



## DAFTAR ISI

Daftar Isi .....	2
Bab 1.....	4
Pendahuluan Epidemiologi dalam Laboratorium Medis .....	4
1.1 Pengertian dan Sejarah Singkat Epidemiologi .....	8
1.2 Peran Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat .....	11
1.3 Hubungan Epidemiologi dengan Teknologi Laboratorium Medis.....	15
1.4 Pentingnya Pendekatan Epidemiologi bagi Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM).....	19
Bab 2.....	30
Prinsip Dasar Epidemiologi .....	30
2.1 Konsep Penyakit dan Proses Epidemiologi.....	34
2.2 Host, Agent, dan Environment dalam Penyebaran Penyakit .....	35
2.3 Rantai Penularan dan Upaya Pemutusan.....	39
2.4 Jenis-jenis Studi Epidemiologi (Deskriptif, Analitik, Eksperimental) .....	41
Bab 3.....	47
Pengukuran dalam Epidemiologi.....	47
3.1 Ukuran Frekuensi Penyakit: Insidens dan Prevalens.....	49
3.2 Ukuran Risiko: Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk .....	52
3.3 Ukuran Validitas Tes Diagnostik: Sensitivitas, Spesifisitas, PPV, NPV.....	58
3.4 Penggunaan Data Laboratorium dalam Perhitungan Epidemiologi .....	62
Bab 4.....	71
Surveilans Berbasis Laboratorium .....	71
4.1 Pengertian Surveilans dan Jenisnya.....	74
Tujuan dan Fungsi Surveilans .....	74
Jenis-Jenis Surveilans.....	75
4.2 Komponen Sistem Surveilans Berbasis Laboratorium.....	77
4.3 Peran dan Tugas Laboratorium dalam Surveilans KLB.....	81
4.4: Contoh Penerapan Surveilans Malaria, TBC, dan Hepatitis .....	83
Bab 5.....	89
Interpretasi Hasil Laboratorium.....	89
dalam Konteks Epidemiologi .....	89

	3
5.1 Prinsip <i>Time, Place, Person</i> dalam Interpretasi Data .....	91
5.2 Pengelompokan Data Lab Berdasarkan Wilayah .....	94
dan Populasi .....	94
5.3 Korelasi antara Hasil Lab dan Faktor Risiko .....	97
5.4 Studi Kasus Interpretasi Hasil Laboratorium .....	104
Bab 6 .....	111
Investigasi Wabah dan Peran Laboratorium .....	111
6.1 Definisi dan Karakteristik KLB .....	113
6.2 Langkah-langkah Investigasi Epidemiologi .....	116
6.3 Peran TLM dalam Pengambilan, Pemeriksaan, dan Pelaporan Sampel .....	120
6.4 Studi Kasus Investigasi Wabah .....	124
Studi Kasus 1 Wabah Diare Akut di Sekolah Dasar .....	124
Studi Kasus 2: Keracunan Makanan di Acara Pernikahan .....	125
Studi Kasus 3: Peningkatan Kasus Malaria Lokal .....	126
Bab 7 .....	131
Epidemiologi dan Laboratorium dalam Konteks <i>One Health</i> .....	131
7.1 Konsep <i>One Health</i> dan Relevansi bagi Teknologi Laboratorium Medis .....	134
7.2 Penyakit Zoonosis dan Peran Laboratorium .....	137
7.3 Kolaborasi Lintas Sektor dalam Pengendalian Penyakit .....	140
7.4 Studi Kasus Zoonosis (Leptospirosis, Rabies, Brucellosis) .....	144
Bab 8 .....	152
Penguatan Kompetensi Epidemiologi bagi Tenaga TLM .....	152
8.1 Kompetensi Dasar Epidemiologi yang Harus dikuasai TLM .....	155
8.2 Integrasi Data Laboratorium ke dalam Sistem Kesehatan .....	158
8.3 Etika dan Validitas dalam Pelaporan Data .....	162
8.4 Rekomendasi Penguatan Peran TLM di Bidang Epidemiologi .....	166

## Bab 1

### Pendahuluan Epidemiologi dalam Laboratorium Medis

---

Bab pertama ini bertujuan memberikan pemahaman mendasar tentang apa itu epidemiologi, bagaimana konsep dasarnya berkembang, serta bagaimana keterkaitannya dengan peran dan praktik profesi Teknologi Laboratorium Medis (TLM). Dalam konteks pelayanan kesehatan modern, keterlibatan tenaga laboratorium dalam mendukung kegiatan epidemiologi semakin vital, khususnya dalam hal validasi diagnosis, konfirmasi kasus, surveilans penyakit, dan deteksi dini kejadian luar biasa (KLB).

Epidemiologi secara umum didefinisikan sebagai studi tentang distribusi dan determinan masalah kesehatan dalam populasi, serta penerapannya untuk mengendalikan masalah kesehatan tersebut (Gordis, 2014). Dengan kata lain, epidemiologi merupakan pendekatan ilmiah yang memungkinkan kita untuk memahami penyebab, faktor risiko, dan penyebaran penyakit di masyarakat. Pada sisi lain, ilmu laboratorium medis menyediakan alat ukur (diagnostik) yang sangat penting untuk mendukung pengumpulan data yang akurat dalam praktik epidemiologi.

Dalam dunia laboratorium medis, data hasil pemeriksaan yang dihasilkan oleh tenaga TLM tidak berdiri sendiri. Data tersebut merupakan representasi dari kondisi individu dalam suatu populasi, yang apabila dianalisis secara epidemiologis dapat digunakan untuk melihat tren penyakit, menentukan beban kesehatan, mengevaluasi intervensi, hingga menetapkan kebijakan kesehatan. Oleh sebab itu, pemahaman epidemiologi menjadi penting bagi mahasiswa TLM agar mampu berkontribusi secara aktif dalam sistem pelayanan kesehatan berbasis bukti.

Perkembangan ilmu epidemiologi tidak dapat dipisahkan dari sejarah penyakit-penyakit menular, seperti wabah kolera di London yang diselidiki oleh John Snow. Dalam kasus tersebut, pendekatan observasional digunakan untuk

menelusuri penyebab penyebaran penyakit, yang kemudian dikonfirmasi dengan data spasial dan waktu, bahkan tanpa adanya teknologi diagnostik canggih. Kini, pendekatan epidemiologi tersebut telah berkembang dengan didukung oleh kemajuan teknologi laboratorium, yang memungkinkan deteksi dini agen penyakit seperti virus, bakteri, parasit, maupun jamur dalam waktu yang lebih cepat dan akurat (CDC, 2012).

Bagi tenaga TLM, peran ini menjadi semakin penting ketika laboratorium dijadikan sebagai komponen kunci dalam sistem surveilans penyakit, baik surveilans pasif (melalui laporan rutin dari fasilitas kesehatan) maupun surveilans aktif (misalnya outbreak investigation). Di sinilah laboratorium dan epidemiologi saling melengkapi. Hasil pemeriksaan laboratorium harus dipahami tidak hanya dari segi validitas analitik dan kliniknya, tetapi juga dari konteks waktu, tempat, dan orang, sebagaimana prinsip dasar epidemiologi deskriptif.

Bab ini juga membahas tentang bagaimana peran laboratorium dalam menjawab tantangan penyakit menular yang bersifat emerging dan re-emerging, seperti COVID-19, DBD, TBC, dan infeksi zoonosis. Dengan memahami pendekatan epidemiologi, tenaga laboratorium diharapkan mampu membaca pola penyakit, memberikan interpretasi data yang tepat, serta mendukung pengambilan keputusan kesehatan yang lebih efektif.

Dengan demikian, Bab 1 ini tidak hanya menjadi pengantar bagi mahasiswa untuk memahami epidemiologi secara umum, tetapi juga menjadi dasar penting untuk menanamkan pola pikir kritis, integratif, dan berbasis data, sesuai dengan tuntutan profesi Teknologi Laboratorium Medis di era sistem kesehatan berbasis bukti.

## **Tujuan**

---

1. Memberikan pengantar tentang epidemiologi dan keterkaitannya dengan ilmu laboratorium medis, sehingga mahasiswa dapat:

2. Memahami definisi, ruang lingkup, dan sejarah perkembangan ilmu epidemiologi.
3. Menjelaskan peran epidemiologi dalam sistem pelayanan kesehatan masyarakat.
4. Mengidentifikasi hubungan antara praktik laboratorium medis dan pendekatan epidemiologi.
5. Menyadari pentingnya data laboratorium sebagai bagian dari sistem surveilans dan pengambilan keputusan berbasis bukti.
6. Membangun pola pikir integratif antara hasil laboratorium dan interpretasi epidemiologis dalam konteks populasi

## **Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)**

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan pengertian, ruang lingkup, dan sejarah perkembangan epidemiologi.
2. Menguraikan peran epidemiologi dalam sistem kesehatan masyarakat.
3. Menganalisis keterkaitan antara prinsip-prinsip epidemiologi dan praktik Teknologi Laboratorium Medis.
4. Menilai kontribusi data laboratorium dalam sistem surveilans dan pengendalian penyakit berbasis bukti.

