1560 dan diperoleh hasil bahwa 98 orang menderita malaria. Contoh lainnya ialah, akan diketahui prevalensi penderita HIV pada suatu klinik, maka sampel yang akan diperiksa sebanyak jumlah pengunjung klinik dalam 1 bulan terakhir untuk melihat berapa besar pengunjung yang terinfeksi HIV. Meskipun cukup sederhana, namun jenis desain ini dapat memberikan informasi tentang prevalensi hasil dan atau paparan (Setia, 2016). Studi

cross sectional juga dapat membantu dalam perencanaan pelayanan kesehatan misalnya dalam pencegahan penyakit, studi ini dapat mengidentifikasi berbagai faktor-faktor yang berhubungan dengan penyakit tersebut secara cepat (BMJ, n.d.; Noor, 2007).

PREVALENSI, PREVALENCE ODD RATIO (POR), DAN PREVALENCE RATIO (PR)

Prevalensi merupakan proporsi individu yang menderita penyakit atau mengalami kejadian dalam suatu populasi. Perhitungan prevalensi ini paling banyak digunakan untuk studi deskriptif *cross sectional* karena hanya melakukan analisis univariat dan tidak melihat hubungan antar variabel.

$$\text{Prevalensi} = \text{jumlah kejadian} / \text{total populasi}$$

Pada studi *cross sectional*, dapat dilakukan perhitungan 2 ukuran prevalensi yang berbeda. Contoh berikut; akan dihitung prevalensi penyakit jantung koroner (PJK) pada individu yang merokok dan prevalensi PJK pada individu yang tidak merokok

	PJK	Bukan PJK	Total
Merokok	50 (a)	200 (b)	250
Tidak merokok	50 (c)	700 (d)	750
Total	100	900	1000

P1= Prevalensi PJK pada kelompok individu yang merokok

$$P1 = a/a+b = 50/250 = 0.20 \times 100\% = 20.0\%$$

P0= Prevalensi PJK pada kelompok individu yang tidak merokok

$$P0 = c/c+d = 50/750 = 0.067 \times 100\% = 6.7\%$$

Berdasarkan perhitungan prevalensi pada kedua kelompok di atas, maka dapat ditarik kesimpulan untuk membandingkan besar prevalensi yakni; prevalensi PJK pada kelompok yang merokok, lebih besar jika dibandingkan dengan kelompok tidak merokok yang mengalami PJK.

Ukuran lainnya yang dapat digunakan dalam studi cross sectional yaitu ukuran *Prevalence Odd Ratio* (POR). Pola perhitungan POR ini sama dengan perhitungan OR yaitu;

$$POR = ad / bc$$

Selanjutnya ukuran yang dapat digunakan ialah Rasio Prevalensi atau *Prevalence Ratio* (PR). Rasio prevalensi (PR) serupa dengan nilai risiko relatif atau relative risk (RR) pada studi kohort. Perhitungan PR mirip dengan RR ketika hasilnya terjadi dalam jangka waktu singkat. Misalnya saja, peneliti akan menghitung rasio prevalensi wabah tuberkulosis akut dalam suatu kelompok populasi. Adapun contoh perhitungan ROP (kasus hubungan merokok dengan PJK, sama dengan contoh sebelumnya) adalah sebagai berikut;

$$PR = (a/a+b) / (c/c+d)$$

$$PR = (50/250) / (50/750) = 3.0$$

Berdasarkan hasil perhitungan PR di atas, rasio prevalensi sebesar 3,0 sehingga dapat diartikan bahwa proporsi penderita PJK 3 kali lebih besar jika seseorang merokok.

Pada contoh sebelumnya tentang hubungan merokok dengan PJK, perhitungan Rasio prevalensi juga dapat dilakukan, namun lebih tepat jika menggunakan perhitungan POR karena periode risiko terjadinya penyakit dapat meluas dalam kurun waktu tertentu (berbulan-bulan hingga bertahun-tahun). Hasil perhitungan POR dapat diinterpretasikan dalam kalimat yang sama dengan interpretasi PR. Untuk studi penyakit kronis atau studi faktor risiko jangka panjang, POR adalah ukuran hubungan yang lebih banyak digunakan dalam studi *cross-sectional*. Untuk studi penyakit akut, PR adalah ukuran yang lebih banyak digunakan. Jika prevalensi penyakit rendah, yaitu 10% atau kurang pada populasi terpajan dan tidak terpajan, $POR = PR$. Perhitungan POR lebih umum digunakan karena studi *cross-sectional* sangat berguna untuk menyelidiki penyakit kronis (misalnya prevalensi AIDS) di mana timbulnya penyakit sulit ditentukan, atau untuk mempelajari faktor risiko jangka panjang (seperti merokok, hipertensi, dan diet tinggi lemak) (Alexander et al., 2014)

TEKNIK SAMPLING DALAM STUDI CROSS SECTIONAL

Penentuan besar sampel merupakan langkah penting dalam desain studi *cross-sectional*. Perhitungan besar sampel berbeda untuk survei deskriptif *cross-sectional* dan studi analitik *cross-sectional*. Ketika melakukan survei deskriptif *cross-sectional*, tujuannya adalah untuk memperkirakan prevalensi suatu penyakit atau kejadian. Besar sampel dalam penelitian deskriptif tidak bergantung pada kekuatan statistik karena konsep deskriptif hanya berlaku untuk perbandingan statistik. Namun jika peneliti ingin membandingkan dua tingkat prevalensi dalam

studi analitik *cross-sectional*, rumus ukuran sampel yang umum digunakan perlu dilengkapi dengan perkiraan prevalensi, varians perkiraan prevalensi, perbedaan bermakna antara kelompok yang terpajan dan tidak terpajan, tingkat signifikansi, dan kekuatan yang diinginkan. Berikut merupakan beberapa rumus yang dapat digunakan untuk rancangan *cross sectional* dalam survei deskriptif dan rancangan *cross sectional* dalam analitik observasional (Dahlan, 2010; Daniel, 1995; Fauziah, 2019; Lachenbruch et al., 1991).

Besar sampel dengan estimasi 1 proporsi dan presisi absolut (digunakan dalam survei deskriptif *cross sectional*).

Contoh; Peneliti ingin mengetahui prevalensi campak pada balita di suatu kelurahan, maka besar sampel minimal dapat menggunakan rumus besar sampel penelitian deskriptif dengan data kategorik

$$n = \frac{Z^2 PQ}{d^2}$$

Keterangan:

n = besar sampel minimal

Z = nilai distribusi normal standar untuk alpha/2 dengan tingkat kepercayaan 95% = 1.96

P = proporsi kejadian atau penyakit pada populasi yang dapat diperoleh dari penelitian sebelumnya (jika tidak ditemukan, dapat menggunakan proporsi 50%)

Q = 1-P

d = Tingkat presisi yang diinginkan (misalnya 5%)

Besar sampel untuk uji hipotesis beda 2 proporsi, digunakan pada penelitian analitik observasional.

Contoh; penelitian dilakukan untuk melihat hubungan tindakan deteksi dini dengan kejadian kanker serviks pada ibu. Berdasarkan penelitian terdahulu diperoleh proporsi penderita kanker serviks pada ibu yang tidak deteksi dini sebesar 20% (P1), proporsi kanker serviks pada ibu yang deteksi dini sebesar 5% (P2). Perbedaan minimal proporsi kanker pada ibu yang melaksanakan deteksi dini dengan yang tidak melaksanakan sebesar 15% (P1-P2). Selanjutnya akan ditentukan berapa besar sampel minimal per kelompok. (besar sampel yang diperoleh berlaku untuk per kelompok, sehingga total keseluruhan besar sampel yang diperoleh yakni besar sampel kali 2).

$$n = \frac{\left(z_{1-\alpha/2} \sqrt{2\bar{P}(1-\bar{P})} + z_{1-\beta} \sqrt{P_1(1-P_1) + P_2(1-P_2)} \right)^2}{(P_1 - P_2)^2}$$

Keterangan:

- n = n₁ = n₂ = besar sampel minimal
- Z_α = nilai deviat baku alfa = 1.96
- Z_β = nilai deviat baku beta = 0.84
- P₂ = proporsi pada kelompok standar (dapat diperoleh dari penelitian terdahulu, kepustakaan)
- P₁ = proporsi pada kelompok uji (judgement peneliti)
- P₁-P₂ = selisish proporsi minimal yang dianggap bermakna
- P = proporsi total (P₁ + P₂) / 2

Besar sampel penelitian dengan estimasi proporsi pada populasi terbatas, Teknik sampel acak sederhana(jumlah populasi diketahui);

$$n = \frac{N Z^2 P Q}{d^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

Keterangan;

N = total populasi

n = besar sampel minimal

Z = nilai distribusi normal standar untuk $\alpha/2$ dengan tingkat kepercayaan 95% = 1.96

P = proporsi kejadian atau penyakit pada populasi

Q = 1-P

d = Tingkat presisi yang diinginkan (misalnya 5%)

Selain penentuan besar sampel, penarikan sampel merupakan prosedur yang cukup penting agar kesimpulan yang ditarik dapat berlaku untuk seluruh populasi. Desain penelitian *cross sectional* membutuhkan sampel yang cukup besar sehingga memiliki kemungkinan yang lebih besar pula untuk bersifat heterogeny. Penarikan sampel dapat terdiri dari probabilitas (penarikan sampel secara acak) dan non probabilitas (penarikan sampel secara non acak sesuai kriteria tertentu yang dicari oleh peneliti). Umumnya jenis penarikan sampel secara probabilitas lebih banyak digunakan dalam desain *cross sectional* karena dianggap lebih akurat dan teliti. Penarikan sampel non acak dapat digunakan pada beberapa penelitian yang bersifat klinis dan terapan (Wang & Cheng, 2020).

Penarikan Sampel Acak	Sampel acak sederhana, Sampel acak sistematis, Sampel acak berstrata, <i>Clustered sampling</i>
Penarikan Sampel Non acak	<i>Accidental sampling,</i> <i>Quota sampling,</i> <i>Purposive sampling,</i> <i>Snowball sampling,</i>

SIFAT-SIFAT STUDI CROSS SECTIONAL

Secara umum studi *cross sectional* sering digunakan untuk mengukur prevalensi hasil kesehatan, menganalisis faktor-faktor yang berhubungan dengan kesehatan, dan menggambarkan ciri-ciri suatu populasi. Studi *cross-sectional* tidak mengikuti perkembangan individu dari waktu ke waktu. Biaya yang digunakan tidak mahal dan cukup mudah dilakukan. Desain penelitian ini relatif sulit untuk membangun hubungan sebab akibat karena variabel hasil dan paparan diukur pada saat yang sama, namun studi ini cocok untuk menghasilkan hipotesis dan dapat memberikan informasi tentang prevalensi hasil dan paparan. Selain itu, adanya pengukuran paparan dan hasil yang dilakukan secara bersamaan, mengakibatkan desain studi ini sulit untuk menentukan apakah paparan mendahului atau mengikuti hasil.

Ada yang dikenal sebagai studi *cross-sectional* berulang (atau serial), yang mana pengumpulan data dilakukan pada populasi sasaran yang sama pada titik waktu yang berbeda. Pada setiap titik waktu, peneliti mengambil sampel yang berbeda (subjek berbeda) dari populasi sasaran. Oleh karena itu, studi *cross-sectional* yang berulang dapat digunakan untuk menganalisis perubahan populasi dari waktu ke waktu (juga dikenal sebagai perubahan agregat dari waktu ke waktu). Studi

ini tidak dapat digunakan untuk melihat perubahan individu. Berdasarkan sifat-sifat yang melekat pada desain *cross sectional* ini maka dilihat beberapa poin yang menjadi kelebihan maupun kekurangannya jika dibandingkan dengan jenis desain lainnya dalam analitik observasional (Wang & Cheng, 2020)

Kelebihan	Cukup mudah dilakukan, Biayanya murah, Tidak memerlukan <i>follow up</i> , Tepat, efisien, dan cukup kuat jika hanya melihat prevalensi penyakit dihubungkan dengan paparan, Mudah menghasilkan hipotesisK Cocok untuk keperluan administrative
Keterbatasan	Memerlukan sampel yang cukup besar, Tidak dapat menjelaskan proses perkembangan penyakit secara tepat, Hanya melihat hubungan tanpa menjelaskan sebab dan akibat secara pasti, Kekuatan hubungan paling lemah jika dibandingkan dengan desain <i>case control</i> maupun <i>cohort</i> , Tidak cocok untuk mempelajari penyakit yang jarang ditemukan atau penyakit langka

KESIMPULAN

Desain studi analitik *cross sectional* melakukan pengukuran paparan dan penyakit dalam periode waktu yang sama. Penerapan desain *cross sectional* cukup sederhana namun dapat digunakan untuk menarik kesimpulan secara inferensial. Studi *cross-sectional* juga relatif mudah untuk diinterpretasikan studi dapat digunakan sebagai studi pendahuluan karena dapat melihat

prevalensi penyakit atau kejadian. Selain itu, studi ini juga dapat digunakan dalam bidang lain selain bidang kesehatan, termasuk ilmu sosial dan pendidikan. Tantangan utama studi *cross-sectional* adalah memastikan bahwa sampel yang dipilih dan dimasukkan mewakili populasi yang diteliti (Cherry, 2022; Deen et al., 2013; Gad, 2014).

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, L. K., Lopes, B., Ricchetti-Masterson, K., & Yeatts, K. B. (2014). Cross-sectional Studies. In *ERIC Notebook* (Second Edi). UNC Gilling School of Global Public Health, Department of Epidemiology. https://doi.org/10.1142/9781848166271_0003
- BMJ. (n.d.). *Chapter 8. Case-control and cross sectional studies*. BMJ. <https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/epidemiology-uninitiated/8-case-control-and-cross-sectional>
- Cherry, K. (2022). *How Do Cross-Sectional Studies Work? Gathering Data From a Single Point in Time*. Verywellmind. <https://www.verywellmind.com/what-is-a-cross-sectional-study-2794978>
- Dahlan, M. S. (2010). *Besar Sampel dan Cara Pengambilan Sampel dalam Penelitian Kedokteran dan Kesehatan* (A. Suslia (ed.); Edisi Ketu). Salemba Medika.
- Daniel, W. W. (1995). *Biostatistics: A Foundation for Analysis in the Health Sciences* (Sixth Edit). John Wiley & Sons, Inc.
- Deen, J., Von Seidlein, L., & Clemens, J. D. (2013). Issues and Challenges of Public-Health Research in Developing Countries. In *Manson's Tropical Diseases: Twenty-Third Edition* (Twenty Thi). <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5101-2.00006-6>
- Fauziah, N. (2019). *Sampling dan Besar Sampel Bidang Kesehatan Masyarakat dan Klinis* (G. P. E. Mulyo (ed.)).