## **Indikator Pencapaian Pembelajaran**

---

1. Mahasiswa dapat mendefinisikan epidemiologi dan menjelaskan sejarah perkembangannya Menyebutkan definisi dan minimal 2 tokoh penting dalam sejarah epidemiologi
2. Mahasiswa dapat mengidentifikasi peran epidemiologi dalam mendukung kesehatan masyarakat
3. Menyebutkan minimal 3 peran atau fungsi epidemiologi dalam sistem kesehatan

4. Mahasiswa dapat menjelaskan keterkaitan antara hasil laboratorium dan prinsip epidemiologi Memberikan contoh hubungan hasil laboratorium dengan pemantauan penyakit
5. Mahasiswa dapat menguraikan pentingnya data laboratorium dalam mendukung surveilans dan KLB
6. Menjelaskan 1 contoh kasus penggunaan data laboratorium dalam penyelidikan wabah

## **Kata Kunci**

---

- Epidemiologi
- Surveilans
- Laboratorium medis
- Data berbasis populasi
- Penyakit menular
- Deteksi dini
- Kesehatan masyarakat

## **Waktu Belajar yang Disarankan**

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 1.1 Pengertian dan Sejarah Singkat Epidemiologi

### Pengertian Epidemiologi

---

Epidemiologi merupakan cabang ilmu kesehatan masyarakat yang mempelajari distribusi dan determinan kejadian penyakit serta faktor-faktor yang memengaruhi kesehatan dan penyakit pada suatu populasi. Kata epidemiologi berasal dari bahasa Yunani, yaitu "epi" (atas), "demos" (penduduk), dan "logos" (ilmu). Secara harfiah, epidemiologi berarti ilmu yang mempelajari kejadian suatu penyakit pada sekelompok orang atau populasi (Gordis, 2014).

Definisi yang umum diterima adalah epidemiologi sebagai ilmu yang mempelajari distribusi, determinan, dan faktor risiko kejadian penyakit atau masalah kesehatan dalam populasi serta penerapannya untuk pencegahan dan pengendalian penyakit (Friis & Sellers, 2020). Epidemiologi tidak hanya membahas penyakit menular, tetapi juga penyakit tidak menular seperti diabetes, kanker, dan penyakit jantung yang merupakan penyebab utama kematian global saat ini.

Dalam konteks ilmu Teknologi Laboratorium Medis, epidemiologi berperan penting sebagai landasan dalam memahami bagaimana hasil pemeriksaan laboratorium dapat dikaitkan dengan pola penyebaran penyakit dalam masyarakat. Laboratorium menjadi sumber data utama untuk diagnosis, deteksi dini, dan monitoring penyakit, sehingga tenaga laboratorium harus memahami prinsip-prinsip epidemiologi untuk mendukung pengendalian penyakit berbasis bukti (WHO, 2008).

### Sejarah Singkat Epidemiologi

---

Sejarah epidemiologi dimulai sejak zaman kuno, meskipun saat itu belum berbentuk ilmu sistematis. Bukti awal ditemukan dalam catatan medis Mesir

kuno yang menunjukkan pengamatan terhadap penyakit dan faktor lingkungan. Salah satu tokoh penting pada masa kuno adalah Hippocrates (460-370 SM), yang sering disebut sebagai "bapak kedokteran". Dalam karyanya "On Airs, Waters, and Places," Hippocrates mengemukakan teori bahwa faktor lingkungan, seperti udara dan air, memengaruhi kesehatan manusia (Morabia, 2007). Ia mengusulkan konsep hubungan antara lingkungan dan penyakit, yang merupakan cikal bakal epidemiologi.

Namun, perkembangan epidemiologi modern baru terjadi pada abad ke-17 hingga abad ke-19. Pada abad ke-17, John Graunt, seorang pedagang dan statistikawan Inggris, mempelajari catatan kematian di London dan menemukan pola kematian serta angka kematian (mortality rate) yang berbeda antar wilayah dan kelompok umur (Graunt, 1662). Karyanya dianggap sebagai fondasi awal epidemiologi deskriptif, yang berfokus pada studi distribusi penyakit.

Puncak perkembangan awal epidemiologi ditandai oleh karya John Snow (1813-1858), yang dianggap sebagai bapak epidemiologi modern. Pada saat itu, London menghadapi wabah kolera yang mematikan. Snow mengabaikan teori miasma yang dominan dan melakukan investigasi lapangan yang sistematis. Dengan mengumpulkan data kasus kolera dan memetakan penyebarannya, ia mengidentifikasi sumur air yang terkontaminasi sebagai sumber wabah (Snow, 1855). Penelitian ini merupakan contoh penting penerapan metode epidemiologi observasional untuk mengidentifikasi sumber penyakit dan menjadi dasar bagi pengembangan pengendalian penyakit berbasis bukti. Pada abad ke-20, epidemiologi semakin maju dengan diperkenalkannya metode penelitian yang lebih kompleks seperti studi kohort dan studi kasus-kontrol. Epidemiologi mulai mempelajari faktor risiko penyakit tidak menular, seperti hubungan antara merokok dan kanker paru-paru. Konsep uji klinis acak (randomized controlled trial) juga berkembang sebagai standar dalam menilai efektivitas intervensi kesehatan (Friis & Sellers, 2020).

Seiring kemajuan teknologi, peran laboratorium medis dalam epidemiologi menjadi sangat penting. Metode diagnostik yang akurat dan cepat

memungkinkan pengenalan patogen dan pemantauan wabah secara real time. Integrasi data laboratorium dengan surveilans epidemiologi mendukung respons kesehatan masyarakat yang lebih efektif, seperti yang terlihat dalam penanganan pandemi COVID-19 (WHO, 2020).

## **Epidemiologi dalam Ilmu Teknologi Laboratorium Medis**

---

Teknologi Laboratorium Medis memiliki peran vital dalam mendukung epidemiologi melalui penyediaan data diagnostik yang valid dan dapat dipercaya. Data hasil pemeriksaan laboratorium seperti mikrobiologi, imunologi, dan biokimia klinik menjadi bagian penting dari sistem surveilans penyakit (WHO, 2008). Tenaga laboratorium medis tidak hanya bertugas melakukan pemeriksaan, tetapi juga harus memahami konteks epidemiologi untuk membantu interpretasi hasil dalam pengendalian penyakit.

Pemahaman prinsip epidemiologi membantu tenaga laboratorium untuk berkontribusi dalam deteksi dini kasus, pemantauan tren penyakit, serta investigasi wabah. Sebagai contoh, dalam kasus infeksi menular, laboratorium bertugas mengidentifikasi agen penyebab dan karakteristik patogen yang membantu menentukan pola penyebaran dan sumber infeksi (Fraser et al., 2019).

Selain itu, data laboratorium yang terintegrasi dengan sistem informasi kesehatan memungkinkan analisis yang lebih komprehensif untuk pengambilan keputusan berbasis bukti, perencanaan program kesehatan, dan evaluasi efektivitas intervensi. Oleh karena itu, penguasaan konsep epidemiologi merupakan kompetensi penting bagi mahasiswa dan praktisi Teknologi Laboratorium Medis.

## **Kesimpulan**

---

Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan penyakit dalam populasi dengan tujuan utama pencegahan dan pengendalian penyakit. Sejarahnya berkembang dari observasi sederhana pada zaman kuno hingga metodologi ilmiah modern yang dipelopori oleh tokoh seperti John Snow. Dalam ilmu Teknologi Laboratorium Medis, epidemiologi menjadi kerangka penting dalam memahami dan menginterpretasikan data laboratorium untuk mendukung kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, penguasaan prinsip-prinsip epidemiologi sangat esensial bagi tenaga laboratorium medis.

### **1.2 Peran Epidemiologi dalam Kesehatan Masyarakat**

#### **Pendahuluan**

---

Epidemiologi merupakan tulang punggung kesehatan masyarakat (public health) karena fungsinya dalam memahami dan mengendalikan penyakit serta masalah kesehatan pada populasi. Melalui pendekatan ilmiah dan sistematis, epidemiologi menyediakan data dan informasi yang sangat penting bagi perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi program kesehatan masyarakat. Tanpa pemahaman epidemiologi, upaya peningkatan kesehatan masyarakat akan bersifat spekulatif dan kurang tepat sasaran.

Kesehatan masyarakat merupakan disiplin yang berfokus pada peningkatan kesehatan populasi melalui upaya pencegahan penyakit, promosi kesehatan, dan perlindungan kesehatan. Epidemiologi menjadi alat utama dalam kegiatan ini karena mampu mengidentifikasi faktor risiko penyakit, menentukan kelompok populasi yang rentan, serta menganalisis pola penyebaran penyakit (Friis & Sellers, 2020).

Melalui studi epidemiologi, berbagai masalah kesehatan dapat diidentifikasi dan dipahami, termasuk penyakit menular, penyakit tidak menular, kecelakaan, serta masalah lingkungan dan sosial yang mempengaruhi kesehatan. Misalnya,

epidemiologi telah memainkan peran penting dalam mengungkap hubungan antara merokok dan kanker paru-paru, obesitas dengan diabetes, dan pola diet dengan penyakit kardiovaskular (Gordis, 2014).

## **Peran Epidemiologi dalam Pencegahan dan Pengendalian Penyakit**

---

Salah satu peran utama epidemiologi adalah dalam pencegahan dan pengendalian penyakit. Data epidemiologi memungkinkan petugas kesehatan masyarakat untuk mengidentifikasi penyebab utama penyakit dan faktor risiko yang dapat dimodifikasi. Dengan demikian, intervensi dapat dirancang untuk menghilangkan atau mengurangi faktor risiko tersebut (CDC, 2012).

Contoh nyata peran epidemiologi adalah pengendalian wabah penyakit menular. Melalui surveilans epidemiologi, kasus-kasus penyakit dilacak dan dipetakan sehingga sumber dan jalur penularan dapat diidentifikasi. Data laboratorium, yang merupakan bagian integral dari epidemiologi, sangat penting dalam mengonfirmasi diagnosis dan memonitor perubahan agen penyebab, seperti resistensi antibiotik (WHO, 2008).

Selain itu, epidemiologi juga digunakan untuk menilai efektivitas program imunisasi, kampanye pencegahan, dan intervensi kesehatan lainnya. Dengan mengumpulkan data sebelum dan sesudah program, epidemiolog dapat mengevaluasi dampak nyata dari intervensi tersebut dan memberikan rekomendasi untuk perbaikan (Friis & Sellers, 2020).