Politeknik Kesehatan Kemenkes Bandung.
<https://repo.poltekkesbandung.ac.id/7608/1/BUKU> 6
SAMPLING DAN BESAR SAMPEL.pdf

- Gad, S. C. (2014). Epidemiology. *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 2, 433–437. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00841-1>
- Lachenbruch, P. A., Lwanga, S. K., & Lemeshow, S. (1991). Sample Size Determination in Health Studies: A Practical Manual. *Journal of the American Statistical Association*, 86(416), 1149. <https://doi.org/10.2307/2290547>
- Noor, N. N. (2007). *Epidemiologi*. Hasanuddin University Press.
- Setia, M. S. (2016). Methodology Series Module 3: Cross-sectional Studies. *Indian Journal of Dermatology*, 61(3), 261–264. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.182410>
- Wang, X., & Cheng, Z. (2020). Cross-Sectional Studies: Strengths, Weaknesses, and Recommendations. *Chest*, 158(1), S65–S71. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.012>

BAB 14

STUDI KASUS KONTROL

Putri Tiara Rosha
Universitas Negeri Semarang, Semarang
E-mail: putritiara@mail.unnes.ac.id

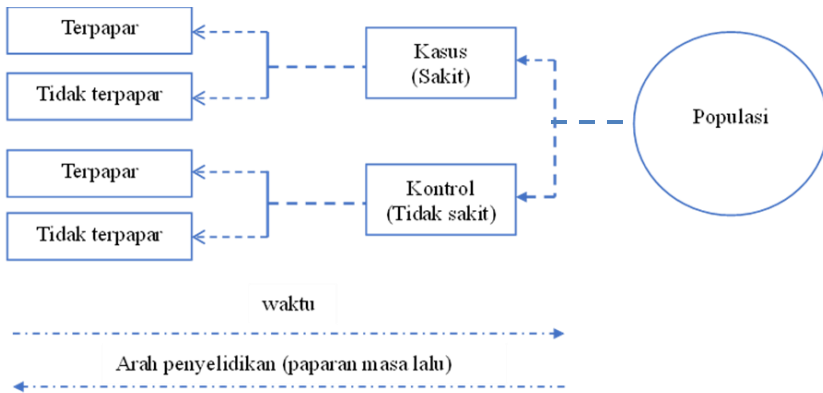
PENDAHULUAN

Studi kasus kontrol (*case-control study*) merupakan penelitian epidemiologi jenis observasional analitik yang mempelajari hubungan sebab (faktor risiko) dan akibat (status kesehatan). Studi kasus kontrol dapat digunakan untuk memperkirakan seberapa besar peran faktor risiko dan efek yang ditimbulkan (*cause effect relationship*). Studi kasus kontrol sangat cocok untuk meneliti penyakit atau efek yang jarang terjadi untuk mencari hubungan sebab akibat. Desain ini lebih kuat dibandingkan studi *cross-sectional*, karena dalam studi kasus kontrol terdapat dimensi waktu (Sastroasmoro & Ismael, 2014). Studi kasus kontrol pada dasarnya bersifat retrospektif, karena efeknya yang ditimbulkan (status kesehatan) diketahui pada awal penelitian. Studi ini paling banyak dilakukan karena relatif murah, kuat, dan mudah beradaptasi dalam banyak situasi (Osterholm & Hedberg, 2014).

Penelitian kohort dapat digunakan untuk penyakit yang umum terjadi. Jika studi kohort diterapkan untuk meneliti penyakit yang jarang terjadi, perlu memonitoring paparan dalam waktu yang lama hingga muncul efek, hal tersebut kurang efektif dan efisien. Sehingga studi kasus kontrol merupakan alternatif yang dapat digunakan pada kondisi penyakit yang jarang terjadi. Penelitian bukan dimulai berdasarkan paparan (*exposure*), namun dimulai dari status kesehatan (*outcome*). Identifikasi seseorang dengan efek atau penyakit tertentu (kasus)

dan seseorang tanpa efek atau tanpa penyakit tertentu (kontrol) dari suatu populasi yang sama. Kemudian kelompok kasus dan kontrol ditanyakan terkait riwayat paparannya. Sebagai contoh, jika ingin mengetahui apakah merokok berhubungan dengan kanker paru-paru, kita dapat menggunakan desain studi kasus kontrol. Responden sakit (kasus) dan tidak sakit (kontrol) ditanyakan terkait riwayat konsumsi merokonya (Webb & Bain, 2011).

Pertimbangan utama dalam merancang studi kasus kontrol adalah mendefinisikan kasus, menetapkan kriteria sampel, mengidentifikasi kelompok kontrol, dan mengembangkan kuesioner atau proses pengumpulan data lainnya. Dalam komunitas, biasanya pemilihan kontrol dipilih dari area yang sama dengan kasus. Peneliti ingin membuat kontrol menyerupai kasus sehubungan dengan variabel yang tidak sedang diteliti. Kontrol juga dapat disesuaikan berdasarkan usia, jenis kelamin, atau faktor lain apa pun yang dianggap perlu oleh peneliti. Namun, pencocokan yang berlebihan (*overmatching*), seperti mengharuskan kontrol memiliki tanggal lahir yang sama dengan kasusnya, dapat mempersulit identifikasi dan perekrutan kontrol. Di rumah sakit, kontrol sering kali dipilih dari pasien dengan diagnosis yang tidak terkait yang mungkin sebanding dengan kasusnya (Osterholm & Hedberg, 2014).



Gambar 14.1. Desain studi kasus kontrol (*Webb & Bain, 2011*)

PEMILIHAN KASUS

Pemilihan kasus merupakan salah satu langkah yang paling penting dalam melaksanakan studi kasus kontrol. Beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Membuat kriteria diagnosis

Membuat kriteria diagnosis dan definisi operasional biasanya meliputi tanda dan gejala, hasil pemeriksaan fisik, patologis serta hasil uji diagnostik. Kriteria dan definisi operasional perlu dibuat dengan jelas.

2. Memilih sumber kasus

Populasi sumber kasus dapat berasal dari rumah sakit (*hospital-based*) dan populasi/masyarakat/komunitas (*population-based*). Data tersebut dapat diambil dari sumber data primer maupun data sekunder. Data primer berasal dari pencarian kasus di masyarakat, sedangkan data sekunder dapat berasal dari data rekam medik atau data registrasi di fasilitas pelayanan kesehatan.

3. Jenis data kasus

Pemilihan kasus baru (insiden) dan kasus baru dan lama (prevalensi) perlu diperhatikan oleh peneliti. Dalam melihat hubungan sebab akibat, jika menggunakan data insiden

akan membutuhkan waktu untuk mengumpulkan datanya, sedangkan jika menggunakan prevalensi dapat digunakan jika penyakitnya sangat jarang dan onsetnya sulit diketahui.

4. Cara pemilihan kasus

Dalam memilih kasus perlu memperhatikan *representative*, sehingga lebih baik memilih kasus dilakukan secara acak dari populasi yang menderita efek.

PEMILIHAN KONTROL

Pemilihan kontrol merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian dan tantangan dalam studi ini. Kontrol harus berasal dari populasi yang sama dengan kasus sehingga memiliki kesempatan yang sama dalam terpapar suatu faktor risiko yang diteliti. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan kontrol yaitu:

1. Memilih kasus dan kontrol dari populasi yang sama

Kontrol harus dipilih subyek dari populasi dengan karakteristik yang sama dengan kasus, namun yang berbeda adalah kelompok kontrol tidak terjadi efek (penyakit) yang diteliti. Kasus dan kontrol diambil dari populasinya yang sama dengan tujuan agar distribusi paparan sama antara kelompok kasus dan kontrol. Kontrol dapat dipilih dari komunitas (populasi) atau rumah sakit (dengan sakit yang berbeda dengan kasus).

2. *Matching*

Matching yaitu memilih kontrol dengan karakteristik yang sama dengan kasus dalam semua variabel yang mungkin berperan sebagai faktor risiko, namun bukan merupakan variabel yang sedang diteliti. *Matching* umumnya dapat meningkatkan efisiensi desain penelitian jika variabel yang cocok (*matching variable*) memiliki hubungan yang sangat kuat dengan status penyakit. Namun, *matching* kemungkinan dapat menurunkan efisiensi jika *matching*

variable mempunyai hubungan yang sangat kuat dengan risiko paparan. *Matching variable* seharusnya yang diketahui berasosiasi dengan faktor paparan/risiko yang sedang dipelajari maupun outcome. *Matching variable* juga harus sekecil mungkin, jika terlalu besar (*overmatching*) maka menyebabkan subyek kasus dan kontrol menjadi sangat mirip, sehingga hasil penelitian bisa keliru. *Matching variable* yang terlalu banyak juga menyebabkan pelaksanaan menjadi sulit, mahal, dan membutuhkan waktu yang lama (Dey et al., 2020).

Terdapat 2 jenis matching yaitu *group matching* dan *individual matching*. *Group matching (frequency matching)* yaitu memilih kontrol sedemikian rupa sehingga proporsi kontrol dengan karakteristik tertentu sama dengan proporsi kasus. Contoh 25% kasus adalah responden yang sudah menikah, sehingga kontrol dipilih dengan proporsi 25% responden menikah. *Individual matching* yaitu kontrol dipilih serupa dengan kasus dalam hal variabel tertentu. Contoh kasus adalah perempuan usia 45 tahun, maka mencari kontrol yang sama yaitu perempuan usia 45 tahun (Gordis, 2014).

MELAKUKAN PENGUKURAN

Dalam hal mengukur variabel paparan dan efek perlu didefinisikan dengan jelas. Banyak studi kasus kontrol memastikan paparan dari ingatan responden, baik menggunakan kuesioner yang dilengkapi oleh responden atau wawancara. Validitas informasi tersebut sebagian bergantung pada pokok bahasannya. Responden mungkin dapat mengingat dengan baik di mana mereka tinggal di masa lalu atau pekerjaan apa yang mereka lakukan. Di sisi lain, ingatan jangka panjang terhadap kebiasaan makan mungkin kurang dapat diandalkan. Terkadang pemaparan dapat ditentukan dari catatan rekam medis (BMJ, 2024).

Pengukuran paparan dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif, tergantung dari sifat datanya. Contoh pengukuran kualitatif dilakukan pada studi kasus kontrol, penyakit sudah diketahui kemudian ditelusuri paparannya menggunakan kuesioner atau wawancara tentang kebiasaan dan perilaku. Misalnya penderita kanker paru-paru ditanyakan terkait riwayat merokok dalam hal jumlah/hari, cara merokok, jenis rokok yang dihisap, dan lain-lain. Pengukuran kuantitatif dilakukan dengan pemantauan atau observasi dengan menggunakan instrument yang mempunyai prosedur dan ketelitian atau spesifikasi tertentu (Soemirat, 2015). Terkadang, penanda paparan biologis jangka panjang dapat dieksplorasi. Dalam sebuah penelitian di Afrika untuk mengevaluasi efisiensi imunisasi BCG dalam mencegah tuberkulosis, riwayat inokulasi ditentukan dengan mencari sisa bekas luka di lengan atas. Namun penanda biologis hanya berguna jika tidak diubah oleh proses penyakit selanjutnya (BMJ, 2024).

Pengukuran efek sebaiknya dilakukan secara standar, menggunakan uji fisik/klinis, uji fisis, uji biokimia, dan menggunakan angka frekuensi morbiditas dan mortalitas. Pengukuran efek dapat diperoleh dari data rekam medis di

fasilitas pelayanan kesehatan. Pengukuran efek juga dapat dilakukan menggunakan kuesioner standar dan uji berbagai fungsi tubuh. Instrumen yang digunakan dalam mengukur efek harus memberikan hasil yang konsisten dan komparabel. Memilih instrumen juga berdasarkan valid dan reliabilitas, sensitivitas dan spesifisitas instrumen. Contohnya dalam kasus penyakit pernapasan, gejala awal yang sering diukur yaitu fungsi paru-paru. Instrumen yang digunakan adalah spirometer, indikator *Forced Expiratory Volume 1 second* (FEV1) digunakan sebagai tanda ada keluhan sakit atau tidak (Soemirat, 2015).

MENGANALISIS HASIL PENELITIAN

Studi kasus kontrol tanpa *matching*

Hasil studi epidemiologi adalah membandingkan risiko dari suatu efek atau penyakit serta ada tidaknya faktor risiko tertentu yang ditampilkan dengan *relative risk* (RR) dan *odds ratio* (OR). RR adalah perbandingan antara insiden pada kelompok terpapar dengan insiden pada kelompok tidak terpapar. RR juga disebut *rate ratio* yang merupakan hasil dari studi cohort. Dalam studi kasus kontrol, OR digunakan untuk menentukan dan memperkirakan risiko relatif. *Odds* adalah perbandingan antara peluang terjadinya efek dengan peluang tidak terjadinya efek. Jika peluang terjadinya efek adalah P, maka *odds* adalah $P/(1-P)$. OR menunjukkan berapa besar peran paparan yang diteliti terhadap terjadinya efek. Peningkatan RR atau OR (yaitu $>1,0$) untuk suatu variabel paparan menunjukkan bahwa paparan tersebut berkaitan dengan peningkatan risiko penyakit. Demikian pula, penurunan RR atau OR (yaitu $<1,0$) menunjukkan bahwa variabel paparan berhubungan dengan penurunan risiko penyakit (Gordis, 2014; Osterholm & Hedberg, 2014).

Tabel 14.1.

Hasil pengamatan studi kasus kontrol tanpa matching

<i>Exposure</i> (paparan)	<i>Outcome</i> (efek)		Total
	Kasus	Kontrol	
Terpapar	a	b	a+b
Tidak terpapar	c	d	c+d
Total	a+c	b+d	a+b+c+d

Sumber: Gordis, 2014

$$\begin{aligned}
 \text{Odds ratio} &= \frac{\text{odds pada kelompok kasus}}{\text{odds pada kelompok kontrol}} \\
 &= \frac{\text{proporsi kasus dengan paparan}}{\text{proporsi kasus tanpa paparan}} : \frac{\text{proporsi kontrol dengan paparan}}{\text{proporsi kontrol tanpa paparan}} \\
 &= \frac{\frac{a}{a+c} : \frac{c}{a+c}}{\frac{b}{b+d} : \frac{d}{b+d}} \\
 &= \frac{\frac{a}{c}}{\frac{b}{d}} = \frac{ad}{bc}
 \end{aligned}$$

Contoh studi tanpa matching

Sebuah penelitian bertujuan untuk mengetahui apakah usia kehamilan ibu merupakan faktor risiko melahirkan bayi dengan berat lahir rendah (Mingude et al., 2020).

Tabel 14.2.

Hasil pengamatan penelitian usia kehamilan dan berat bayi lahir

Paparan (usia kehamilan)	Outcome (Berat bayi lahir)		Total
	BBLR	Normal	
< 37 minggu	16	14	30
> 37 minggu	44	226	270

Total	60	240	300
-------	----	-----	-----

Sumber: Mingude et al, 2020

$$Odds\ ratio = \frac{ad}{bc} = \frac{16 \times 226}{14 \times 44} = 5,87$$

Berdasarkan perhitungan OR tersebut dapat disimpulkan usia kehamilan merupakan faktor risiko BBLR. Ibu dengan usia kehamilan <37 minggu berisiko 5,87 kali lebih besar melahirkan bayi dengan berat lahir rendah daripada ibu dengan usia kehamilan >37 minggu.

Studi kasus kontrol dengan *matching*

Dalam studi kasus kontrol dengan *matching*, analisis dilakukan dengan menjadikan kasus kontrol sebagai pasangan, sehingga setiap kasus berpasangan dengan kontrol. OR dihitung dengan mengabaikan sel a karena kasus dan kontrol terpapar. Sel d juga diabaikan karena kasus dan kontrol tidak terpapar (Gordis, 2014).

Tabel 14.3.

Hasil pengamatan studi kasus kontrol dengan *matching*

		Kontrol	
		Terpapar	Tidak terpapar
Kasus	Terpapar	a	b
	Tidak terpapar	c	d

Sumber : Gordis, 2014

$$Odds\ ratio = \frac{b}{c}$$

Contoh studi matching

Penelitian tentang *Acute Myocardial Infarction* (MI) pada komunitas Najavo India, dilakukan dengan desain studi kasus kontrol matching usia dan jenis kelamin. Subyek sebanyak 144 responden ditanyakan terkait riwayat diabetes (Coulehan et al., 1986).

Tabel 14.4.

Hasil pengamatan penelitian MI dan riwayat diabetes

		Tidak sakit MI	
		Diabetes	Tidak diabetes
Sakit MI	Diabetes	9	37
	Tidak diabetes	16	82

Sumber: Coulehan, et al, 1986

$$Odds\ ratio = \frac{b}{c} = \frac{37}{16} = 2,3$$

Berdasarkan perhitungan OR tersebut dapat disimpulkan bahwa diabetes merupakan faktor risiko MI. Seseorang dengan riwayat diabetes berisiko 2,3 kali terserang MI dibandingkan seseorang yang tidak memiliki riwayat diabetes.

Interpretasi Odds ratio (OR)

OR=1 Kemungkinan terkena penyakit adalah sama untuk orang yang terpapar dan tidak terpapar

OR > 1 Paparan meningkatkan kejadian penyakit, dapat diartikan faktor yang diteliti adalah faktor risiko

OR < 1 Paparan mengurangi kemungkinan penyakit, dapat diartikan faktor yang diteliti adalah faktor protektif

POTENSI BIAS DALAM STUDI KASUS KONTROL

Studi epidemiologi adalah studi untuk mengukur karakteristik populasi. Parameter yang menjadi perhatian yaitu tingkat penyakit, prevalensi suatu paparan, atau besar hubungan antara suatu paparan dan penyakit. Dalam melakukan penelitian tersebut, kemungkinan terjadi bias. Bias adalah sebuah kesalahan sistematis dalam merancang penelitian, pengumpulan data, dan analisis data sehingga menyebabkan kekeliruan dalam memperkirakan hubungan paparan dan efek. Bias yang sering terjadi dalam penelitian kasus kontrol yaitu (Ahmad et al., 2019; Gordis, 2014; Sastroasmoro & Ismael, 2014):

Bias seleksi

Bias seleksi merupakan kesalahan sistematis dalam pemilihan subyek. Bias seleksi dapat terjadi karena beberapa hal yaitu:

1. Sumber kasus

Kasus dipilih dari berbagai sumber termasuk rumah sakit, dokter umum, dan klinik. Contohnya jika kasus dipilih dari suatu rumah sakit, faktor risiko spesifik dari suatu rumah sakit akan mempengaruhi hubungan paparan dan efek, sehingga kesimpulan tidak dapat digeneralisasikan.

2. Penggunaan insiden atau prevalensi

Permasalahan menggunakan data insiden yaitu perlu menunggu hingga kasus baru dapat didiagnosis, sedangkan jika menggunakan prevalensi, kasus sudah terdiagnosis dan tersedia sampel dalam jumlah banyak. Sebaiknya kasus dipilih dengan menggunakan insiden, namun mengeluarkan kasus meninggal sebelum didiagnosis, sehingga tidak menyebabkan bias.

3. Pemilihan kontrol

Kontrol dipilih tidak sebanding dengan kasus. Kontrol dapat dipilih dari berbagai sumber yaitu bukan dari rumah sakit

(komunitas) dan rumah sakit dengan diagnosis yang berbeda dari kasus.

Bias informasi

Bias informasi adalah kesalahan dalam melakukan pengukuran atau pengelompokan partisipan sehingga terjadi kekeliruan dalam memperkirakan hubungan paparan dan efek. Beberapa bias informasi yaitu:

1. *Recall bias*

Recall bias terjadi karena perbedaan akurasi antara kasus dan kontrol dalam mengingat dan melaporkan status paparan. Bias semakin besar jika paparan telah berlangsung lama sehingga responden berusaha keras mengingat paparan tersebut. Adanya *recall bias* ini dapat memperkecil atau memperbesar hubungan paparan dan efek.

2. *Interviewer bias*

Interviewer bias adalah perbedaan sistematis dalam merekam atau menginterpretasikan informasi hasil wawancara. Pewawancara mengetahui status efek dari responden, sehingga dalam memberikan pertanyaan terkait riwayat paparan dapat berbeda antara kasus dan kontrol.

KELEBIHAN DAN KELEMAHAN

Kelebihan (Hartopo et al., 2023; Tenny et al., 2024)

1. Studi kasus kontrol memungkinkan dilakukan untuk meneliti penyakit yang sangat jarang terjadi. Jika suatu penyakit sangat jarang terjadi, seseorang harus mengikuti sekelompok orang dalam jangka waktu yang lama untuk mengumpulkan cukup banyak kasus untuk dipelajari. Metode tersebut tidak praktis dan membutuhkan banyak sumber daya, sehingga studi kasus kontrol digunakan untuk mengidentifikasi kasus-kasus saat ini dan melihat ke belakang (*retrospective*) riwayat faktor risikonya.

2. Studi kasus kontrol sifatnya relatif murah dan mudah dilakukan dibandingkan desain studi yang lain, karena penyakit sudah terjadi dan dilihat riwayat paparannya di masa lalu.
3. Studi kasus kontrol memungkinkan untuk melihat beberapa faktor risiko sekaligus. Contohnya untuk mengetahui beberapa faktor risiko yang bisa dimodifikasi (*modifiable risk factor*) terhadap *Coronary Artery Diseases* (CAD). Peneliti dapat mengidentifikasi sejumlah faktor risiko seperti diabetes melitus, hipertensi, obesitas sentral, perilaku merokok, aktivitas fisik, dan konsumsi buah sayur. Kemudian faktor risiko tersebut dianalisis untuk mendapatkan faktor risiko yang paling signifikan terhadap kejadian CAD.
4. Studi kasus kontrol juga bisa sangat membantu ketika terjadi Kejadian Luar Biasa (KLB) dan membutuhkan identifikasi paparan yang menyebabkan KLB terjadi. Metode penelitian ini umumnya terlihat pada KLB keracunan makanan atau ketika penyakit langka jumlahnya mulai meningkat. Studi kasus kontrol biasanya digunakan sebagai salah satu studi awal digunakan untuk membuktikan hubungan antara paparan dengan suatu kejadian atau penyakit.
5. Dalam studi kasus kontrol, peneliti dapat memasukkan jumlah kasus yang tidak sama dengan kontrol seperti 2:1 atau 4:1 untuk meningkatkan kekuatan penelitian. Seperti dalam penelitian CAD, peneliti menggunakan perbandingan kasus kontrol 1:2.

Kelemahan (Tenny et al., 2024)

1. Potensi terjadinya *recall bias* yaitu responden pada kelompok kasus berusaha mengingat riwayat paparan lebih besar dibandingkan responden pada kelompok kontrol.

Dengan kata lain, jika kedua kelompok mempunyai paparan yang sama, kelompok kasus mungkin melaporkan paparan tersebut lebih sering dibandingkan dengan kelompok kontrol. *Recall bias* dapat mengarah pada kesimpulan yang keliru. Hal ini disebabkan ingatan subjek yang tidak sempurna terhadap paparan masa lalu.

2. Studi kasus kontrol bersifat retrospektif, dapat digunakan untuk menentukan korelasi antara paparan dan hasil, namun tidak dapat menentukan sebab akibat. Studi ini hanya berupaya menemukan korelasi antara peristiwa masa lalu dan keadaan saat ini. Ketika merancang studi kasus kontrol, peneliti harus menemukan kelompok kontrol yang sesuai. Idealnya, kelompok kasus dan kelompok kontrol memiliki karakteristik yang hampir sama, seperti usia, jenis kelamin, status kesehatan secara keseluruhan, dan faktor lainnya. Kedua kelompok tersebut harus memiliki sejarah yang sama dan hidup di lingkungan yang serupa.
3. Peneliti harus menentukan dan memilih kelompok kontrol yang tepat untuk memperkuat kekuatan studi kasus kontrol serta meningkatkan kemampuan mereka untuk menemukan korelasi potensial yang benar dan valid antara paparan dan kondisi penyakit.

Peneliti harus menyadari potensi kegagalan dalam mengidentifikasi variabel perancu atau paparan, karena akan menimbulkan kemungkinan bias perancu. Hal ini bisa terjadi jika variabel yang tidak diperhitungkan memiliki hubungan dengan paparan dan hasil.

KESIMPULAN

Studi kasus kontrol merupakan studi epidemiologi jenis observasional analitik yang mempelajari hubungan antara paparan (faktor risiko) dan efek (status kesehatan). Studi ini

membandingkan kelompok kasus dan kontrol berdasarkan status paparannya. Studi ini dimulai dengan menentukan populasi yang akan menjadi sasaran kemudian, dipilih kelompok kasus dan kontrol. Dalam studi kasus kontrol, penting untuk menentukan definisi yang jelas tentang kelompok populasi yang menjadi sasaran. Kasus dan kontrol perlu dipilih dari populasi yang sama dan dapat diidentifikasi. Kelompok kasus dan kontrol kemudian dilihat riwayat paparannya di masa yang lalu. Hasil pengukuran dari studi ini yaitu *Odds ratio* (OR) dimana perbandingan antara peluang terjadinya efek dengan peluang tidak terjadinya efek. $OR > 1$ menunjukkan variabel yang diteliti adalah faktor risiko. Terdapat beberapa tantangan dalam melakukan studi kasus kontrol, perlu melakukan antisipasi sehingga tidak terjadi bias dalam penelitian ini. Studi ini cocok digunakan untuk penyakit yang jarang terjadi, karena relatif murah, kuat, dan mudah beradaptasi dalam banyak situasi

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R., Indriani, Ci., Arisanti, R., Wahdi, A., & Hertanti, N. (2019). *Buku teks epidemiologi untuk kesehatan masyarakat*. UGM Press.
- BMJ. (2024). *Chapter 8 Case-control and cross sectional studies*. BMJ Publishing. <https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/epidemiology-uninitiated/8-case-control-and-cross-sectional>
- Coulehan, J. L., Lerner, G., Helzlsouer, K., Welty, T. K., & McLaughlin, J. (1986). Acute Myocardial Infarction among Navajo Indians. *AJPH*, 76(4).
- Dey, T., Mukherjee, A., & Chakraborty, S. (2020). A Practical Overview of Case-Control Studies in Clinical Practice. In *Chest* (Vol. 158, Issue 1, pp. S57–S64). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.009>
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5th ed.). Elsevier.

- Hartopo, A. B., Inggriani, M. P., Jhundy, B. W., Fachiroh, J., Rosha, P. T., Wardani, R. K., & Dewi, F. S. T. (2023). Modifiable risk factors for coronary artery disease in the Indonesian population: a nested case-control study. *Cardiovascular Prevention and Pharmacotherapy*, 5(1), 24–34. <https://doi.org/10.36011/cpp.2023.5.e3>
- Mingude, A. B., Gebretsadik, W., Misker, D., & Woldeamanuel, G. G. (2020). Determinants of low birth weight among live birth newborns delivered at public hospitals in Gamo Gofa Zone, South Ethiopia: Unmatched case control study. *SAGE Open Medicine*, 8. <https://doi.org/10.1177/2050312120940544>
- Osterholm, M. T., & Hedberg, C. W. (2014). *Epidemiologic Principles*. Elsevier.
- Sastroasmoro, S., & Ismael, S. (2014). *Dasar-dasar metodologis penelitian klinis* (5th ed.). Sagung seto.
- Soemirat, J. (2015). *Epidemiologi lingkungan*. Gadjah Mada University Press.
- Tenny, S., Kerndt, C., & Hoffman, M. R. (2024). *Case Control Studies*. StatPearls Publishing.
- Webb, P., & Bain, C. (2011). *Essential epidemiology An Introduction for Students and Health Professionals* (2nd ed.). Cambridge Press.