## **Epidemiologi dan Kebijakan Kesehatan**

---

Epidemiologi menyediakan bukti ilmiah yang menjadi dasar bagi pembuatan kebijakan kesehatan yang efektif dan efisien. Data epidemiologi digunakan oleh

pemerintah dan lembaga kesehatan untuk merumuskan strategi nasional dalam mengatasi masalah kesehatan masyarakat (Porta, 2014).

Sebagai contoh, epidemiologi membantu menentukan prioritas alokasi sumber daya kesehatan berdasarkan beban penyakit di suatu wilayah. Negara-negara dengan prevalensi tinggi tuberkulosis atau malaria, misalnya, akan memfokuskan sumber daya untuk program pengendalian penyakit tersebut. Data epidemiologi juga memandu penetapan standar kesehatan, regulasi lingkungan, dan program promosi kesehatan (WHO, 2010).

## **Peran Epidemiologi dalam Surveilans Kesehatan**

---

Surveilans kesehatan adalah kegiatan pengumpulan, analisis, dan interpretasi data kesehatan secara terus-menerus yang merupakan aspek penting dalam epidemiologi. Sistem surveilans yang baik memungkinkan deteksi dini kasus penyakit, pemantauan tren penyakit, dan respons cepat terhadap kejadian luar biasa (outbreak) (Teutsch & Churchill, 2000).

Dalam era globalisasi, surveilans epidemiologi juga berperan dalam deteksi dini penyakit menular baru dan emerging infections yang dapat menyebar lintas negara dengan cepat. Contohnya adalah pengawasan terhadap virus SARS, MERS, dan baru-baru ini COVID-19 yang sangat bergantung pada data epidemiologi dan hasil laboratorium untuk memantau penyebaran penyakit dan efektivitas intervensi (WHO, 2020).

## **Kontribusi Epidemiologi dalam Penelitian Kesehatan**

---

Selain perannya dalam praktik kesehatan masyarakat, epidemiologi juga menjadi fondasi bagi penelitian kesehatan yang bertujuan memahami sebab akibat penyakit, evaluasi terapi, dan pengembangan teknologi kesehatan. Melalui desain penelitian epidemiologi yang sistematis seperti studi kohort,

studi kasus-kontrol, dan uji klinis acak, ilmuwan kesehatan dapat menguji hipotesis dan menemukan hubungan sebab-akibat (Friis & Sellers, 2020).

Penelitian epidemiologi juga berperan dalam pengembangan obat, vaksin, dan alat diagnostik yang aman dan efektif. Data epidemiologi membantu menentukan populasi target, memperkirakan kebutuhan, dan mengukur keberhasilan intervensi medis maupun kebijakan kesehatan (Gordis, 2014).

## **Peran Epidemiologi dalam Ilmu Teknologi Laboratorium Medis**

---

Dalam ilmu Teknologi Laboratorium Medis, epidemiologi menjadi kerangka yang mengintegrasikan hasil pemeriksaan laboratorium dengan gambaran epidemiologis penyakit. Laboratorium menyediakan data diagnostik yang akurat untuk konfirmasi kasus, surveilans, dan pemantauan penyakit secara real time (WHO, 2008).

Tenaga laboratorium harus memahami prinsip epidemiologi agar dapat berkontribusi optimal dalam pengendalian penyakit, mulai dari pengambilan sampel yang representatif, proses analisis, hingga interpretasi hasil yang relevan bagi pengambil keputusan kesehatan masyarakat. Dengan demikian, epidemiologi memperkuat peran laboratorium medis sebagai ujung tombak dalam sistem kesehatan masyarakat (Fraser et al., 2019).

## **Kesimpulan**

---

Peran epidemiologi dalam kesehatan masyarakat sangat luas dan mendasar. Dari pencegahan dan pengendalian penyakit, penyusunan kebijakan, surveilans, hingga penelitian kesehatan, epidemiologi memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengambilan keputusan yang efektif dan efisien. Dalam ilmu Teknologi Laboratorium Medis, pemahaman epidemiologi membantu tenaga laboratorium

memberikan data yang tidak hanya akurat secara teknis, tetapi juga bermakna dalam konteks kesehatan populasi.

### **1.3 Hubungan Epidemiologi dengan Teknologi Laboratorium Medis**

#### **Pendahuluan**

---

Epidemiologi dan teknologi laboratorium medis merupakan dua cabang ilmu yang saling melengkapi dalam upaya pemantauan, pencegahan, dan pengendalian penyakit di masyarakat. Epidemiologi menyediakan pendekatan kuantitatif dan sistematis dalam mengkaji distribusi dan determinan penyakit, sedangkan laboratorium medis menyajikan data objektif dan valid mengenai diagnosis, patogenesis, serta verifikasi penyebab penyakit. Ketika keduanya disinergikan, maka kemampuan sistem kesehatan untuk mendeteksi dini penyakit, menganalisis tren kesehatan populasi, serta mengevaluasi efektivitas intervensi akan meningkat secara signifikan.

#### **Peran Epidemiologi sebagai Ilmu Dasar**

---

Epidemiologi sebagai ilmu dasar kesehatan masyarakat bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab masalah kesehatan pada populasi. Melalui pendekatan ilmiah, epidemiologi mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk hasil pemeriksaan laboratorium, untuk menilai pola distribusi penyakit secara geografis, demografis, dan temporal (Friis & Sellers, 2020). Dalam praktiknya, data laboratorium menjadi salah satu komponen penting dalam menyusun kerangka kerja epidemiologi seperti kurva epidemi, uji hipotesis penyakit, serta evaluasi program kesehatan.

# Kontribusi Teknologi Laboratorium Medis terhadap Epidemiologi

---

Teknologi laboratorium medis berperan sebagai penyedia data yang presisi dan akurat terhadap agen penyebab penyakit. Beberapa kontribusi laboratorium terhadap epidemiologi antara lain:

## 1. Konfirmasi Diagnostik

Dalam surveilans penyakit menular, diagnosis klinis tidak selalu cukup untuk memastikan etiologi kasus. Uji laboratorium seperti kultur, mikroskopi, serologi, dan biologi molekuler digunakan untuk mengonfirmasi patogen penyebab, yang menjadi dasar klasifikasi dan pelaporan kasus (WHO, 2008).

## 2. Deteksi Wabah dan Outbreak Investigation

Dalam investigasi kejadian luar biasa (KLB), pemeriksaan laboratorium menjadi kunci untuk mendeteksi patogen secara cepat dan tepat. Misalnya, selama pandemi COVID-19, RT-PCR menjadi metode utama dalam pelacakan dan konfirmasi kasus (WHO, 2020).

## 3. Pemantauan Resistensi Obat dan Mutasi Genetik

Teknologi laboratorium digunakan untuk menganalisis perubahan sifat mikroorganisme, seperti resistensi antibiotik atau mutasi gen virus. Informasi ini sangat penting bagi epidemiolog untuk memahami dinamika penyakit dan merumuskan strategi penanganan (CDC, 2012).

## 4. Validasi dan Evaluasi Program Kesehatan

Pengujian laboratorium juga digunakan untuk menilai keberhasilan program intervensi, seperti skrining TB, HIV, atau anemia, baik secara individual maupun populasi. Data hasil laboratorium menjadi indikator kinerja yang objektif dalam evaluasi program epidemiologi.

## Contoh Integrasi Epidemiologi dan Laboratorium

### 1. Surveilans Berbasis Laboratorium (Laboratory-Based Surveillance)

Jenis surveilans ini melibatkan laboratorium dalam sistem pelaporan rutin kasus penyakit. Misalnya, dalam pengawasan penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD), konfirmasi laboratorium melalui NS1 atau IgM menjadi dasar pelaporan ke sistem surveilans nasional. Tanpa data laboratorium, pelaporan epidemiologis dapat menghasilkan underreporting atau misclassification.

### 2. Skrining Populasi Berbasis Epidemiologi

Kegiatan skrining seperti deteksi dini kanker serviks melalui pap smear atau infeksi menular seksual pada kelompok risiko tinggi menggunakan alat dan teknik laboratorium. Epidemiolog mendesain metode sampling dan populasi sasaran, sedangkan laboratorium melakukan uji validasi spesimen.

### 3. Investigasi Outbreak Berbasis PCR dan Genotyping

Dalam kasus foodborne disease, pemeriksaan spesimen makanan, feses pasien, dan lingkungan menggunakan PCR atau whole genome sequencing dapat mengidentifikasi sumber kontaminasi. Teknologi ini memungkinkan pemetaan genetik lintas lokasi yang membantu analisis epidemiologi spasial.

## **Pentingnya Kolaborasi Antardisiplin**

---

Kolaborasi antara ahli epidemiologi dan tenaga laboratorium medis sangat diperlukan untuk menghasilkan data yang kuat dan valid. Tenaga laboratorium harus memahami dasar-dasar epidemiologi agar dapat menyumbangkan data yang tepat waktu dan kontekstual, sementara epidemiolog harus memahami kapasitas dan batasan pemeriksaan laboratorium agar tidak terjadi misinterpretasi hasil. Pendekatan multidisiplin ini dikenal sebagai *One Health*

Approach, yang menekankan pentingnya kerja sama lintas sektor untuk kesehatan masyarakat secara keseluruhan (CDC, 2012).

## **Tantangan dan Peluang**

---

Beberapa tantangan dalam integrasi epidemiologi dan laboratorium antara lain keterbatasan infrastruktur laboratorium, waktu respon yang lambat, serta kurangnya komunikasi antara analis laboratorium dan epidemiolog lapangan. Di sisi lain, perkembangan teknologi seperti digital health, artificial intelligence, dan laboratorium mikrobiologi molekuler memberikan peluang besar dalam mempercepat deteksi dan analisis penyakit secara real-time.