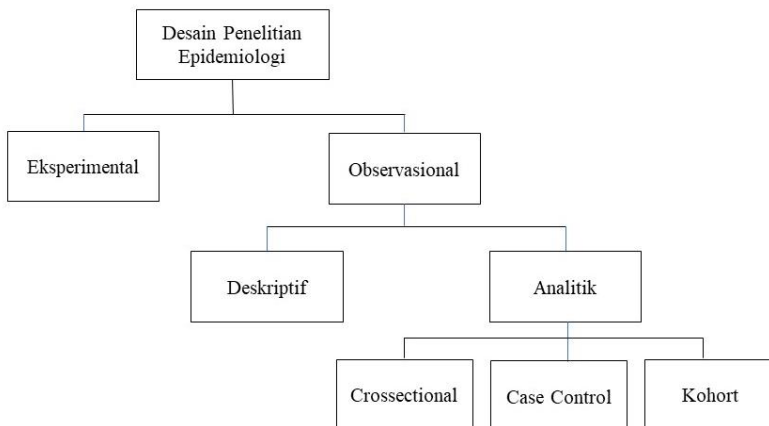
BAB 15

KOHORT

Ema Mayasari
Institut Ilmu Kesehatan STRADA Indonesia, Kediri
E-mail: emamayasari07@gmail.com

PENDAHULUAN

Studi epidemiologi merupakan suatu kajian epidemiologi yang melakukan penelitian dalam pencarian jawaban dari pertanyaan yang ingin diketahui jawabannya oleh peneliti. Hasil penelitian yang di dapatkan merupakan suatu jawaban dari suatu rumusan masalah yang disusun pada saat memulai suatu penelitian. Selanjutnya dilakukan suatu pengolahan Pada suatu penelitian yang berdesain analitik biasanya berfokus pada penjelasan suatu hasil penelitian yang lebih mendalam. Desain kohort atau yang sering disebut dengan jenis penelitian yang bersifat prospektif ini merupakan salah satu bagian dari desain penelitian analitik.



Sumber: Diolah Sendiri Oleh Penulis

Gambar 15.1. Desain Penelitian Pada Studi Epidemiologi

Penelitian kohort merupakan suatu penelitian yang termasuk dalam jenis desain penelitian analitik yang dapat mengetahui suatu perbedaan dan perubahan pada subjek. Hasil yang didapatkan untuk mengetahui letak perbedaan maupun perubahannya dapat dilihat seiring berjalannya waktu. Kajian yang dilakukan pada penelitian kohort berupa penelitian dengan pendekatan longitudinal yang berbeda dengan pendekatan secara lintas sektor. Penelitian dilakukan secara individu dari waktu ke waktu untuk menghasilkan data dalam jarak waktu tertentu. Proses tersebut dapat mengurangi kemungkinan terjadinya suatu bias akibat kesalahan pengambilan sampel. Kelemahan dalam penelitian kohort akan membutuhkan biaya yang besar dan memakan waktu yang lama dan bisa saja akan menemui suatu keadaan bahwa kemungkinan besar akan mengalami kehilangan subjek penelitian.

PENGERTIAN KOHORT

Pada desain penelitian kohort akan mempelajari suatu hubungan antara faktor risiko dan juga efek yang terjadi pada suatu penyakit atau masalah kesehatan yang diamati. Pada penelitian tersebut akan dipilih kelompok sesuai dengan faktor resiko yang sudah ditentukan. Pada subjek penelitian akan dipilih berdasarkan status paparan yang dimiliki dan dibagi menjadi dua kelompok pengamatan yaitu kelompok terpapar dan kelompok yang tidak terpapar. Pada penelitian kohort dilakukan secara observasi baik secara kuantitatif maupun kualitatif sehingga penelitian ini bersifat observasional. Pada penelitian kohort akan dimulai dengan mengidentifikasi faktor risiko kemudian akan dilakukan pengamatan maupun pencatatan untuk melihat ada tidaknya suatu efek dari paparan tersebut.

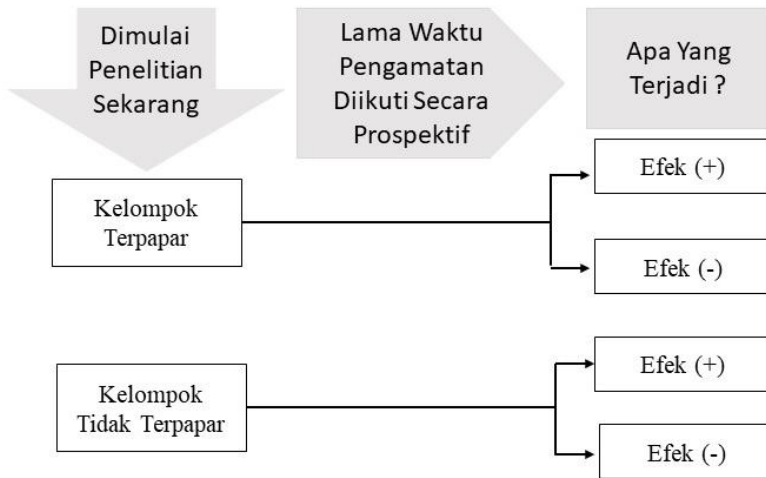
Desain penelitian kohort merupakan suatu penelitian yang mempelajari hubungan antara faktor risiko dengan efek, yang dilakukan secara prospektif atau pengamatan dalam beberapa

waktu kedepan kedepan sebelum terjadinya efek sampai dengan batas waktu yang ditentukan untuk melihat efek yang ditemukan. Pada proses pelaksanaan pada penelitian ini maka subjek penelitian akan terus diamati sampai jangka waktu yang telah ditentukan. Secara alamiah, pada pelaksanaan desain ini dari subyek yang diamati ada yang terpapar faktor risiko ada yang tidak terpapar faktor risiko. Subyek yang terpapar oleh faktor risiko menjadi kelompok yang diteliti dan subyek yang tidak terpapar menjadi kelompok kontrol, karena berangkat dari populasi yang sama maka kedua kelompok tersebut dikatakan sebanding. Kemudian ditentukan apakah telah terjadi efek atau suatu kasus yang diteliti (Masturoh & Anggita, 2018).

Penelitian kohort adalah suatu rancangan pada studi epidemiologi yang mempelajari hubungan antara paparan dan efek yaitu penyakit dengan cara membandingkan kelompok terpapar dan kelompok tidak terpapar. Pelaksanaan dalam studi epidemiologi ini dimulai dari mengidentifikasi status keterpaparan yang merupakan faktor risiko dari suatu kejadian yang ingin diamati misalnya kejadian pada penyakit tertentu dan akan mengamati dalam beberapa waktu kedepan (prospektif). Pada saat memulai dalam mengidentifikasi faktor risiko, semua subyek penelitian baik pada kelompok terpapar maupun tidak terpapar harus bebas dari penyakit atau efek yang diteliti. Setelah itu semua subjek penelitian akan diamati dan diikuti secara terus menerus suatu perkembangan dari efek paparan tersebut secara prospektif sampai timbul efek yaitu terjadinya suatu keluhan seperti gejala penyakit yang diamati (Mayasari, 2019).

Penelitian kohort merupakan rancangan studi epidemiologi yang memiliki tujuan untuk mempelajari suatu hubungan antara paparan dan penyakit. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan proporsi antara kelompok terpapar dan kelompok tidak terpapar berdasarkan kejadian penyakit. Untuk

langkah selanjutnya dalam penelitian ini yaitu mengikuti sepanjang periode waktu tertentu untuk melihat berapa banyak subjek dalam masing-masing kelompok yang mengalami efek penyakit atau masalah kesehatan (Boru Haloho & Legiran, 2023).



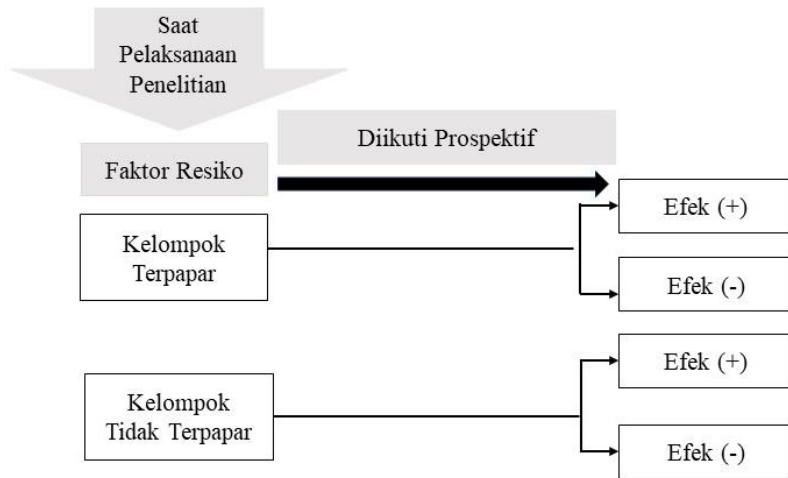
Sumber: Diolah Sendiri Oleh Penulis

Gambar 15.2. Skema Desain Penelitian Kohort

JENIS PENELITIAN KOHORT

1. Kohort Prospektif

Pada studi kohort prospektif sudah direncanakan terlebih dahulu untuk dilaksanakan dalam periode tertentu selama beberapa waktu ke depan. Dengan studi jenis ini, peneliti memang membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk pengumpulan data, tetapi data yang didapatkan bisa lebih lengkap dan sesuai kebutuhan.



Sumber: Diolah Sendiri Oleh Penulis

Gambar 15.3. Skema Desain Penelitian Kohort Prospektif

Terdapat contoh desain penelitian dengan menggunakan desain kohort prospektif yang berjudul “Perbedaan Laju Kecepatan Terjadinya Hipertensi Menurut Konsumsi Natrium”. Studi kohort prospektif tersebut dilaksanakan di Kota Bogor yang dilakukan oleh Rahajeng, Kristanti, dan Kusumawardani pada tahun 2017. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis perbedaan laju kecepatan terjadinya hipertensi berdasarkan jumlah natrium yang di konsumsi pada orang dewasa. Analisis difokuskan pada faktor perilaku yang dapat dimodifikasi (konsumsi lemak tinggi, konsumsi gula tinggi, kurang konsumsi sayur buah, merokok, kurang aktivitas fisik, dan stres) dan faktor sosio-demografi (umur, jenis kelamin, ekonomi, status perkawinan, pendidikan, dan pekerjaan) yang dikumpulkan melalui wawancara dengan kuesioner yang mengadopsi *The WHO STEPS Instrument for NonCommunicable Diseases*

Surveillance.

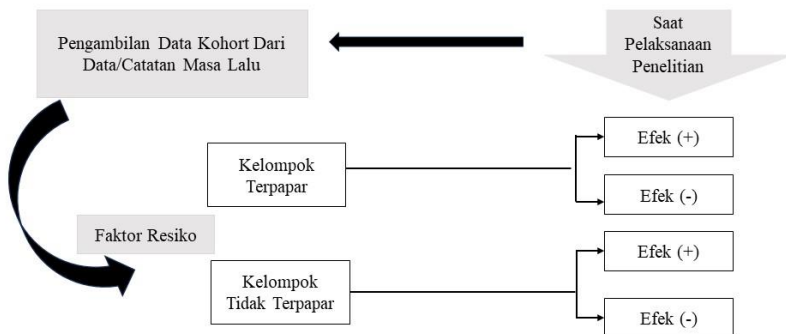
Sedangkan pada Kejadian Hipertensi ditetapkan setiap tahun, dalam empat tahun pengamatan. Dalam memberikan suatu diagnosa pada responden terkait dengan status kejadian hipertensi (*event*) dengan cara pengamatan, apabila responden memiliki kondisi tekanan darah yang tinggi minimal dua kali dalam satu tahun maka dia di statuskan mengalami hipertensi. Faktor risiko utama dalam penelitian ini adalah konsumsi natrium tinggi. Batasan konsumsi natrium tinggi adalah ≥ 2000 mg per hari. Seseorang ditetapkan telah mengonsumsi natrium tinggi, apabila orang tersebut sejak awal diamati dan minimal tiga kali mengikuti pengukuran berikutnya selama empat tahun pengamatan. Respondennya adalah orang yang tidak mengalami hipertensi, dan tidak pernah didiagnosis menderita hipertensi. Data yang dianalisis adalah kondisi faktor risiko selama 4 tahun pengamatan yaitu mulai dari tahun 2011 hingga tahun 2015 dan kejadian hipertensi (*event*) yang muncul. Sensor adalah kondisi responden yang tidak atau belum mengalami hipertensi pada batas waktu waktu pada saat penetapan suatu efek yaitu kejadian hipertensi. Laju kecepatan terjadinya hipertensi (*insidens rate/hazard rate*) dihitung dengan *life table survival analysis*. Uji statistik yang digunakan adalah *Wilcoxon* dan *cox proportional hazards regression multivariate analysis*.

Hasil penelitian yang didapatkan menyatakan bahwa konsumsi natrium tinggi (≥ 2000 mg per hari) yang terjadi pada orang dewasa, terbukti lebih mempercepat terjadinya hipertensi. Kecepatan terjadinya hipertensi menurut konsumsi natrium juga dipengaruhi oleh tingginya konsumsi lemak dan gula, kurangnya konsumsi sayur buah dan aktivitas fisik, bertambahnya usia, jenis kelamin yaitu pria lebih berisiko dan beratnya derajat perokok. Prevalensi

hipertensi di Indonesia akan semakin meningkat karena tingginya proporsi penduduk di Indonesia yang mengonsumsi natrium tinggi (Rahajeng et al., 2017).

2. Kohort Retrospektif

Pada studi kohort retrospektif memiliki sumber data yang sudah ada pada periode sebelumnya untuk mengidentifikasi adanya faktor risiko terkait kondisi tertentu. Pengambilan data terkait dengan faktor resiko dan efek diukur melalui catatan rekam medis yang sudah terjadi di masa lampau sebelum penelitian dimulai. Waktu pengamatan dimulai pada saat akibat (efek) sudah terjadi. Yang terpenting dalam studi retrospektif adalah populasi yang diamati tetap memenuhi syarat populasi kohort dan yang diamati adalah faktor risiko masa lalu yang diperoleh melalui pencatatan data yang lengkap. Kelemahan dalam studi ini adalah hasil interpretasi terbatas hanya pada data yang ada, sedangkan data yang hilang atau kurang lengkap tidak dapat digali kembali.



Sumber: Diolah Sendiri Oleh Penulis

Gambar 15.4. Skema Desain Penelitian Kohort Retrospektif

Terdapat contoh desain penelitian dengan menggunakan desain kohort retrospektif yang berjudul “Analisis Survival Pada Penyakit Ginjal Kronik Dengan Komorbiditas Diabetes Melitus Dengan Menggunakan *Cox Regression*”. Penelitian ini dilaksanakan oleh Nova Muhani & Nurhalina Sari pada tahun 2020 di RSUD Abdul Moeloek Bandar Lampung. Adapun tujuan dalam penelitian tersebut adalah untuk mengetahui status demografi (umur, jenis kelamin,) dan lama ketahanan hidup pasien Penyakit Ginjal Kronik (PGK) yang menjalani hemodialisis berdasarkan komorbiditas diabetes melitus. Penelitian menggunakan data dari laporan harian unit hemodialisis dan rekam medis pasien baru yang menjalani hemodialisis di unit hemodialisis yang dimulai 01 Januari 2018 sampai 30 Juni 2018 yang diikuti sampai dengan 30 Juni 2019 dengan diagnosis utama penyakit ginjal kronik, usia lebih dari 18 tahun, mempunyai data riwayat menjalani hemodialisis, dan mempunyai hasil laboratorium fungsi ginjal (kreatin) pada awal menjalani hemodialisis. Sampel yang digunakan sebanyak 259 responden. Analisis yang digunakan analisis survival. Untuk menguji hipotesis dari HR dan melihat *confident interval*. Agar dapat menggunakan multivariat maka data dianalisis dengan *cox regression/cox proportional hazard*.

Hasil dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil uji perbedaan survival antara kelompok diabetes melitus dan tidak diabetes melitus dengan menggunakan metode *log rank* menunjukkan bahwa pada kelompok bukan diabetes melitus memiliki ketahanan hidup 1,9 kali lebih tinggi dibandingkan kelompok diabetes melitus. Kelompok tidak mengalami diabetes melitus memiliki waktu yang lebih lama untuk hidup dibandingkan dengan kelompok yang mengalami diabetes melitus (Muhani & Sari, 2020).

TAHAPAN PENELITIAN KOHORT

Berikut adalah Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penerapan desain penelitian kohort pada studi epidemiologi:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor risiko (variabel independen) dan efek (variabel dependen).
2. Menetapkan suatu populasi, sampel, dan juga memilih kelompok pembanding (kelompok kontrol). Hal yang perlu diperhatikan dalam memilih populasi, sampel dan kelompok pembanding (kelompok kontrol) dalam penelitian kohort adalah sebagai berikut :
 - a. Populasi dan sampel
 - 1) Populasi dan sampel yang dipilih harus relatif stabil
 - 2) Sifat dari populasi dan sampel harus mudah diamati dan terjangkau oleh peneliti.
 - 3) Populasi dan sampel harus memiliki derajat keterpaparan penyakit yang diamati
 - 4) Memilih sampel dengan faktor risiko positif dari sampel dengan efek negatif.
 - 5) Populasi dan sampel yang dipilih tidak sedang menderita penyakit yang diamati
 - b. Kelompok pembanding
 - 1) Berasal dari lingkungan yang sama dengan kelompok kohort.
 - 2) Terdiri dari populasi umum dan populasi kohort
 - 3) Populasi lain yang memiliki keadaan hampir sama kecuali faktor risiko (paparan)
3. Mengobservasi perkembangan kedua kelompok tersebut sampai batas waktu yang telah ditentukan dan selanjutnya mengidentifikasi ada tidaknya efek yang timbul.
4. Melakukan analisis dengan membandingkan proporsi antara subyek yang mendapat efek positif dengan subyek yang

mendapat efek negatif baik pada kelompok risiko positif maupun kelompok risiko negatif.

PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA PENELITIAN KOHORT

Dalam menganalisis suatu permasalahan atau kondisi kesehatan pada masyarakat dalam wilayah tertentu memerlukan suatu data epidemiologi. Data mentah yang telah dikumpulkan perlu dilakukan pengolahan data dan dianalisis sedemikian rupa sesuai dengan maksud dan tujuan dari kegunaan data tersebut agar dapat menghasilkan informasi yang menggambarkan seberapa besar masalah kesehatan yang terjadi di suatu wilayah tertentu (Oktafiani et al, 2019). Manajemen dalam pengolahan data mentah dapat disajikan dalam bentuk tabel, grafik atau disajikan secara statistik sehingga mudah dianalisis dan ditarik kesimpulan.

Analisis yang dilakukan pada desain penelitian kohort ini berasal dari ilmu kependudukan. Desain kohort ini merupakan suatu metode yang digunakan untuk menganalisis atau mengevaluasi adanya suatu perubahan perilaku dari sekelompok orang dengan fitur demografis umum di dalam suatu periode atau kurun waktu tertentu.

Dalam pengolahan data dari penelitian kohort dapat menafsirkan suatu *relative risiko* (RR) pada suatu kejadian. Dalam statistik, RR mengacu pada kemungkinan suatu peristiwa terjadi pada kelompok yang diberi perlakuan dibandingkan dengan kemungkinan suatu peristiwa terjadi pada kelompok kontrol. Hal tersebut dapat dihitung dengan alat bantu yang berupa tabel 2x2 yang merupakan pengolahan dari data hasil penelitian dan untuk perhitungan RR menggunakan rumus sebagai berikut :

Tabel 15.1.

Tabulasi Silang Antara Paparan dengan Efek yang Dialami

		<i>Out Come / efek</i>		
		Ya	Tidak	
<i>Ekspose</i> / Paparan	Ya	a	b	a+b
	Tidak	c	d	c+d
		a+c	b+d	

$$\text{Insiden Risk (IR) kelompok terpapar} = \frac{a}{(a + b)}$$

$$\text{Insiden Risk (IR) kelompok tdk terpapar} = \frac{c}{(c + d)}$$

$$\text{Relative Risk (RR)} = \frac{\text{IR kelompok terpapar}}{\text{IR kelompok tidak terpapar}}$$

Attributable Risk

$$= \text{IR kelompok terpapar}$$

$$- \text{IR kelompok tidak terpapar}$$

Interpretasi

RR = 1: faktor risiko bersifat netral; risiko kelompok terpajan sama dengan kelompok tidak terpajan.

RR > 1: *Confident Interval* (CI) > 1 , faktor risiko menyebabkan sakit

RR < 1: *Confident Interval* (CI) < 1 , faktor risiko mencegah sakit

KELEBIHAN PENELITIAN KOHORT

1. Pada data yang dihasilkan dari studi epidemiologi dengan desain penelitian kohort akan dapat diolah dan dianalisis untuk bisa melihat hubungan satu penyebab terhadap beberapa akibat.
2. Pada proses yang dilaksanakan dalam penelitian kohort seorang peneliti dapat mengikuti secara langsung kelompok yang dipelajari.

3. Pada penelitian kohort akan menemukan suatu kebenaran yang lebih dulu terjadi yaitu antara penyebab ataukah efek yang ditimbulkan.
4. Bias yang kemungkinan terjadi akan lebih kecil pada studi epidemiologi dengan desain penelitian kohort.

KEKURANGAN PENELITIAN KOHORT

1. Dalam studi epidemiologi yang menggunakan desain penelitian kohort maka akan membutuhkan biaya yang relatif mahal karena peneliti akan mengikuti terus selama beberapa waktu kedepan untuk menemukan suatu efek yang terjadi sehingga biaya kebutuhan selama pengamatan tergantung pada lama pengamatan maupun sulitnya dalam proses penggalan data untuk mendapatkan hasil yang pasti.
2. Dalam penelitian kohort membutuhkan waktu yang lama mulai dari persiapan hingga memperoleh hasil yang diharapkan sesuai dengan tujuan penelitian.
3. Dalam penelitian kohort hanya bisa mengamati satu faktor penyebab.
4. Dalam studi epidemiologi yang menggunakan desain penelitian kohort biasanya kurang efisien dan tidak praktis untuk mempelajari penyakit yang jarang terjadi (langka ditemui di masyarakat) ataupun penyakit yang bersifat kronis.
5. Suatu proses dalam penelitian kohort membutuhkan waktu lama sehingga mempunyai risiko untuk hilangnya subyek/*drop out* selama penelitian, karena migrasi, partisipasi rendah atau meninggal.

KESIMPULAN

Studi epidemiologi merupakan suatu kajian epidemiologi yang melakukan penelitian dalam pencarian jawaban dari pertanyaan yang ingin diketahui jawabannya oleh peneliti.

Selanjutnya hasil penelitian akan berupa jawaban atas pertanyaan yang diajukan pada saat dimulainya penelitian. Penelitian kohort merupakan suatu penelitian yang termasuk dalam jenis desain penelitian analitik yang dapat mengetahui suatu perbedaan dan perubahan pada subjek. Hasil yang didapatkan untuk mengetahui letak perbedaan maupun perubahannya dapat dilihat seiring berjalannya waktu. Kajian yang dilakukan pada penelitian kohort berupa penelitian dengan pendekatan longitudinal.

Desain penelitian kohort merupakan suatu penelitian yang mempelajari hubungan antara faktor risiko dengan efek, yang dilakukan secara propektif atau kedepan sebelum terjadinya efek. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan proporsi antara kelompok terpapar dan kelompok tidak terpapar berdasarkan kejadian penyakit. Penelitian kohort memiliki dua jenis yaitu penelitian kohort prospektif dan penelitian kohort retrospektif.

Adapun kelebihan maupun kelemahan dalam penelitian kohort. Kelebihan pada penelitian kohort yaitu peneliti dapat mengikuti kedepan melihat hubungan satu penyebab terhadap beberapa akibat dan dapat mengurangi bias data. Sedangkan kelemahan dari penelitian kohort akan membutuhkan biaya yang besar dan memakan waktu yang lama dan bisa saja akan menemui suatu keadaan bahwa kemungkinan besar akan mengalami kehilangan subjek penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Boru Haloho, A., & Legiran. (2023). Mengenal Lebih Dekat Penelitian Kohort: Manfaat Penelitian Kohort pada Bidang Anestesiologi dan Terapi Intensif. *Majalah Anestesia & Critical Care*, 41(1), 51–57. <https://doi.org/10.55497/majanestrcicar.v41i1.266>

- Masturoh, Imas; Anggita, N. (2018). *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Mayasari, E. (2019). *Buku Ajar Epidemiologi*. Strada Press.
- Muhani, N., & Sari, N. (2020). Study Cohort : Analisis Survival Pada Penyakit Ginjal Kronik Dengan Komorbiditas Diabetes Melitus Dengan Menggunakan Cox Regression. *Jurnal Dunia Kesmas*, 8(4).
<https://doi.org/10.33024/jdk.v8i4.1911>
- Oktafiani, Devi; Qomariyah, Ulfah; Qurniyawati, Eny; Ekaningrum, Annisa Yuri; Pratiwi, Luthva Luviani; Putri, Fia Amorita Dinasty; Musdalifah; Sholihin, Riza Mazidu; Fitiyah, Holif; Jumain; Lumentut, Grace P.I; Pamela. Daniar Dwi Ayu; Pati, D. U. (2019). *Pengantar Epidemiologi Klinik* (F. Fadhila, Ed.; Issue September). PT Sada Kurnia Pustaka.
- Rahajeng, E., Kristanti, D., & Kusumawardani, N. (2017). Perbedaan Laju Kecepatan Terjadinya Hipertensi Menurut Konsumsi Natrium [Studi Kohort Prospektif Di Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia] (the Incidence Rate Difference of Hypertension According To Sodium Consumption [a Prospective Cohort Study in Bogor Cit. *Penelitian Gizi Dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*, 39(1), 45–53.
<https://doi.org/10.22435/pgm.v39i1.5972.45-53>

BAB 16

STUDI EKSPERIMENTAL

Putri Winda Lestari
Universitas Binawan, Jakarta Timur
E-mail: winda@binawan.ac.id

PENDAHULUAN

Pemilihan desain penelitian adalah langkah paling penting dalam metodologi penelitian. Faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan desain penelitian, yaitu rumusan pertanyaan penelitian, serta metode pemilihan subjek atau partisipan. Desain penelitian yang berbeda dapat diterapkan pada pertanyaan penelitian yang sama. Desain penelitian sendiri diklasifikasikan menjadi kualitatif, kuantitatif, dan desain campuran atau *mix methods*. Desain observasional menempati bagian tengah dan bawah dari hierarki piramida berbasis bukti (Rezigalla, 2020). Sedangkan desain eksperimental menempati posisi di atas desain observasional (Murad et al., 2016). Setiap desain penelitian mempunyai kegunaan dan kelebihan serta keterbatasannya masing-masing (Thiese, 2014).

Desain studi observasional seringkali bersifat retrospektif dan bertujuan untuk melihat efek dari beberapa jenis intervensi, risiko, tes diagnostik atau pengobatan, tanpa mencoba memanipulasi siapa yang terpapar atau siapa yang tidak terpapar (Carnide et al., 2016). Dalam studi observasional, peneliti hanya mendokumentasikan adanya paparan dan hasil yang terjadi, tanpa melakukan manipulasi. Sebaliknya, dalam studi intervensi atau eksperimental, peneliti secara aktif ikut campur dengan melakukan intervensi pada sebagian atau seluruh subjek penelitian untuk mengetahui efek paparan terhadap hasil. Contohnya adalah penelitian di mana peneliti menugaskan

subjek secara acak untuk mengkonsumsi aspirin atau plasebo dalam jangka waktu tertentu untuk menentukan apakah obat tersebut mempunyai efek tentang risiko kejadian serebrovaskular di masa depan. Dalam hal ini, aspirin (“intervensi”) adalah “paparan”, dan risiko kejadian serebrovaskular adalah “hasilnya” (Ranganathan & Aggarwal, 2019).

Berdasarkan desainnya, studi eksperimental bersifat prospektif. Hal ini terkadang menimbulkan kebingungan antara desain eksperimen dan kohort prospektif. Misalnya saja desain penelitian pada contoh di atas tampak serupa dengan studi kohort prospektif di mana orang-orang yang menghadiri klinik kesehatan ditanya apakah mereka meminum aspirin secara teratur dan kemudian diikuti selama beberapa tahun terjadinya kejadian serebrovaskular. Perbedaan mendasarnya adalah dalam studi eksperimen, peneliti yang melakukan hal tersebut, dimana peneliti menugaskan setiap orang untuk meminum atau tidak meminum aspirin, sedangkan dalam studi kohort, hal ini ditentukan oleh faktor lain (Ranganathan & Aggarwal, 2019).

Ada beberapa langkah dalam melakukan desain eksperimen. Peneliti harus merumuskan pertanyaan penelitian, merumuskan hipotesis yang dapat diuji, menentukan bagaimana mengendalikan variabilitas selama proses eksperimen, menetapkan intervensi, mengambil sampel dari populasi untuk memasukkannya ke dalam kondisi eksperimen, dan menentukan tindakan empiris apa yang akan dilakukan. Termasuk bagaimana data akan dicatat, karena terdapat hubungan yang erat antara desain eksperimen, jenis data yang dikumpulkan serta pendekatan statistik yang akan digunakan untuk menganalisis data (Bell, 2009).

Penelitian eksperimental, sering dianggap sebagai “*gold standard*” dalam desain penelitian dan merupakan salah satu desain penelitian yang paling ketat (Okur, 2016). Dalam desain

ini, satu atau lebih variabel independen dimanipulasi oleh peneliti (sebagai perlakuan), subjek ditempatkan secara acak pada tingkat perlakuan yang berbeda (penugasan acak), dan hasil perlakuan terhadap hasil (variabel dependen) diamati. Kekuatan dari penelitian eksperimental adalah validitas internalnya karena kemampuannya menghubungkan sebab dan akibat melalui manipulasi perlakuan, sekaligus mengendalikan pengaruh palsu dari variabel asing (Bhattacharjee, 2012).