Misalnya, aplikasi bioinformatika dalam pengolahan data sekuensing genetik memungkinkan pelacakan evolusi virus dalam waktu singkat. Data ini kemudian dipakai dalam pemodelan epidemiologi prediktif untuk memperkirakan beban penyakit di masa depan.

### **Peran Pendidikan dalam Mempersiapkan SDM Kolaboratif**

Untuk menciptakan sinergi antara epidemiologi dan laboratorium medis, diperlukan penguatan kurikulum pendidikan, terutama bagi mahasiswa Teknologi Laboratorium Medis. Mahasiswa harus dibekali dengan dasar-dasar metode epidemiologi, pemahaman statistik dasar, serta kemampuan menafsirkan data dalam konteks populasi. Sebaliknya, mahasiswa kesehatan masyarakat juga harus memahami proses dan metode kerja laboratorium agar hasil yang diperoleh dapat dimanfaatkan secara optimal.

## **Kesimpulan**

---

Epidemiologi dan teknologi laboratorium medis bukanlah bidang yang berjalan terpisah, melainkan saling melengkapi dan memperkuat dalam menjawab

tantangan kesehatan masyarakat. Hubungan keduanya terlihat nyata dalam kegiatan surveilans, outbreak investigation, skrining populasi, dan pemantauan penyakit. Sinergi antara epidemiolog dan analis laboratorium harus terus ditingkatkan melalui pelatihan bersama, komunikasi lintas disiplin, serta pemanfaatan teknologi informasi. Mahasiswa dan tenaga profesional dalam kedua bidang ini harus dibekali dengan pemahaman lintas ilmu agar dapat memberikan kontribusi maksimal dalam sistem kesehatan nasional.

## **1.4 Pentingnya Pendekatan Epidemiologi bagi Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM)**

### **Pendahuluan**

---

Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM) merupakan bagian penting dalam sistem pelayanan kesehatan, khususnya dalam mendukung kegiatan diagnostik dan surveilans penyakit. Dalam konteks kesehatan masyarakat dan pelayanan klinis, pemahaman terhadap epidemiologi bukan hanya menjadi kebutuhan akademik, tetapi juga landasan penting dalam meningkatkan kontribusi profesional TLM. Pendekatan epidemiologi memungkinkan tenaga laboratorium memahami konteks klinis dan populasi dari data yang mereka hasilkan, serta menjadikan hasil pemeriksaan lebih bermakna untuk pengambilan keputusan kesehatan masyarakat.

### **Mengapa Epidemiologi Penting untuk TLM?**

Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan dari penyakit serta masalah kesehatan pada populasi. Sedangkan TLM berperan dalam pengambilan, pengolahan, dan analisis spesimen biologis untuk tujuan diagnostik, penelitian, dan surveilans. Dengan pendekatan epidemiologi, TLM tidak hanya menjadi pelaksana teknis pemeriksaan laboratorium, tetapi juga mitra strategis dalam sistem kesehatan berbasis bukti.

Menurut World Health Organization (2008), integrasi antara data laboratorium dan informasi epidemiologi menjadi pilar dalam sistem surveilans penyakit menular, termasuk untuk respons terhadap kejadian luar biasa (KLB) dan penyakit infeksi emerging. Dengan demikian, pendekatan epidemiologi dapat mengarahkan TLM dalam menyusun sistem kerja yang lebih sensitif terhadap kebutuhan kesehatan masyarakat.

### **Kontribusi TLM dalam Konteks Epidemiologi**

TLM sering menjadi lini pertama dalam mendeteksi penyakit melalui pemeriksaan laboratorium. Ketika dikombinasikan dengan data epidemiologi, hasil pemeriksaan dapat memberikan gambaran tren dan distribusi penyakit dalam suatu populasi. Misalnya, peningkatan kasus malaria yang terdeteksi di laboratorium harus dikaitkan dengan lokasi geografis, faktor risiko lingkungan, serta kondisi sosial masyarakat agar bisa dirumuskan intervensi yang tepat.

Teutsch & Churchill (2000) menekankan bahwa surveilans epidemiologi tidak dapat berjalan efektif tanpa dukungan data laboratorium yang akurat dan tepat waktu. TLM, dalam hal ini, menjadi penyedia data utama bagi epidemiolog, khususnya dalam kasus penyakit menular, resistensi antimikroba, dan deteksi patogen baru.

### **Pendekatan Epidemiologi dalam Praktik TLM Sehari-hari**

---

- Dalam praktik sehari-hari, banyak kegiatan TLM yang secara tidak langsung memerlukan prinsip epidemiologi. Contohnya:
- Pengambilan sampel representatif: Pendekatan epidemiologi mengajarkan pentingnya metode pengambilan sampel yang dapat mewakili populasi target, terutama dalam skrining massal atau survei prevalensi.

- Interpretasi data hasil laboratorium: Data laboratorium harus dikaji tidak hanya secara individual, tetapi juga dalam tren waktu, lokasi, dan kelompok populasi tertentu.
- Analisis tren dan insidensi penyakit: Tenaga TLM dapat berkontribusi dalam analisis data longitudinal untuk melihat perubahan pola penyakit dari waktu ke waktu.
- Peningkatan kewaspadaan dini: Dengan pengetahuan epidemiologi, TLM dapat mengenali peningkatan jumlah kasus tertentu sebagai sinyal awal KLB.

## **Peran dalam Sistem Surveilans Terpadu**

---

TLM yang memahami epidemiologi dapat berperan dalam sistem surveilans terpadu berbasis laboratorium. Misalnya, surveilans resistensi antimikroba seperti AMR (Antimicrobial Resistance) sangat tergantung pada hasil pemeriksaan laboratorium. Data ini kemudian dipadukan dengan informasi epidemiologi (usia pasien, lokasi geografis, riwayat pengobatan) untuk menentukan pola dan tren resistensi.

Surveilans penyakit zoonotik, infeksi rumah sakit (HAIs), dan program deteksi dini juga sangat membutuhkan kolaborasi antara epidemiolog dan TLM. Di sinilah pendekatan epidemiologi memberi landasan konseptual agar TLM dapat menyusun sistem kerja laboratorium yang efisien dan responsif terhadap isu kesehatan global.

Salah satu kekuatan epidemiologi adalah menyediakan bukti untuk pengambilan keputusan. Ketika TLM terlibat dalam kegiatan audit laboratorium, validasi metode, atau penelitian operasional, pengetahuan epidemiologi sangat dibutuhkan untuk menyusun hipotesis, memilih desain penelitian, dan menginterpretasikan hasil.

Menurut Friis & Sellers (2020), tenaga laboratorium yang memahami metode epidemiologi dapat berkontribusi dalam publikasi ilmiah, pengembangan

pedoman teknis, dan evaluasi program berbasis laboratorium. Ini sangat penting untuk meningkatkan profesionalisme dan pengakuan terhadap profesi TLM sebagai mitra dalam sistem kesehatan berbasis bukti.

Era kesehatan global saat ini menuntut pendekatan interdisipliner. Tenaga TLM, dokter, epidemiolog, ahli kesehatan masyarakat, dan manajer program harus bekerja sama dalam satu ekosistem pelayanan dan pengendalian penyakit. Pendekatan epidemiologi memberikan bahasa dan kerangka kerja yang sama agar TLM dapat lebih aktif dalam tim lintas sektor. Sebagai contoh, dalam tim investigasi wabah, TLM bukan hanya penyedia hasil laboratorium, tetapi juga dapat memberi masukan terkait validitas hasil, interpretasi klinis, dan rencana tindak lanjut pemeriksaan. Kemampuan ini hanya mungkin dicapai jika TLM memiliki pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar epidemiologi, seperti bias, variabel pengganggu, populasi target, dan validitas eksternal.

## **Penting untuk Pendidikan dan Pengembangan Karier**

---

Pendidikan TLM perlu memasukkan muatan epidemiologi sebagai bagian integral kurikulum. Hal ini tidak hanya memperkuat kompetensi akademik, tetapi juga menyiapkan lulusan agar siap berperan dalam sistem kesehatan berbasis bukti. Di banyak negara, pemahaman epidemiologi menjadi prasyarat dalam sertifikasi laboratorium kesehatan masyarakat atau dalam pelatihan surveilans penyakit menular.

Porta (2014) juga mencatat bahwa epidemiologi adalah landasan penting dalam pelatihan tenaga kesehatan masa depan yang adaptif terhadap tantangan global seperti perubahan iklim, penyakit emerging, dan krisis kesehatan masyarakat.

## Kesimpulan

---

Pendekatan epidemiologi sangat penting bagi tenaga Teknologi Laboratorium Medis dalam meningkatkan kontribusi terhadap sistem kesehatan masyarakat. Dengan memahami epidemiologi, TLM dapat:

- Memberikan data laboratorium yang kontekstual dan bermakna,
- Berperan dalam surveilans dan deteksi dini penyakit,
- Berkontribusi dalam penelitian dan kebijakan berbasis bukti,
- Bekerja sama secara efektif dalam tim multidisipliner kesehatan masyarakat.

Dengan demikian, penguatan kapasitas epidemiologi pada tenaga TLM merupakan langkah strategis dalam membangun sistem kesehatan yang tangguh, adaptif, dan responsif terhadap dinamika penyakit di masyarakat.

---

Berikut adalah 2 contoh kasus/wabah yang menunjukkan kontribusi nyata laboratorium dalam penyelidikan epidemiologi, sesuai dengan Bab 1: Pendahuluan Epidemiologi dalam Ilmu Teknologi Laboratorium Medis.

### Kasus 1

#### **Wabah Kolera di Palu, Sulawesi Tengah (2016)**

Kontribusi Laboratorium: Konfirmasi Cepat Agen Penyebab dan Sumber Penularan

Latar Belakang:

Pada awal 2016, terjadi peningkatan kasus diare akut di beberapa wilayah pesisir Kota Palu. Gejala klinis berupa diare berair, muntah, dan dehidrasi berat menunjukkan dugaan kuat ke arah kolera. Laporan awal menunjukkan lebih dari 70 kasus dengan 3 kematian dalam waktu seminggu.