PENGERTIAN STUDI EKSPERIMENTAL

Studi eksperimen adalah desain penelitian dimana peneliti melakukan manipulasi terhadap variabel, melakukan pengujian dalam kondisi yang dikendalikan, untuk mengetahui efek dari manipulasi tersebut terhadap variabel dependen. Dalam epidemiologi, studi eksperimen mengukur pengaruh suatu intervensi pada populasi dengan cara membandingkan hasil intervensi pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol (Murti, 2017).

Penelitian eksperimental dilakukan secara obyektif dan terkendali untuk meningkatkan presisi dan menghasilkan kesimpulan spesifik sesuai dengan hipotesis yang diajukan. Tujuan desain ini adalah untuk menetapkan efek yang merupakan variabel independen terhadap variabel dependen. Alasan mengapa peneliti memilih menggunakan desain eksperimen adalah karena desain ini memiliki tingkat ketelitian dalam menganalisis hubungan serta membuat analisis seobjektif mungkin. Jika desain eksperimental diterapkan dengan benar, maka hubungan kausal antara variabel independen dan variabel dependen dapat dibangun (Bell, 2009).

Desain eksperimental paling cocok digunakan untuk penelitian yang bersifat *explanatory research*. Metode ini sangat sesuai untuk penelitian yang bertujuan menjelaskan fenomena, di mana peneliti ingin menguji hubungan sebab-akibat. Selain

itu, desain eksperimental juga cocok untuk kasus di mana terdapat serangkaian variabel independen yang relatif terbatas dan dapat dimanipulasi. Penelitian eksperimental dapat dilakukan baik di laboratorium maupun di lapangan. Eksperimen laboratorium cenderung memiliki validitas internal yang tinggi karena kontrol yang ketat, tetapi memiliki validitas eksternal yang rendah karena kondisi buatan. Di sisi lain, eksperimen lapangan memiliki validitas internal dan eksternal yang tinggi, namun jarang dilakukan karena kesulitan dalam mengendalikan variabel yang tidak diinginkan dan manipulasi perlakuan yang sulit (Creswell, 2012).

KARAKTERISTIK STUDI EKSPERIMENTAL

Studi eksperimental memiliki karakteristik yang berbeda dengan desain studi lainnya. Berikut adalah karakteristik studi eksperimental:

1. Adanya perlakuan dan kontrol

Dalam penelitian eksperimental, beberapa subjek diberikan perlakuan yang disebut kelompok perlakuan atau kelompok eksperimen sedangkan subjek lain tidak diberikan perlakuan disebut kelompok kontrol. Perlakuan dianggap berhasil jika subjek yang menerimanya merasa hasilnya lebih baik daripada yang tidak menerima perlakuan. Dalam eksperimen, dimungkinkan ada beberapa kelompok perlakuan dengan tingkat stimulus yang berbeda (Creswell, 2012).

2. Manipulasi perlakuan

Perlakuan adalah ciri khas dari penelitian eksperimental yang membedakan dengan desain penelitian lainnya. Manipulasi perlakuan membantu mengendalikan “penyebab” dalam hubungan sebab-akibat. Tentu saja, validitas penelitian eksperimental bergantung pada seberapa baik perlakuan tersebut dimanipulasi. Manipulasi perlakuan

harus diperiksa dengan menggunakan *pre-test* dan atau *post-test* (Creswell, 2012).

3. Seleksi dan penugasan acak

Seleksi acak adalah proses pengambilan sampel secara acak dari suatu populasi untuk memastikan bahwa setiap unit dalam populasi memiliki peluang yang sama untuk dipilih menjadi sampel. Di sisi lain, penugasan acak adalah proses yang mengatur subjek secara acak ke dalam kelompok perlakuan atau kontrol. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kedua kelompok tersebut seimbang secara statistik sebelum intervensi atau perlakuan diberikan. Seleksi acak berhubungan dengan validitas eksternal (generalisasi hasil), sementara penugasan acak berkaitan dengan validitas internal. Baik seleksi acak maupun penugasan acak sangat penting dalam penelitian eksperimental yang baik. Namun, dalam penelitian kuasi-eksperimental, kedua proses ini tidak terjadi (Creswell, 2012).

4. Adanya pengukuran atau pengamatan

Tujuan dari pengamatan dalam penelitian eksperimen adalah untuk melihat dan mencatat segala fenomena yang muncul yang menyebabkan adanya perbedaan diantara kelompok perlakuan dan kontrol (Ibrahim et al., 2018). Tanpa adanya alat ukur yang dapat diandalkan, peneliti tidak dapat mengetahui secara tepat efektifitas dari manipulasi atau intervensi yang dilakukan. Oleh karena itu, dalam melakukan pengamatan variabel terikat, harus dilakukan dengan cermat dan terdokumentasi dengan baik (Hikmawati, 2020).

JENIS-JENIS STUDI EKSPERIMENTAL

1. Pra-Eksperimental

Desain penelitian pra-eksperimental merupakan jenis desain penelitian eksperimental yang paling dasar. Desain ini

hanya menggunakan satu kelompok yang dikenal sebagai kelompok perlakuan atau eksperimen dan tidak memiliki kelompok kontrol (Soesilo, 2015). Pendekatan ini sering digunakan ketika subjek terbatas atau untuk menilai apakah penelitian lebih lanjut diperlukan untuk populasi yang dituju. Oleh karena itu, prosedur ini dianggap efisien.

Untuk penelitian pra-eksperimen, analisisnya dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test* menggunakan teknik analisis statistik seperti uji-t. Sebaiknya jika menggunakan instrumen seperti kuesioner, dalam *pre-test* maupun *post-test* menggunakan instrumen yang isinya sama namun dibedakan urutan dan kalimatnya. Kelemahan penelitian pra-eksperimen adalah lemahnya validitas internal karena tidak adanya kelompok pembanding, sehingga hasil penelitian pra-eksperimental belum dapat meyakinkan bahwa perubahan yang terjadi memang benar-benar sebagai akibat intervensi (Soesilo, 2015).

Bentuk desain pra-eksperimental:

- *One-shot case study*
Dimana suatu kelompok diberikan perlakuan dan diobservasi hasilnya, tanpa adanya *pre-test* sebelum perlakuan.

X = perlakuan (variabel independen)

X	O
---	---

O = observasi (variabel dependen)

- *One-group pre-test post-test*
Dengan membandingkan keadaan sebelum dan sesudah perlakuan. Sebelum dilakukan perlakuan kelompok tersebut diberi *pre-test*, kemudian setelah dilakukan perlakuan diberi *post-test*.

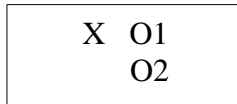
O1 = *pre-test*
X = perlakuan

O1	X	O2
----	---	----

$O_2 = \textit{post-test}$

- *Intec grop comparison*

Pada desain ini satu kelompok dibagi menjadi dua, yaitu sebagian diberi perlakuan dan sebagian dijadikan kontrol.



2. Eksperimental Murni

Merupakan bentuk desain penelitian eksperimental yang paling akurat karena mengandalkan hipotesis statistik untuk membuktikan atau menyangkal hipotesis. Desain penelitian eksperimental murni adalah satu-satunya metode yang menetapkan hubungan sebab-akibat dalam kelompok. Disebut eksperimental murni karena dapat mengendalikan semua variabel ekstra yang dapat mempengaruhi jalannya eksperimen, sehingga desain penelitian ini memiliki validitas internal yang tinggi. Karakteristik utama desain eksperimental murni adalah sampel yang dipilih secara random, baik untuk kelompok perlakuan maupun kontrol.

Bentuk desain eksperimental murni (Shuster, 2012)

- *Completely randomized designs*

Semua subjek dialokasikan ke dalam kelompok perlakuan maupun kontrol secara random, sehingga semua variabel independen yang berpotensi sebagai perancu akan tersebar secara merata di kedua kelompok tersebut.

- *Randomized block designs*

Dimana unit percobaan dibagi lagi menjadi blok-blok subjek serupa, dengan satu subjek di setiap blok ditugaskan secara acak untuk setiap perlakuan.

- *Stratified designs*
Subjek dikategorikan ke dalam subpopulasi yang disebut strata, dan dalam setiap strata, dilakukan rancangan acak lengkap. Desain ini sangat efektif dalam penelitian laboratorium dimana pengamatan dilakukan secara *batch* (strata) dalam jangka waktu yang relatif lama.
- *Crossover designs*
Dimana setiap subjek mendapat semua perlakuan, tetapi urutannya secara acak. Salah satu kelemahan desain ini adalah ketika ada perlakuan berdasarkan interaksi periode (efek persilangan). Jika perbedaan efek perlakuan sebenarnya tergantung pada urutan perlakuan, desain ini akan menghasilkan perkiraan parameter populasi yang berbeda dari *completely randomized designs*. Selain itu, ada alasan praktis untuk menghindari *crossover designs*, seperti membutuhkan waktu yang lama dan tingkat *dropout* yang lebih tinggi daripada *completely randomized designs*.
- *Factorial designs*
Rancangan ini pada dasarnya dapat dipandang sebagai melakukan dua penelitian dalam waktu yang bersamaan. Desain ini dapat diintegrasikan ke dalam *randomized designs*, *randomized block designs*, atau bahkan campuran antara *completely randomized design* dengan *crossover design*.
- *Randomized designs with “random” effects*
Rancangan ini dapat diterapkan dalam penelitian bedah multisenter atau di laboratorium, di mana pertimbangan utamanya adalah jumlah kelompok yang digunakan (misalnya: praktek dokter, sampel jaringan, atau

spesimen jaringan yang tersedia) dan jumlah unit sampel di dalam setiap kelompok. Penelitian ini direncanakan untuk setiap kelompok sampel jaringan yang akan menerima jumlah alikuot yang sama dari kedua perlakuan, sehingga sampel jaringan tersebut, setidaknya dalam konsepnya, menjadi sampel acak dari populasi target yang terdiri dari donor jaringan yang dapat berpartisipasi.

3. Kuasi-Eksperimental

Kuasi berarti sebagian, setengah, atau semu. Dalam desain eksperimen murni, subjek dalam kelompok ditugaskan secara acak. Jadi, setiap unit mempunyai peluang yang sama untuk masuk ke dalam kelompok eksperimen. Sedangkan dalam desain eksperimen kuasi atau semu, subjek dalam kelompok tidak ditetapkan secara acak. Sehingga, peneliti tidak dapat membuat kesimpulan sebab-akibat.

Kelebihan kuasi eksperimen adalah lebih mudah diterapkan, namun desain ini juga memiliki kelemahan. Kelemahan kuasi eksperimen adalah karena alokasi perlakuan tidak dilakukan secara acak maka variabel perancu kurang dapat dikendalikan, sehingga dapat mengakibatkan bias yang sulit dikontrol pada analisis data (Murti, 2017).

Bentuk desain kuasi eksperimen yaitu:

- *Time series design*

Desain ini tidak memiliki kelompok kontrol, namun dilakukan beberapa kali *pre-test* untuk mengetahui apakah kelompok tersebut stabil atau tidak, jika kelompok stabil maka dapat diberi perlakuan.

O1 O2 O3 O4 X O5 O6 O7 O8

- *Non-equivalent control group design*
 Dalam desain ini terdapat dua kelompok yang dipilih tidak secara random kemudian diberi *pre-test* untuk mengetahui perbedaan keadaan awal antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

O1 X O2

VALIDITAS INTERNAL DAN EKSTERNAL

Validitas internal menguji apakah cara suatu penelitian dirancang, dilaksanakan, dan dianalisis memungkinkan jawaban yang dapat dipercaya terhadap pertanyaan penelitian dalam penelitian tersebut. Validitas internal memeriksa sejauh mana kesalahan sistematis (bias) hadir. Kesalahan sistematis tersebut dapat muncul melalui bias pemilihan, bias kinerja, bias deteksi, dan bias atrisi. Jika validitas internal terganggu, terkadang dapat diperbaiki, misalnya dengan rencana analisis yang dimodifikasi. Namun, bias seringkali menjadi fatal jika penilaian *double-blind* tidak diperoleh dalam RCT (*Random Controlled Trial*) (Andrade, 2018).

Berikut adalah ancaman terhadap validitas internal (Okur, 2016):

1. Bias seleksi

Bias seleksi adalah kesalahan yang terjadi dalam proses seleksi subjek, biasanya terjadi pada desain tanpa randomisasi. Bias ini dapat terjadi ketika subjek pada kelompok perlakuan mempunyai karakteristik yang dapat mempengaruhi variabel dependen.

2. Sejarah

Merupakan ancaman yang disebabkan oleh suatu peristiwa yang tidak ada hubungannya dengan perlakuan yang dapat terjadi selama percobaan dan mempengaruhi variabel

dependen. Efek sejarah lebih mungkin terjadi dalam penelitian eksperimen yang berlangsung dalam jangka waktu yang lama.

3. Maturasi

Merupakan ancaman yang bersifat biologis, psikologis, atau proses emosional dalam subjek dan terpisah dari perlakuan, yang akan berubah seiring berjalannya waktu. Maturasi lebih umum terjadi dalam penelitian eksperimen dalam jangka waktu lama.

4. Pengujian

Terkadang, pengukuran *pre-test* itu sendiri dapat memengaruhi sebuah eksperimen. Efek pengujian ini mengancam validitas internal karena lebih dari sekadar perlakuan yang memengaruhi variabel dependen. Desain empat kelompok Solomon dapat membantu peneliti mendeteksi efek pengujian.

5. Instrumen

Ancaman ini terkait dengan reliabilitas. Kondisi ini terjadi ketika instrumen atau variabel dependen mengukur perubahan selama eksperimen.

6. Mortalitas atau *drop out*

Jika ditengah-tengah penelitian subjek meninggalkan penelitian baik karena meninggal atau alasan lain, seorang peneliti tidak dapat mengetahui apakah hasilnya akan sama atau berbeda jika subjeknya tetap berpartisipasi. Upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga angka *drop out* adalah:

- Merencanakan penelitian sedemikian rupa sehingga durasi pelaksanaannya pendek dan jumlahnya kunjungan per subjek rendah.
- Menjaga kontak dengan para subjek dan memastikan kenyamanan mereka selama kunjungan penelitian.