Peran Epidemiologi dan Laboratorium:

Konsep Pendekatan Epidemiologi  
dalam Ilmu Teknologi Laboratorium Medis

- Tim surveilans epidemiologi mengidentifikasi kluster kasus di satu kecamatan padat penduduk dengan akses air bersih yang terbatas.
- Tim laboratorium Dinas Kesehatan segera mengumpulkan spesimen feses dari pasien yang baru datang ke fasilitas kesehatan.
- Pemeriksaan mikroskopis awal dilakukan untuk mendeteksi bakteri berbentuk koma (dugaan *Vibrio cholerae*).
- Uji konfirmasi dengan kultur dan uji aglutinasi di laboratorium rujukan provinsi mengidentifikasi *Vibrio cholerae* O1 serotipe Inaba sebagai penyebab.
- Hasil laboratorium digunakan untuk mendukung keputusan cepat distribusi cairan rehidrasi oral dan antibiotik, serta penutupan sementara sumber air dari sumur umum yang terkontaminasi.

Pembelajaran:

- Konfirmasi laboratorium dalam waktu 48 jam sangat krusial untuk:
- Memastikan diagnosis kolera (membedakan dari diare akibat rotavirus atau *E. coli*),
- Menentukan strain untuk keperluan surveilans nasional,
- Memberikan bukti kuat kepada otoritas daerah agar segera mengintervensi sanitasi lingkungan.

## **Kasus 2: Wabah Hepatitis A di Sekolah Menengah di Sleman, DIY (2019)**

Kontribusi Laboratorium: Identifikasi Sumber dan Karakteristik Wabah

Latar Belakang:

Sekitar akhir Oktober 2019, lebih dari 50 siswa dari satu SMA di Sleman mengalami gejala demam, mual, dan mata kuning. Kejadian ini memicu kekhawatiran komunitas dan pemerintah lokal akan adanya wabah penyakit menular.

### Peran Epidemiologi dan Laboratorium:

- Dinas Kesehatan DIY melakukan penyelidikan epidemiologi cepat dan menyusun linelist kasus berdasarkan onset gejala.
- Tim laboratorium mengambil sampel darah dari 20 siswa dan melakukan uji IgM anti-HAV.
- Hasil menunjukkan 17 dari 20 sampel positif Hepatitis A IgM, mengonfirmasi adanya transmisi aktif virus hepatitis A.
- Pemeriksaan sanitasi terhadap kantin sekolah menemukan satu pekerja kantin yang positif HAV dan memiliki kebiasaan buruk dalam mencuci tangan.
- Data laboratorium digunakan untuk mendukung isolasi kasus, penutupan sementara kantin sekolah, serta edukasi tentang kebersihan tangan dan makanan.

### Pembelajaran:

Laboratorium menjadi kunci dalam mengidentifikasi penyebab pasti gejala hepatitis, membedakan dari hepatitis B atau E.

Hasil ini membantu pengambilan tindakan tepat sasaran dan pencegahan penularan lebih luas.

Wabah ini menegaskan peran sinergis antara investigasi epidemiologi lapangan dan konfirmasi laboratorium.

---

### **Kesimpulan Umum dari Dua Kasus:**

Dalam kedua contoh tersebut ialah adanya pendekatan epidemiologi digunakan untuk mendeteksi, melacak, dan menggambarkan pola kejadian penyakit.

Laboratorium medis memberikan konfirmasi etiologi yang tidak bisa dilakukan hanya dengan gejala klinis, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti untuk intervensi yang cepat dan akurat.

## Latihan Soal

Soal ini dapat digunakan untuk mengukur pemahaman mahasiswa dalam mengaitkan konsep epidemiologi dan peran laboratorium medis dalam penyelidikan wabah.

---

### Studi Kasus 1: Wabah Kolera di Palu

Kasus:

Pada Januari 2016, terjadi peningkatan jumlah pasien diare akut di wilayah pesisir Kota Palu. Gejala utama adalah diare berair tanpa darah, muntah, dan dehidrasi. Tim surveilans dari Puskesmas melaporkan 73 kasus dalam waktu 6 hari. Pemeriksaan laboratorium terhadap sampel feses di RS rujukan mengidentifikasi *Vibrio cholerae* serotipe Inaba. Sumber air minum masyarakat berasal dari sumur dangkal yang berdekatan dengan saluran limbah.

Pertanyaan:

1. Apa jenis studi epidemiologi yang paling tepat digunakan pada tahap awal penyelidikan wabah tersebut? Jelaskan alasannya.
2. Apa peran penting laboratorium dalam kasus ini?
3. Mengapa identifikasi agen penyebab melalui pemeriksaan laboratorium sangat penting dalam pengendalian wabah ini?
4. Sebutkan dua langkah intervensi berbasis bukti yang seharusnya dilakukan oleh otoritas kesehatan berdasarkan data epidemiologi dan hasil laboratorium!
5. Bagaimana keterlibatan tenaga TLM dapat mempengaruhi kecepatan dan ketepatan respons epidemiologi dalam kasus ini?

## Studi Kasus 2: Wabah Hepatitis A di Sekolah

Kasus:

Pada Oktober 2019, 52 siswa dari sebuah SMA di Sleman mengalami demam, lemas, nyeri perut, dan mata menguning. Beberapa siswa mengaku membeli makanan dari kantin sekolah yang dioperasikan oleh satu pedagang tetap. Dinas Kesehatan mengambil 20 sampel darah dan melakukan uji IgM anti-HAV, dengan hasil 85% positif. Pedagang kantin juga dinyatakan positif HAV.

Pertanyaan:

1. Jelaskan bagaimana prinsip surveilans aktif dapat diterapkan pada kasus ini!
2. Apa jenis spesimen yang paling sesuai untuk diagnosis Hepatitis A, dan mengapa?
3. Bagaimana hubungan antara faktor sanitasi dan hasil pemeriksaan laboratorium dalam menentukan sumber penularan?
4. Sebutkan dua rekomendasi kebijakan jangka pendek yang dapat dilakukan untuk mencegah penyebaran lebih lanjut!
5. Sebagai tenaga laboratorium medis, bagaimana Anda memastikan kualitas dan validitas hasil pemeriksaan selama kejadian luar biasa ini?

## Glosarium

---

- Epidemiologi : Ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan masalah kesehatan dalam populasi.
- Surveilans : Proses pengamatan sistematis terhadap kejadian penyakit untuk keperluan pengendalian.
- Laboratorium medis : Unit pelayanan kesehatan yang melakukan pemeriksaan diagnostik untuk mendukung diagnosis.

## Referensi

---

- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2006). *Basic Epidemiology* (2nd ed.). World Health Organization.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2012). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Fraser, A., Macdonald, D., & Hudson, S. (2019). *Laboratory Medicine and Epidemiology*. Wiley-Blackwell.
- Fraser, C. M., & Bergeron, G. (2019). *Laboratory Medicine and Public Health: Partnering for Population Health*. Academic Press.
- Friis, R. H., & Sellers, T. A. (2020). *Epidemiology for Public Health Practice* (6th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5th ed.). Elsevier Saunders.
- Graunt, J. (1662). *Natural and Political Observations Made upon the Bills of Mortality*. London.
- Kementerian Kesehatan RI. (2020). *Modul Pelatihan Epidemiologi Lapangan Dasar (Epidemiologi Deskriptif)*. Jakarta: Ditjen P2P, Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2020). *Pedoman Surveilans Epidemiologi Penyakit Menular*. Jakarta: Ditjen P2P, Kemenkes.
- World Health Organization (WHO). (2010). *Strengthening Public Health Surveillance Systems to Meet Global Health Security Objectives*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Laboratory testing strategy recommendations for COVID-19*. Geneva: WHO.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Responding to community spread of COVID-19*.

## Bab 2

### Prinsip Dasar Epidemiologi

---

Bab ini membahas prinsip-prinsip dasar dalam ilmu epidemiologi yang menjadi pondasi utama dalam memahami cara penyakit menyebar, bagaimana pola distribusinya di masyarakat, serta faktor-faktor apa saja yang mempengaruhinya. Pemahaman terhadap prinsip dasar ini sangat penting bagi mahasiswa dan tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM), agar mereka dapat mengaitkan hasil pemeriksaan laboratorium dengan konteks populasi dan kondisi kesehatan masyarakat secara lebih luas. Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari distribusi (siapa, di mana, dan kapan penyakit terjadi) dan determinannya (apa yang menyebabkan dan mempengaruhi penyakit) dalam kelompok populasi, dan penerapannya untuk mengendalikan masalah kesehatan (Gordis, 2014). Konsep ini menjadi dasar dalam menentukan apakah suatu penyakit terjadi secara normal, meningkat, atau berada dalam kondisi kejadian luar biasa (KLB).

Bab ini memperkenalkan segitiga epidemiologi yang terdiri dari tiga komponen utama: host (pejamu), agent (penyebab), dan environment (lingkungan). Interaksi ketiganya menentukan apakah suatu penyakit akan terjadi atau tidak. Misalnya, pada kasus infeksi cacing tambang, agent-nya adalah larva *Ancylostoma duodenale*, host-nya adalah manusia, dan lingkungan yang mendukung penularan adalah tanah yang lembap dan terkontaminasi.