- Menggunakan ukuran hasil yang nyaman dan dapat diterima oleh subjek (misalnya, kuesioner yang lebih pendek daripada kuesioner yang panjang) (Aggarwal & Ranganathan, 2019).
7. Regresi statistik
Regresi statistik tidak mudah dipahami secara intuitif. Ini adalah masalah nilai ekstrem atau kecenderungan kesalahan acak untuk menggerakkan hasil kelompok menuju rata-rata. Ini dapat terjadi dalam dua cara: pertama, ketika subjek berada pada kondisi tidak biasa sehubungan dengan variabel dependen. Kedua, adanya masalah pada instrumen pengukuran.
 8. Penyebaran perlakuan atau kontaminasi
Merupakan ancaman bahwa subjek dalam kelompok-kelompok yang berbeda akan berkomunikasi satu sama lain dan mengetahui tentang perlakuan yang diterapkan pada kelompok lain. Para peneliti menghindarinya dengan mengisolasi kelompok-kelompok atau meminta subjek untuk berjanji untuk tidak mengungkapkan apa pun kepada orang lain yang akan menjadi subjek penelitian.
 9. Perilaku kompensasi
Beberapa penelitian eksperimen memberikan kompensasi yang berharga pada satu kelompok, namun tidak dengan kelompok lainnya, dan perbedaan tersebut diketahui oleh kelompok lainnya. Ketimpangan tersebut dapat menimbulkan tekanan untuk mengurangi perbedaan, persaingan kompetitif antar kelompok, atau demoralisasi yang penuh kebencian. Semua jenis kompensasi ini perilaku dapat mempengaruhi variabel terikat.
 10. Ekspektasi peneliti
Meski tidak selalu dianggap sebagai masalah validitas internal, perilaku peneliti eksperimen juga dapat mengancam logika kausal. Seorang peneliti mungkin

mengancam validitas internal, bukan karena perilaku yang tidak etis, melainkan karena secara tidak langsung mengkomunikasikan hasil penelitian yang diharapkan kepada subjek. Teknik yang dilakukan peneliti untuk mengurangi dampak dari ekspektasi peneliti adalah *blinding*.

Dalam uji coba terkontrol secara acak, "*blinding*" mengacu pada membuat individu yang terlibat tidak mengetahui intervensi yang akan mereka terima. Hal ini memungkinkan penilaian obyektif terhadap efek intervensi dan mengurangi risiko bias. "*Blinding*" bisa berbagai macam, seperti "*single-blind*" (salah satu pihak, subjek atau peneliti), "*double-blind*" (baik subjek maupun pengamat), dan "*triple-blind*" (termasuk analisis data) (Aggarwal & Ranganathan, 2019). *Triple blinding* dapat mencegah bias informasi pada semua tahapan penelitian (Murti, 2017).

Jika intervensinya berupa obat, hal yang paling sering terjadi adalah menggunakan plasebo, yang didefinisikan sebagai zat atau pengobatan yang tidak dirancang untuk memiliki nilai terapeutik. Persiapan plasebo harus menyerupai obat aktif dalam penampilan, ukuran, bentuk, warna, presentasi, dll., sebisa mungkin, agar keduanya tidak dapat dibedakan (Aggarwal & Ranganathan, 2019).

Sekalipun peneliti eksperimen menghilangkan semua ancaman tentang validitas internal, validitas eksternal masih menjadi masalah potensial. Validitas eksternal adalah kemampuan untuk menggeneralisasi temuan eksperimental ke peristiwa dan pengaturan di luar eksperimen itu sendiri. Jika sebuah studi tidak memiliki validitas eksternal, temuannya hanya berlaku dalam eksperimen itu dan tidak dapat digeneralisasi, sehingga tidak berdampak besar pada ilmu dasar maupun ilmu terapan.

Ada dua jenis validitas eksternal, yaitu validitas populasi dan ekologis. Validitas populasi mengacu pada sejauh mana populasi subjek yang diharapkan serupa dengan sampel subjek yang digunakan dalam penelitian. Validitas ini menilai sejauh mana kesimpulan dari eksperimen sampel dapat diterapkan pada populasi secara umum. Untuk hasil yang dapat digeneralisasi bagi populasi, penting untuk memilih sampel yang mewakili populasi secara adekuat. Sementara itu, validitas ekologis mengevaluasi sejauh mana hasil eksperimen dalam satu lingkungan dapat diterapkan pada lingkungan lainnya (Hikmawati, 2020).

Berikut adalah empat ancaman terhadap validitas eksternal:

1. Efek Pengujian: *Pre-test* dapat memiliki dampak signifikan pada perbedaan antara kelompok yang diuji dan yang tidak, dimana hal ini dapat mempengaruhi generalisasi hasil penelitian.
2. Efek Seleksi: Kriteria ketat dalam pemilihan subjek dapat membatasi generalisasi penelitian. Misalnya, subjek dalam studi farmakologis sering kali harus bebas dari penyakit selain yang menjadi fokus obat, mengurangi representasi kondisi nyata dengan komorbiditas yang beragam, terutama pada individu dengan beberapa penyakit kronis.
3. Efek Eksperimen: Terlibat dalam eksperimen yang dirancang dan dilaksanakan secara cermat dapat memberikan pengalaman yang sangat berbeda dibandingkan dengan menerima perlakuan yang sama dalam kondisi sehari-hari.
4. Efek Perlakuan Berganda: Ancaman ini terjadi ketika subjek diberikan lebih dari satu jenis perlakuan, yang menggunakan subjek sebagai kelompok kontrol bagi diri mereka sendiri.

BIAS DALAM STUDI EKSPERIMENTAL

Bias yang dapat terjadi dalam studi eksperimental adalah sebagai berikut (Murti, 2017)

1. Bias kontaminasi (*contamination bias*)

Terjadi jika subjek pada kelompok kontrol secara tidak sengaja mendapat atau terpapar perlakuan yang sedang diteliti sehingga berisiko mengurangi perbedaan hasil pada kedua kelompok.

2. Bias penarikan (*withdrawal bias*)

Terjadi ketika subjek yang meninggalkan penelitian (*drop out*) berbeda secara signifikan dengan subjek yang masih terlibat dalam penelitian sehingga menyebabkan ketimpangan distribusi faktor perancu antara kelompok perlakuan dan kontrol.

3. Bias kepatuhan (*compliance bias*)

Terjadi ketika adanya perbedaan kepatuhan subjek terhadap intervensi yang direncanakan mempengaruhi studi. Ketidaktaatan ini dapat mengacaukan penilaian efikasi terapi yang sesungguhnya. Cara untuk mengurangi bias ini adalah dengan menggunakan populasi yang berisiko tinggi, menerapkan masa percobaan, meningkatkan kontak dengan subjek penelitian, atau menggunakan instrumen monitor.

KESIMPULAN

Pemilihan desain penelitian merupakan langkah krusial dalam metodologi penelitian. Setiap desain penelitian memiliki kelebihan dan keterbatasannya masing-masing. Desain eksperimental, khususnya, dianggap sebagai "*gold standard*" karena kemampuannya dalam menetapkan hubungan sebab-akibat melalui manipulasi variabel. Desain eksperimental merupakan pendekatan penelitian yang populer dan banyak digunakan. Alasan peneliti memilih desain ini adalah karena ketepatannya dalam menganalisis hubungan antara variabel dan membuat analisis tersebut seobjektif mungkin. Secara umum, konsep desain ini adalah mengendalikan variabel independen untuk mengukur pengaruhnya terhadap variabel dependen. Dalam eksperimen, peneliti memberikan intervensi dan

mengontrol bagaimana intervensi tersebut diterapkan ke dalam lingkungan penelitian. Jika desain eksperimen diterapkan dengan benar, maka dapat dibangun hubungan sebab akibat antara variabel independen dan variabel dependen.

Penting untuk memahami bahwa desain eksperimental tidak selalu memungkinkan atau sesuai untuk setiap situasi penelitian. Ancaman terhadap validitas internal dan eksternal harus diperhatikan, termasuk berbagai jenis bias yang mungkin terjadi dalam studi eksperimental. Dengan memahami karakteristik, jenis, dan ancaman terhadap validitas, serta bias yang mungkin muncul, peneliti dapat meningkatkan kualitas penelitian mereka dan memperoleh temuan yang lebih dapat diandalkan dan generalisasi yang lebih tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, R., & Ranganathan, P. (2019). Study designs: Part 5 - Interventional studies (II). *Perspectives in Clinical Research*, 10(4), 183–186. https://doi.org/10.4103/picr.PICR_138_19
- Andrade, C. (2018). Learning Curve Internal , External , and Ecological Validity in. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 40(5). <https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM>
- Bell, S. (2009). Experimental Design. *International Encyclopedia of Human Geography*, 672–675. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00431-4>
- Bhattacharjee, A. (2012). *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices*. University of South Florida. <https://courses.lumenlearning.com/suny-hccc-research-methods/chapter/chapter-10-experimental-research/>
- Carnide, N., Franche, R. L., Hogg-Johnson, S., Côté, P., Breslin, F. C., Severin, C. N., Bültmann, U., & Krause, N. (2016). Course of Depressive Symptoms Following a Workplace Injury: A 12-Month Follow-Up Update. *Journal of*

- Occupational Rehabilitation*, 26(2), 204–215.
<https://doi.org/10.1007/s10926-015-9604-3>
- Creswell, J. W. (2012). Chapter 10. Experimental Research. *Educational Research*, pearson, 294–336.
- Hikmawati, F. (2020). Metodologi Penelitian. In *Revista Brasileira de Linguística Aplicada* (Vol. 5, Issue 1). Rajawali Pers.
<https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Educa>
- Ibrahim, A., Alang, A. H., Madi, Baharuddin, Ahmad, M. A., & Darmawati. (2018). Metodologi Penelitian. In *Gunadarma Ilmu*.
<https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/download/1659/1508%0Ahttp://hipatiapress.com/hpjournals/index.php/qre/article/view/1348%5Cnhttp://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500799708666915%5Cnhttps://mckinseyonsociety.com/downloads/reports/Educa>
- Murad, M. H., Asi, N., Alsawas, M., & Alahdab, F. (2016). New evidence pyramid. *Evidence-Based Medicine*, 21(4), 125–127. <https://doi.org/10.1136/ebmed-2016-110401>
- Murti, B. (2017). *Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi Edisi Kedua*. Yuma Pustaka.
- Okur, H. (2016). Experimental research methodologies. In *Turkish Association of Pediatric Surgeons* (pp. 37–46). <https://doi.org/10.5222/jtaps.2016.007>
- Ranganathan, P., & Aggarwal, R. (2019). Study designs: Part 4 - Interventional studies. *Perspectives in Clinical Research*, 11(1), 47–50. https://doi.org/10.4103/picr.PICR_209_19
- Rezigalla, A. A. (2020). Observational Study Designs: Synopsis for Selecting an Appropriate Study Design. *Cureus*, 12(1),

- 1–8. <https://doi.org/10.7759/cureus.6692>
- Shuster, J. J. (2012). Design and Analysis of Experiments. *Methods in Molecular Biology*, 404, 1–566. <https://doi.org/10.1002/9781118147634>
- Soesilo, T. D. (2015). Penelitian Eksperimen. In *Griya Media*. Griya Media.
- These, M. S. (2014). Observational and interventional study design types; an overview. *Biochemia Medica*, 24(2), 199–210. <https://doi.org/10.11613/BM.2014.022>

PROFIL PENULIS



Nasir Ahmad

Penulis saat ini tinggal di Kota Cimahi. Jenjang Pendidikan S1 Kesehatan Masyarakat peminatan epidemiologi dan penyakit tropis, lulus tahun 2012 ditempuh di Universitas Respati Yogyakarta. Pendidikan S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat peminatan Epidemiologi Lapangan atau *Field Epidemiologi Training Program* (FETP), lulus tahun 2017 di Universitas Gadjah Mada. Saat ini sebagai Dosen Tetap Program Studi Kesehatan Masyarakat (S1) di Universitas Jenderal Achmad Yani. Menjadi dosen sejak tahun 2018. Mengampu dan menjadi anggota pengajar mata kuliah Epidemiologi Lapangan, Investigasi Wabah, Epidemiologi Bencana dan dampaknya, Dasar Epidemiologi, Surveilans Kesehatan Masyarakat, Dasar Kependudukan, Sistem Informasi Kesehatan dan Biostatistik. Penulis aktif melaksanakan penelitian dan menulis artikel ilmiah, sampai saat ini sekitar 20 artikel telah dipublikasi.



Ainum Jhariah Hidayah

Ketertarikan penulis terhadap ilmu epidemiologi dimulai pada tahun 2012 silam. Hal tersebut membuat penulis memilih peminatan Epidemiologi saat mengenyam pendidikan S1 di Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S2 di Departemen Epidemiologi, Fakultas Kesehatan Masyarakat UI dengan fokus peminatan Epidemiologi Komunitas. Penulis pernah aktif sebagai asisten penelitian Kohort penyakit menular di salah satu Rumah Sakit Pemerintah di Jakarta bekerja sama dengan INA-Respond dan Litbangkes Kementerian Kesehatan RI. Saat ini penulis aktif sebagai dosen Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat STIKes Raflesia.



Reny Mareta Sari

Penulis merupakan dosen S1 Kesehatan Masyarakat di IIK STRADA Indonesia, Kediri. Menempuh Pendidikan S1 Kesehatan Masyarakat dengan minat studi Epidemiologi (2010-2014). Kemudian penulis melanjutkan S2 Kesehatan Masyarakat dengan minat studi Kesehatan Ibu dan Anak (2016-2018). Pendidikan S1 dan S2 ditempuh di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga. Sebelum menjadi dosen, penulis bekerja sebagai peneliti *freelance* sehingga memiliki ketertarikan yang besar terhadap penelitian dan penulisan artikel ilmiah. Topik penelitian dan publikasi artikel ilmiah yang pernah dilakukan berkisar tentang penyakit infeksi seperti Tuberkulosis (TB), Covid-19, demam berdarah dengue, dan lepra.



Jusniar Rusliafa, S.KM., M.Kes.

Penulis merupakan Alumni S1 Kesehatan Masyarakat Peminatan Epidemiologi di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Haluoleo (2010) dan S2 Kesehatan Masyarakat Konsentrasi Epidemiologi di Universitas Hasanuddin Makassar (2014). 2015 - Sekarang mengabdikan sebagai salah satu Tenaga Pendidik di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Halu Oleo Kota Kendari. Selain mengajar penulis juga turut aktif di beberapa organisasi salah satunya adalah Perhimpunan Ahli Epidemiologi Indonesia (PAEI). Menulis di Buku Chapter ini merupakan karya pertama saya, semoga dapat memberikan banyak manfaat.