Selanjutnya, dibahas pula tentang rantai penularan, yang mencakup sumber infeksi, cara transmisi, dan pintu masuk ke dalam tubuh host. Bagi tenaga TLM, memahami rantai ini penting dalam upaya pemutusan transmisi penyakit, baik melalui edukasi, sanitasi, maupun deteksi laboratorium. Jenis-jenis studi epidemiologi dijelaskan sebagai pendekatan untuk menyelidiki pola penyakit. Epidemiologi deskriptif menggambarkan distribusi penyakit berdasarkan waktu, tempat, dan orang, sedangkan epidemiologi analitik

mengeksplorasi hubungan kausal antara paparan dan outcome. Selain itu, epidemiologi eksperimental digunakan untuk menguji efektivitas intervensi kesehatan, seperti uji klinis vaksin.

Mahasiswa TLM juga diperkenalkan pada konsep endemik, epidemi, dan pandemi, serta cara epidemiologi digunakan untuk mendeteksi tren penyakit. Dalam praktiknya, laboratorium medis memiliki peran penting sebagai penghasil data primer yang digunakan dalam studi-studi epidemiologi tersebut.

Dengan memahami prinsip dasar ini, mahasiswa akan mampu melihat peran laboratorium bukan sekadar sebagai penyedia data hasil uji, tetapi sebagai bagian penting dari sistem surveilans dan pengendalian penyakit. Misalnya, dalam penyelidikan wabah diare, hasil uji mikrobiologi dari laboratorium akan memberikan petunjuk apakah penyebabnya adalah *E. coli*, *Shigella*, atau *Vibrio cholerae*, yang selanjutnya dianalisis bersama faktor lingkungan dan pola konsumsi masyarakat.

Bab ini mengajak mahasiswa berpikir sistematis dan integratif dalam memahami suatu penyakit, tidak hanya dari sisi individu, tetapi dalam kerangka populasi. Pemahaman prinsip dasar epidemiologi ini juga akan mempermudah dalam memahami bab-bab selanjutnya yang lebih aplikatif, seperti pengukuran frekuensi penyakit, surveilans, dan interpretasi hasil laboratorium dalam konteks epidemiologi.

## **Tujuan**

---

Bab ini bertujuan memberikan pemahaman dasar tentang epidemiologi kepada tenaga Teknologi Laboratorium Medik (TLM), dengan rincian sebagai berikut:

1. Memberikan pengertian dan gambaran umum tentang epidemiologi.
2. Menjelaskan hubungan antara host, agen, dan lingkungan dalam proses penyebaran penyakit.

3. Memahami rantai penularan penyakit serta strategi pemutusan rantai tersebut.
4. Menjelaskan jenis-jenis studi epidemiologi untuk mendukung praktik berbasis bukti (evidence-based practice) dalam laboratorium.
5. Meningkatkan kontribusi tenaga TLM dalam sistem surveilans penyakit menular dan tidak menular.

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

---

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan:

1. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar epidemiologi serta sejarah perkembangannya dalam konteks kesehatan masyarakat.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan hubungan antara host, agen, dan lingkungan dalam penyebaran penyakit.
3. Mahasiswa mampu menggambarkan dan menjelaskan rantai penularan penyakit serta strategi pemutusannya.
4. Mahasiswa mampu mengidentifikasi dan membedakan jenis-jenis studi epidemiologi (deskriptif, analitik, eksperimental) serta peran data laboratorium di dalamnya.

## Indikator Pencapaian Pembelajaran

---

1. Mahasiswa dapat mendefinisikan epidemiologi dari segi etimologis dan operasional.
2. Mahasiswa dapat memberi contoh penyakit berdasarkan interaksi *host-agent-environment*.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan berbagai cara penularan penyakit (kontak langsung, droplet, vektor, dll).

4. Mahasiswa dapat menyebutkan contoh nyata masing-masing jenis studi di bidang kesehatan masyarakat.
5. Mahasiswa dapat menjelaskan hubungan antara data laboratorium dan validitas studi epidemiologi.
6. Mahasiswa dapat menjelaskan peran TLM dalam pengumpulan dan validasi data untuk studi epidemiologi.

## **Kata Kunci**

---

- Epidemiologi
- Host (Inang)
- *Agent* (Agen)
- *Environment* (Lingkungan)
- Rantai Penularan
- Studi Deskriptif
- Studi Analitik
- Studi Eksperimental
- Surveilans

## **Waktu Belajar yang Disarankan**

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 2.1 Konsep Penyakit dan Proses Epidemiologi

### Pendahuluan

---

Epidemiologi merupakan ilmu dasar dalam kesehatan masyarakat yang mempelajari distribusi dan determinan penyakit di populasi serta penerapan pengetahuan tersebut untuk pengendalian masalah kesehatan (Gordis, 2014). Kata “epidemiologi” berasal dari bahasa Yunani: epi (di atas), demos (penduduk), dan logos (ilmu), yang secara harfiah berarti ilmu tentang apa yang menimpa penduduk. Dalam epidemiologi, penyakit tidak hanya dilihat sebagai suatu kondisi klinis, melainkan sebagai hasil interaksi kompleks antara individu, agen penyebab, dan lingkungan. Konsep ini mencakup berbagai faktor yang berkontribusi terhadap munculnya dan menyebarnya suatu penyakit dalam suatu populasi.

Epidemiologi secara umum didefinisikan sebagai studi tentang distribusi dan determinan keadaan atau peristiwa kesehatan dalam populasi tertentu, serta penerapan studi tersebut untuk mengendalikan masalah kesehatan (*Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 2012*).

Proses epidemiologi biasanya dimulai dari identifikasi suatu masalah kesehatan, pengumpulan data, analisis data, interpretasi, hingga pengambilan keputusan untuk intervensi kesehatan. Dalam konteks TLM, proses ini sangat erat kaitannya dengan kegiatan diagnosis laboratorium, pelaporan hasil, serta penyediaan data yang menjadi dasar dalam pengambilan keputusan klinis maupun kebijakan publik. Perkembangan awal epidemiologi modern dimulai pada abad ke-19, ditandai dengan penelitian John Snow mengenai wabah kolera di London. Dengan menggunakan pendekatan observasional dan pemetaan kasus, ia membuktikan bahwa wabah kolera ditularkan melalui air yang terkontaminasi, bukan udara seperti kepercayaan saat itu (Gordis, 2014).

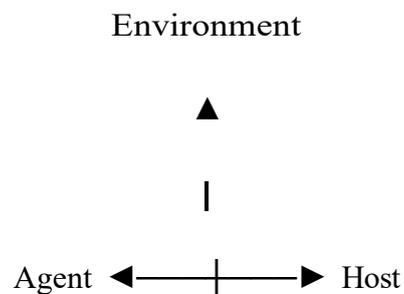
Konsep penyakit dalam epidemiologi tidak hanya sebatas keberadaan patogen dalam tubuh, melainkan interaksi kompleks antara inang, agen penyebab, dan

lingkungan. Epidemiologi memandang penyakit sebagai kejadian yang dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga pemahaman terhadap penyebaran dan pencegahannya menjadi penting bagi tenaga TLM yang berada di garis depan pemeriksaan laboratorium.

Tenaga TLM memiliki peran sentral dalam mendeteksi, memantau, dan mengkonfirmasi keberadaan agen penyebab penyakit, sehingga pemahaman proses epidemiologi menjadi krusial dalam meningkatkan efektivitas diagnosis dan intervensi (Bonita et al., 2006).

## 2.2 Host, Agent, dan Environment dalam Penyebaran Penyakit

---



Salah satu konsep paling mendasar dalam epidemiologi adalah segitiga epidemiologi (epidemiologic triad), yaitu model klasik yang menggambarkan hubungan antara tiga unsur penting dalam proses timbulnya penyakit: host (inang), agent (agen penyebab), dan environment (lingkungan). Interaksi ketiga komponen ini menentukan apakah penyakit akan muncul dan menyebar dalam suatu populasi (Gordis, 2014).

1. **Host (Inang):** Individu yang rentan terhadap penyakit. Faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, status imun, genetika, dan perilaku mempengaruhi kerentanan host.
2. **Agent (Agen):** Penyebab penyakit, bisa berupa biologis (virus, bakteri), kimia (racun), atau fisik (radiasi).
3. **Environment (Lingkungan):** Faktor eksternal yang memungkinkan terjadinya kontak antara host dan agen, seperti iklim, sanitasi, kepadatan penduduk, dan kondisi sosial ekonomi.

## **Host (Inang)**

Host adalah individu atau organisme hidup yang dapat menjadi tempat berkembangnya agen penyakit. Faktor-faktor pada host yang memengaruhi kerentanan terhadap infeksi antara lain:

- Usia: Anak-anak dan lansia memiliki sistem imun yang lebih lemah dibanding dewasa muda.
- Jenis kelamin: Beberapa penyakit memiliki prevalensi berbeda antara pria dan wanita karena perbedaan hormonal atau perilaku.
- Status imun: Orang dengan imunitas lemah (misalnya penderita HIV/AIDS) lebih rentan terhadap infeksi oportunistik.
- Status gizi: Kekurangan gizi dapat melemahkan pertahanan tubuh terhadap penyakit.
- Kebiasaan hidup: Merokok, konsumsi alkohol, dan gaya hidup sedentari meningkatkan risiko berbagai penyakit kronis maupun infeksi (Park, 2015).

Pemahaman tentang faktor host sangat penting bagi tenaga TLM, terutama saat melakukan interpretasi hasil laboratorium. Misalnya, nilai referensi hemoglobin bisa bervariasi antara anak-anak, dewasa, dan wanita hamil. Oleh karena itu, konteks host harus selalu diperhitungkan dalam penilaian laboratorium (Bonita et al., 2006).

## **Agent (Agen Penyebab)**

Agent adalah faktor penyebab langsung suatu penyakit. Agen bisa berupa:

- Biologis: Bakteri, virus, jamur, parasit (misalnya *Mycobacterium tuberculosis*, *Plasmodium falciparum*, HIV).
- Kimia: Racun, logam berat, pestisida.
- Fisik: Radiasi, panas ekstrem, trauma.
- Nutrisi: Kekurangan atau kelebihan zat gizi tertentu.

Karakteristik agen yang memengaruhi potensi menyebabkan penyakit antara lain:

- Infektivitas: Kemampuan agen untuk masuk dan berkembang biak dalam inang.
- Patogenisitas: Kemampuan agen untuk menyebabkan penyakit klinis.
- Virulensi: Tingkat keparahan penyakit yang ditimbulkan.
- Toksisitas: Kemampuan agen (biasanya kimia) untuk menghasilkan zat beracun.
- Immunogenisitas: Kemampuan agen untuk memicu respon imun dalam host (Beaglehole et al., 2004).

Sebagai tenaga laboratorium, TLM bertugas mengidentifikasi keberadaan agen ini melalui berbagai metode, seperti pewarnaan Gram, kultur, uji biokimia, ELISA, PCR, dan lainnya. Keakuratan identifikasi agen sangat penting dalam pengendalian wabah (CDC, 2022).

### ***Environment (Lingkungan)***

Lingkungan adalah faktor eksternal yang mempengaruhi peluang host dan agent untuk saling berinteraksi. Lingkungan dapat bersifat:

- Fisik: Iklim, suhu, kelembaban, sanitasi air dan udara.
- Biologis: Kehadiran vektor seperti nyamuk atau tikus.
- Sosial ekonomi: Kepadatan penduduk, akses layanan kesehatan, pendidikan, dan perilaku masyarakat.

Sebagai contoh, daerah dengan sanitasi buruk dan padat penduduk cenderung memiliki angka kejadian diare yang lebih tinggi karena peningkatan kemungkinan paparan agen infeksius melalui air yang terkontaminasi (Park, 2015). Tenaga TLM perlu memahami bahwa hasil pemeriksaan laboratorium seringkali dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti:

- Penyimpanan spesimen yang tidak sesuai suhu dapat menurunkan validitas hasil kultur.
- Tingginya suhu lingkungan bisa mempercepat degradasi biomolekul dalam sampel darah atau urin.

Oleh karena itu, selain memahami teknik laboratorium, TLM harus mempertimbangkan aspek lingkungan untuk memastikan kualitas hasil pemeriksaan (Gordis, 2014).

## **Q Aplikasi Segitiga Epidemiologi dalam Praktik TLM**

---

Dalam konteks praktik TLM, segitiga epidemiologi bisa digunakan untuk:

- Menentukan prioritas pemeriksaan: Misalnya, pada daerah dengan banyak genangan air (lingkungan), munculnya banyak kasus demam (host), dan banyak nyamuk *Aedes aegypti* (agen), maka pemeriksaan NS1 antigen atau IgM dengue menjadi prioritas.
- Mengidentifikasi sumber penularan dalam outbreak: Kombinasi informasi dari hasil laboratorium (agen), data pasien (host), dan kondisi lingkungan sangat penting dalam penanganan kejadian luar biasa (KLB).
- Penerapan biosafety dan biosecurity: Memahami interaksi ketiga faktor ini membantu TLM mencegah kontaminasi silang dan infeksi laboratorium.

## 2.3 Rantai Penularan dan Upaya Pemutusan

---

Rantai penularan (chain of infection) adalah model epidemiologi yang menjelaskan bagaimana suatu penyakit menular dari satu individu ke individu lain. Memahami komponen-komponen dalam rantai penularan penting bagi tenaga laboratorium medik (TLM), karena dapat membantu dalam mengidentifikasi titik-titik kritis yang dapat diintervensi untuk mencegah dan mengendalikan penyebaran penyakit.

Menurut CDC (2022), terdapat enam komponen utama dalam rantai penularan:

### 1. Agen Infeksius (Infectious Agent)

Merupakan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit, seperti bakteri (*Mycobacterium tuberculosis*), virus (Influenza virus), jamur (*Candida albicans*), dan parasit (*Plasmodium spp.*). Contoh intervensi: identifikasi cepat agen melalui kultur, PCR, atau rapid test (Gordis, 2014).

### 2. Reservoir

Tempat hidup dan berkembangnya agen sebelum menginfeksi inang. Reservoir bisa berupa manusia (carrier), hewan, maupun lingkungan (tanah, air). Contoh intervensi: pengobatan pada carrier (manusia dengan infeksi laten), sterilisasi peralatan medis, pengendalian vektor hewan (Park, 2015).

### 3. Portal Keluar (*Portal of Exit*)

Jalur di mana agen meninggalkan reservoir menuju inang baru, seperti saluran pernapasan, urin, darah, atau luka terbuka. Contoh intervensi: penggunaan masker oleh pasien TB, perban pada luka infeksius (Bonita et al., 2006).

### 4. Cara Penularan (*Mode of Transmission*)

Mekanisme perpindahan agen dari satu host ke host lainnya. Umumnya dibagi menjadi penularan langsung: melalui kontak fisik, seperti bersalaman, hubungan seksual dan penularan tidak langsung; Airborne: partikel udara kecil

(misal TB, campak), Droplet: percikan ludah saat batuk/bersin (influenza, COVID-19), Vektor: melalui nyamuk (dengue, malaria), Fomites: benda mati yang terkontaminasi (termometer, sputum). Contoh intervensi: disinfeksi alat medis, isolasi pasien, edukasi etika batuk, pengendalian vektor (CDC, 2022).

#### 5. Portal Masuk (*Portal of Entry*)

Jalur masuk agen ke tubuh inang, bisa sama dengan portal keluar, seperti mukosa hidung, luka terbuka, atau saluran pencernaan. Contoh intervensi: APD (masker, sarung tangan), vaksinasi hepatitis B bagi tenaga medis (Park, 2015).

#### 6. Host yang Rentan (*Susceptible Host*)

Individu dengan kekebalan tubuh rendah, seperti bayi, lansia, pasien dengan penyakit kronis, atau yang belum divaksinasi. Contoh intervensi: imunisasi, peningkatan status gizi, pengobatan profilaksis (Beaglehole et al., 2004).

## Peran Strategis TLM dalam Rantai Penularan

---

- Tenaga Laboratorium Medik memiliki peran krusial di berbagai titik rantai penularan:
- Identifikasi agen dengan cepat melalui uji diagnostik presisi (PCR, ELISA, kultur).
- Monitoring reservoir melalui surveilans mikrobiologis pada pasien rawat inap dan lingkungan rumah sakit.
- Konfirmasi transmisi melalui genotyping mikroorganisme untuk melihat kesamaan strain antar kasus (molecular epidemiology).
- Memberikan data kepada tim klinis dan epidemiologis sebagai dasar intervensi yang cepat dan tepat.
- Pemutusan rantai penularan tidak bisa dilakukan tanpa dukungan diagnostik yang valid dan akurat dari laboratorium. Oleh karena itu, integrasi kerja TLM dalam sistem epidemiologi wajib diperkuat (Gordis, 2014).

## Kesimpulan

---

Rantai penularan adalah kerangka penting dalam memahami penyebaran penyakit menular. Setiap mata rantai dapat menjadi titik intervensi untuk mencegah infeksi. Bagi tenaga TLM, pengetahuan ini menjadi dasar dalam menjalankan peran deteksi dini dan kontribusi aktif dalam pengendalian infeksi. Dalam praktiknya, kolaborasi antara tenaga laboratorium, klinisi, dan petugas kesehatan masyarakat menjadi kunci keberhasilan pemutusan rantai penularan.

## 2.4 Jenis-jenis Studi Epidemiologi (Deskriptif, Analitik, Eksperimental)

---

Epidemiologi menggunakan berbagai jenis desain studi untuk memahami pola dan penyebab penyakit. Studi-studi ini penting bagi tenaga TLM untuk memahami konteks klinis dari hasil pemeriksaan laboratorium.

### 1. Studi Deskriptif (*Descriptive Study*)

Studi ini menggambarkan distribusi penyakit menurut waktu, tempat, dan karakteristik individu. Tujuan utamanya adalah menjawab pertanyaan: siapa, kapan, dan di mana penyakit terjadi. Contoh: Pelaporan mingguan jumlah kasus demam berdarah di suatu kabupaten berdasarkan umur dan jenis kelamin. Studi ini sering digunakan sebagai dasar untuk menyusun hipotesis atau mengarahkan kebijakan surveilans. TLM dapat menyusun laporan tren positif PCR dengue berdasarkan waktu dan lokasi. Data ini dapat digunakan untuk memperingatkan potensi KLB. Studi deskriptif membantu dalam mengidentifikasi kelompok berisiko dan menyediakan dasar untuk studi lanjut (Gordis, 2014).

## 2. Studi Analitik (*Analytical Study*)

Studi analitik diperlukan untuk mengidentifikasi determinan penyakit dan mendasari kebijakan pencegahan (Bonita et al., 2006). Studi ini bertujuan menguji hipotesis tentang hubungan sebab-akibat antara faktor risiko dan penyakit. Terdapat dua jenis utama: Studi kasus-kontrol: Membandingkan kelompok yang sakit (kasus) dengan yang tidak sakit (kontrol) untuk menilai paparan masa lalu. Studi kohort: Mengikuti sekelompok orang dari awal untuk melihat siapa yang mengembangkan penyakit berdasarkan faktor risikonya. Contoh: Meneliti hubungan antara kebiasaan merokok dan kejadian kanker paru. TLM berkontribusi dalam validasi data laboratorium yang digunakan dalam analisis ini, diantaranya dapat memberikan bukti hubungan antara faktor risiko dan hasil laboratorium, TLM dapat mendukung pengumpulan data laboratorium untuk kohort atau case-control study, misalnya nilai serologi, hasil PCR, dsb (Beaglehole et al., 2004).