Asriati, SKM., MPH.

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Epidemiologi Program Studi Ilmu Kesehatan masyarakat Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan pendidikan S2 pada jurusan Field Epidemiology and Training Programs (FETP) pada FK-KMK Universitas Gadjah Mada. Saat ini ia bekerja sebagai Dosen di Peminatan Epidemiologi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Cenderawasih. Penulis mendalami bidang ilmu Epidemiologi, Epidemiologi Penyakit Tidak Menular dan Masalah Kesehatan Reproduksi. Semoga buku ini bisa bermanfaat untuk yang membutuhkan.



Syahrul Khairati

Penulis adalah alumni dari D4 Poltekkes Kemenkes Medan dan Magister Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara. Saat ini penulis adalah seorang dosen di Fakultas Kedokteran Universitas Riau.



Yulianto Ade Prasetya, S. Si., M.Si.

Penulis merupakan tenaga pendidik yang berasal dari Universitas Anwar Medika Sidoarjo. Dosen dengan jabatan akademik Lektor 300 golongan III-C ini sudah menyelesaikan pendidikan S1 Biologi Fakultas MIPA di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan S2 Ilmu Kedokteran Dasar (IKD) Fakultas Kedokteran di Universitas Airlangga serta sedang menempuh pendidikan S3 Fakultas Biologi di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penulis dengan *homebase* pada program studi D3 Teknologi Laboratorium Medis (TLM) ini fokus pada penelitian bidang mikrobiologi, bioteknologi, dan metagenomik.



**I Made Dwi Mertha Adnyana., S.Si.,
M.Ked.Trop., CMIE., FRSPH.**

Penulis menyelesaikan studi di Program Strata 1 Biologi dengan Predikat Cumlaude dan lulusan Terbaik pada tahun 2021. Penulis menyelesaikan studi strata 2 di Program Studi Magister Ilmu Kedokteran Tropis, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga dengan minat studi Epidemiologi Kedokteran Tropis pada tahun 2023. Saat ini penulis sedang melanjutkan di Program Strata 3 (S3) Ilmu Kedokteran di Universitas Airlangga. Penulis memperoleh sertifikasi internasional dari Microsoft (*Certified Microsoft Inovatif Educator*) pada tahun 2021. Aktif berkontribusi dalam riset bidang epidemiologi penyakit tropis, biologi penyakit dan infeksi, penyakit tular vektor, *eco-epidemiology*, *Neglected Tropical Disease*, Geospasial dan geostatistik, dan *One health*. Penulis memiliki pengalaman dalam penulisan karya tulis ilmiah, poster dan *essay* ilmiah serta memperoleh setidaknya 68 kali kejuaraan ditingkat nasional dan internasional. Aktif melaksanakan riset dan publikasi pada jurnal Internasional Bereputasi terindeks Scopus (Scopus ID [57725073100](#)/ *Web of Science* (Researcher ID [AAC-8778-2022](#)) dan jurnal nasional terindeks SINTA. Telah menghasilkan beberapa *book chapter*, hak kekayaan intelektual dan lainnya. Aktif sebagai editorial board dan reviewer jurnal internasional bereputasi tinggi terindeks Scopus Q1-Q4, *Web of Science* (WOS) dan jurnal nasional terakreditasi SINTA serta reviewer buku. Telah menyelesaikan menyelesaikan *Short Course* di London School of Hygiene & Tropical Medicine (United Kingdom) – 2021 dan Taipei Medical University (2022). Saat ini aktif sebagai *Fellowship Royal Society for Public Health* (FRSPH) UK dan anggota Perhimpunan Ahli Epidemiologi Indonesia (PAEI). Aktif sebagai narasumber dalam acara seminar, workshop, dan sejenisnya.



Muhammad Akbar Nurdin, S.K.M., M.Kes.

Penulis merupakan lulusan S-1 Kesehatan Masyarakat dari Departemen Epidemiologi Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM), Universitas Hasanuddin Tahun 2010-2014. Penulis kemudian kembali melanjutkan pendidikan pada kampus yang sama dan memperoleh S-2 Kesehatan Masyarakat Tahun 2015-2018, dengan Departemen Epidemiologi. Adapun bidang ilmu kesehatan masyarakat yang dikaji yaitu, Epidemiologi, Epidemiologi Penyakit Menular, dan Kesehatan Keluarga. Penulis terdaftar aktif sebagai dosen tetap pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Cenderawasih. Semoga buku ini bisa bermanfaat untuk masyarakat luas.



Kuuni Ulfah Naila El Muna, S.KM., M.Epid.

Penulis yang akrab dipanggil Kuuni, menyelesaikan program S1 di Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga dan program S2 di Program Studi Field Epidemiology Training Program (FETP), Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia. Saat ini penulis sedang bekerja sebagai dosen di Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan, Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya. Penulis juga pernah bekerja di bidang penelitian di *Research Center for Care and Control of Infectious Disease* Universitas Padjadjaran. Sehari-harinya penulis bekerja sebagai dosen pengampu mata kuliah seputar epidemiologi. Selain itu penulis juga aktif dalam menulis jurnal nasional maupun internasional serta mulai aktif menulis buku. Semasa kuliah penulis merasa sangat terbantu dengan membaca beberapa buku yang direkomendasikan oleh dosen. Dikarenakan tidak semua hal bisa disampaikan oleh dosen selama 2 SKS dalam 14 kali pertemuan dalam 1 mata kuliah. Untuk memperdalam keilmuwan seorang mahasiswa wajib membekali dirinya sendiri dengan literasi dari sumber selain tatap muka perkuliahan. Mungkin akan ada yang menanyakan kenapa harus buku? – Karena buku adalah rangkuman dari banyak sumber (ringkasan). Harapan saya *book chapter* ini dapat memberi

pemahaman lebih, khususnya terkait dasar epidemiologi sebagai mata kuliah dasar wajib yang diberikan pada mahasiswa jurusan kesehatan.



Dr. Sukarsi Rusti, SKM, M.Epid

Penulis menempuh pendidikan S1 Kesehatan Masyarakat di Universitas Baiturrahmah padang (Tahun 2001-2005). Kemudian melanjutkan pendidikan Magister Epidemiologi di FKM UI (Tahun 2011-2013) dan Doktorat Epidemiologi di FKM UI (Tahun 2019-2022). Riwayat pekerjaan penulis dimulai dari menjadi dosen tetap di STIKes Fort De Kock di Bukittinggi (sejak 2008-2019), kemudian di Institut Kesehatan Indonesia di Jakarta (2019-2022), dan sekarang penulis adalah dosen tetap di Universitas Baiturrahmah. Terlahir dari Ayah dan Kakak - kakak yang hampir semuanya berprofesi sebagai guru, menjadi inspirasi yang tanpa disadari membawa penulis menjadi seorang dosen. Meskipun bukan cita – cita penulis sejak kecil, namun seiring kedewasaan dan keterpaparan dari lingkungan keluarga guru membuat penulis menyadari telah memiliki bakat menjadi seorang pendidik. Penulis menyadari tugas seorang pendidik (dosen) bukan hanya memberi pendidikan kepada peserta didiknya saja, namun juga sedapatnya memberikan pengetahuan tentang Kesehatan Masyarakat khususnya Epidemiologi kepada seluruh Masyarakat Indonesia melalui buku yang dapat menjadi sumber ilmu pengetahuan.



Mugi Wahidin

Penulis mendalami ilmu kesehatan masyarakat, khususnya epidemiologi sejak lulus Magister Epidemiologi Universitas Indonesia tahun 2013. Saat ini penulis merupakan Doktor Ilmu Kesehatan Masyarakat lulusan Universitas Indonesia tahun 2023. Sebelumnya, penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Perawat Kesehatan Purwokerto tahun 1996 dan Sarjana Kesehatan Masyarakat Universitas Respati Indonesia tahun 2005. Kepakaran yang penulis dalami adalah kesehatan masyarakat, khususnya epidemiologi, terkait penyakit tidak menular. Penulis merupakan peneliti di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan dosen di Universitas Esa Unggul Jakarta, serta aktif sebagai pengurus pusat Perhimpunan Ahli Epidemiologi Indonesia (PAEI). Penulis aktif

meneliti dan mengajar, serta menulis artikel ilmiah dan buku. Beberapa penelitian yang dilakukan adalah riset nasional (Riset Kesehatan Dasar, Riset Fasilitas Kesehatan, Riset Ketenagaan Kesehatan, Riset *Burden of Disease*) dan riset terkait penyakit tidak menular dan bencana. Penulis pernah mendapatkan hibah penelitian dari Kemenristekdikti, Universitas Esa Unggul, dan Universitas Indonesia. Penghargaan yang pernah diterima adalah *Enrico Angelsio Prize* dari *International Association of Cancer Registries* (IACR) tahun 2011 dan penghargaan sebagai Penulis Artikel Ilmiah Berkualitas Tinggi bidang Kesehatan dan Obat dari Kemenristek/BRIN tahun 2020. Penulis berharap, kontribusi dalam dunia penelitian, pendidikan, dan penulisan buku dapat menjadi bagian dalam upaya pembangunan kesehatan di Indonesia.



Lisda Oktavia Madu Pamangin, S.K.M., M.Kes.

Penulis merupakan lulusan S-1 Kesehatan Masyarakat dari Departemen Biostatistik, Kependudukan dan KB Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat (FKM), Universitas Hasanuddin Tahun 2008-2012. Penulis kemudian kembali melanjutkan pendidikannya pada kampus yang sama dan memperoleh S-2 Kesehatan Masyarakat Tahun 2013-2015, dengan konsentrasi Kesehatan Reproduksi dan Kesehatan Keluarga. Adapun bidang ilmu kesehatan masyarakat yang dikaji yaitu; Biostatistik, Kependudukan & KB, Kesehatan Reproduksi Remaja, dan Epidemiologi Kesehatan Reproduksi. Penulis terdaftar aktif sebagai dosen tetap pada Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Cenderawasih.



Putri Tiara Roshah, SKM, MPH

Penulis adalah staf pengajar di Program Studi S1 Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran, Universitas Negeri Semarang. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro tahun 2014 dan Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat di Program Field Epidemiology Training Program (FETP), FK-KMK, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2017. Penulis mengawali karir sebagai asisten dosen dan penelitian di FK-KMK UGM pada tahun 2017-2022. Fokus penelitian yang menjadi minat penulis adalah pengendalian penyakit tidak menular dan pemanfaatan data sekunder.



Ema Mayasari

Penulis adalah dosen tetap di Institut Ilmu Kesehatan STRADA Indonesia di bawah naungan Yayasan Surya Mitra. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Kesehatan Masyarakat di Stikes Surya Mitra Husada (2006 – 2010), Magister Kesehatan Masyarakat Minat Epidemiologi di Universitas Airlangga (2012-2014). Pengalaman bekerja dimulai menjadi tenaga pengajar mulai dari 2011 sampai dengan 2015 dan menjadi dosen dari tahun 2016 sampai sekarang dengan jabatan lektor. Tahun 2019 penulis sudah mendapatkan sertifikasi dosen dari Dirjen Dikti Kemendikbud RI. Penulis sering mendapatkan Hibah di bidang penelitian dan pengabdian Masyarakat baik dari Kemenristek Dikti maupun Hibah Daerah. Penulis juga aktif menulis buku dan berbagai artikel penelitian yang dipublikasikan di berbagai jurnal nasional maupun internasional.



Putri Winda Lestari, S.KM., M.Kes (Epid)

Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Kesehatan Masyarakat dengan peminatan Epidemiologi di Universitas Diponegoro pada tahun 2011. Kemudian pada tahun 2012 mendapatkan beasiswa unggulan untuk melanjutkan S2 Epidemiologi di Universitas Diponegoro dan lulus di tahun 2014 dengan predikat *Cumlaude* dan sebagai lulusan terbaik. Sejak tahun 2015 hingga saat ini, bekerja sebagai dosen tetap Prodi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Ilmu Kesehatan dan Teknologi, Universitas Binawan. Penulis telah mendapatkan beberapa hibah penelitian kompetitif nasional dan insentif artikel ilmiah internasional bereputasi dan insentif paten dari Kemendikbudristek. Topik riset yang digeluti adalah terkait kesehatan masyarakat, epidemiologi dan K3. Penulis telah menerbitkan beberapa artikel ilmiah baik hasil penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat di jurnal nasional maupun jurnal internasional bereputasi. Penulis juga menjadi mitra bestari serta tim editorial di beberapa jurnal nasional dan jurnal internasional terindeks Scopus. Di luar pekerjaannya sebagai dosen, penulis aktif membuat konten sebagai media *sharing* seputar dunia akademik di *channel Youtube*.

EPIDEMIOLOGI DASAR

BAB 1 : KONSEP DASAR EPIDEMIOLOGI

Nasir Ahmad

BAB 2 : KONSEP PENYEBAB PENYAKIT

Ainum Jhariah Hidayah

BAB 3 : KONSEP HOST, AGENT, DAN ENVIRONMENT

Reny Mareta Sari

BAB 4 : RIWAYAT ALAMIAH PENYAKIT DAN TINGKAT PENCEGAHAN

Jusniar Rusliafa

BAB 5 : SKRINING DALAM EPIDEMIOLOGI

Asriati

BAB 6 : AGEN BIOLOGI

Syahrul Khairati

BAB 7 : AGEN KIMIA

Yulianto Ade Prasetya

BAB 8 : AGENT FISIK

I Made Dwi Mertha Adnyana

BAB 9 : UKURAN FREKUENSI PENYAKIT

Muhammad Akbar Nurdin

BAB 10 : UKURAN ASOSIASI DAN UKURAN DAMPAK POTENSIAL

Kuuni Ulfah Naila El Muna

BAB 11 : STUDI LAPORAN KASUS DAN SERIAL KASUS

Sukarsi Rusti

BAB 12 : STUDI EKOLOGI

Mugi Wahidin

BAB 13 : STUDI CROSS SECTIONAL

Lisda Oktavia Madu Pamangin

BAB 14 : STUDI KASUS KONTROL

Putri Tiara Rosha

BAB 15 : KOHORT

Emma Mayasari

BAB 16 : STUDI EKSPERIMENTAL

Putri Winda Lestari



FUTURE SCIENCE
IKAPI No. 348/JTI/2022

Jl. Terusan Surabaya Gang 1A No. 71 RT 002 rw 005, Kel.Sumbersari
Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur.
Website : www.futuresciencepress.com

ISBN 978-623-8533-72-5
ISBN 978-623-8533-71-8 (PDF)



9 786238 533725