Jenis studi analitik:

- a. *Cohort Study* (Prospektif dan Retrospektif)
- b. *Case-Control Study* (Retrospektif)
- c. *Cross-sectional Study* (Potong lintang)

## 3. Studi Eksperimental

Studi eksperimental adalah standar emas dalam membuktikan efektivitas intervensi kesehatan (Park, 2015). Studi ini melibatkan intervensi aktif, misalnya pemberian vaksin atau pengobatan baru, lalu memantau efeknya pada kelompok tertentu (biasanya uji klinis terkontrol). Contoh: Uji coba vaksin COVID-19 pada kelompok yang divaksinasi dan kelompok kontrol. Tenaga TLM berperan dalam analisis laboratorium untuk menilai efektivitas intervensi berdasarkan respon imun atau parameter klinis lainnya (Bonita et al., 2006).

Jenis studi eksperimental:

- Randomized Controlled Trial (RCT): Subjek dibagi secara acak ke kelompok intervensi dan kontrol.
- Community Trial: Intervensi dilakukan di tingkat komunitas, bukan individu.

## **Kesimpulan**

---

Prinsip dasar epidemiologi sangat penting bagi tenaga Teknologi Laboratorium Medik karena memungkinkan pemahaman mendalam terhadap penyebaran penyakit dan kontribusi laboratorium dalam sistem kesehatan masyarakat. Dengan memahami konsep penyakit, segitiga epidemiologi, rantai penularan, dan berbagai jenis studi epidemiologi, TLM dapat menjadi garda terdepan dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit secara efektif dan berbasis bukti.

## Latihan Soal

Soal ini bertujuan untuk mengukur pemahaman Anda terhadap konsep dasar epidemiologi, khususnya terkait konsep penyakit, proses epidemiologi, komponen penyebaran penyakit (*host, agent, environment*), rantai penularan, serta jenis-jenis studi epidemiologi.

Jawablah dengan jelas, runtut, dan sesuai dengan kaidah ilmiah. Kerjakan dengan jujur dan mandiri.

---

### Soal 1:

Jelaskan secara ringkas namun jelas konsep segitiga epidemiologi dan bagaimana konsep ini dapat digunakan untuk memahami penyebaran penyakit menular!

### Soal 2:

Uraikan proses rantai penularan penyakit infeksi, dan berikan dua contoh bagaimana rantai tersebut dapat diputus oleh tenaga laboratorium medik.

### Soal 3:

Jelaskan perbedaan tiga jenis studi epidemiologi (deskriptif, analitik, eksperimental) berdasarkan tujuan dan metode pendekatannya!

### Soal 4:

Mengapa penting bagi seorang tenaga laboratorium medik memahami dasar-dasar epidemiologi, khususnya dalam mendukung kegiatan surveilans penyakit menular?

## Glosarium

---

- Segitiga Epidemiologi : Model konseptual yang menunjukkan hubungan antara host, agent, dan environment dalam penyebaran penyakit.
- Reservoir : Tempat di mana agen penyakit hidup dan berkembang biak, seperti manusia, hewan, atau lingkungan.
- Pintu Masuk/Keluar : Jalur agen penyakit masuk atau keluar dari tubuh manusia, misalnya melalui saluran napas atau kulit.
- Studi Deskriptif : Studi yang menggambarkan pola distribusi penyakit berdasarkan waktu, tempat, dan orang.
- Studi Analitik : Studi yang menyelidiki hubungan sebab-akibat antara faktor risiko dan penyakit.
- Studi Eksperimental : Studi yang melibatkan intervensi untuk mengevaluasi pengaruh terhadap kesehatan populasi.

## Referensi

---

- Beaglehole, R., Bonita, R., & Kjellstrom, T. (2004). *Basic Epidemiology* (2nd ed.). Geneva: World Health Organization.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2012). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). U.S. Department of Health and Human Services.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology* (5th ed.). Philadelphia, PA: Elsevier Saunders.
- Kementarian Kesehatan RI. (2020). *Modul Pelatihan Epidemiologi Lapangan Dasar (Epidemiologi Deskriptif)*. Jakarta: Ditjen P2P, Kemenkes RI.
- Morabia, A. (2007). *A History of Epidemiologic Methods and Concepts*. Birkhäuser.
- Park, K. (2015). *Preventive and Social Medicine* (23rd ed.). Jabalpur: Banarsidas Bhanot Publishers.
- Porta, M. (Ed.). (2014). *A Dictionary of Epidemiology* (6th ed.). Oxford University Press.
- Snow, J. (1855). *On the Mode of Communication of Cholera*. London: Churchill.
- Teutsch, S. M., & Churchill, R. E. (2000). *Principles and Practice of Public Health Surveillance*. Oxford University Press.
- World Health Organization (WHO). (2008). *Laboratory Quality Management System: Handbook*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization (WHO). (2010). *Health Systems Strengthening*.
- World Health Organization (WHO). (2020). *Infection prevention and control during health care when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected: interim guidance*.

## Bab 3

### Pengukuran dalam Epidemiologi

---

Pengukuran merupakan komponen fundamental dalam epidemiologi yang memungkinkan para tenaga kesehatan, termasuk analis laboratorium medis, untuk memahami, menilai, dan menginterpretasikan data penyakit secara sistematis. Tanpa pengukuran yang tepat, tidak mungkin untuk menentukan beban penyakit, menilai efektivitas suatu intervensi, atau menghubungkan antara faktor risiko dengan kejadian penyakit. Dalam konteks laboratorium medis, data hasil pemeriksaan menjadi bagian penting dalam membangun dasar epidemiologi berbasis bukti.

Bab ini membahas secara mendalam mengenai konsep-konsep dasar dalam pengukuran epidemiologi, mulai dari ukuran frekuensi penyakit seperti insidens dan prevalens, ukuran risiko seperti risk ratio dan odds ratio, hingga validitas tes diagnostik termasuk sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif dan negatif. Selain itu, dibahas pula bagaimana data laboratorium dapat diolah dan digunakan dalam analisis epidemiologi.

Melalui pemahaman materi dalam bab ini, mahasiswa diharapkan mampu mengaitkan hasil pemeriksaan laboratorium dengan indikator epidemiologis yang digunakan dalam penelitian, pemantauan penyakit, serta pengambilan keputusan berbasis data. Oleh karena itu, kemampuan melakukan penghitungan, interpretasi, dan penilaian validitas hasil laboratorium menjadi aspek yang sangat penting untuk dikuasai oleh calon tenaga laboratorium medis yang profesional dan berorientasi pada kesehatan masyarakat.

#### Tujuan

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan berbagai ukuran epidemiologi dasar yang digunakan dalam pengukuran penyakit dalam populasi.
2. Menghitung dan menginterpretasikan ukuran frekuensi penyakit (insidens dan prevalens).
3. Menghitung ukuran risiko seperti Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk.
4. Menilai validitas suatu uji diagnostik berdasarkan sensitivitas, spesifisitas, nilai prediktif positif dan negatif.
5. Menggunakan data laboratorium dalam analisis dan pengambilan keputusan epidemiologi.

## **Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)**

---

1. Mahasiswa memahami prinsip-prinsip dasar pengukuran dalam epidemiologi laboratorium.
2. Mahasiswa mampu menginterpretasikan data laboratorium dalam konteks epidemiologi penyakit.
3. Mahasiswa terampil dalam menghitung berbagai ukuran epidemiologi untuk mendukung diagnosis dan keputusan medis berbasis bukti.

## **Indikator Pencapaian Pembelajaran**

---

1. Mampu membedakan dan menghitung insidens dan prevalens dari data kasus.
2. Mampu menghitung dan menginterpretasikan nilai Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk.
3. Mampu menghitung sensitivitas, spesifisitas, PPV, dan NPV dari hasil laboratorium
4. Mampu menyajikan dan menjelaskan hasil epidemiologi berbasis data laboratorium.

## Kata Kunci

---

- Insidens
- Prevalens
- Ukuran frekuensi
- Epidemiologi deskriptif
- Populasi berisiko

## Waktu Belajar yang Disarankan

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

### 3.1 Ukuran Frekuensi Penyakit: Insidens dan Prevalens

---

Ukuran frekuensi penyakit merupakan dasar penting dalam epidemiologi deskriptif karena memberikan gambaran seberapa sering suatu penyakit terjadi dalam populasi. Dua ukuran utama yang digunakan adalah insidens dan prevalens. Kedua ukuran ini berperan penting dalam memantau masalah kesehatan masyarakat, merancang program intervensi, dan mengevaluasi pelayanan kesehatan.

#### Insidens

Insidens adalah ukuran yang menyatakan jumlah kasus baru dari suatu penyakit atau kondisi dalam suatu populasi tertentu selama periode waktu tertentu. Insidens menunjukkan risiko atau kemungkinan seseorang dalam populasi mengembangkan penyakit dalam periode waktu tersebut.

##### A. Insidens Kumulatif (*Cumulative Incidence*)

$$\text{Insidens Kumulatif} = \frac{\text{Jumlah Kasus Baru selama periode tertentu}}{\text{Populasi Berisiko}} \times 100\%$$

### Jumlah Populasi Berisiko pada awal periode

Mengasumsikan bahwa seluruh populasi berisiko diamati selama periode waktu yang sama. Sering digunakan dalam penelitian kohort.

✦ Contoh:

Dalam suatu penelitian, dari 1.000 orang yang bebas diabetes pada awal tahun, 50 orang didiagnosis diabetes selama 1 tahun.

$$\text{Insidens Kumulatif} = \frac{50}{1000} \times 100\%$$

#### B. Laju Insidens (*Incidence Rate*)

Laju insidens memperhitungkan waktu pemantauan dan dapat digunakan jika waktu pemantauan berbeda-beda untuk tiap individu.

$$\text{Laju Insidens} = \frac{\text{Jumlah Kasus Baru}}{\text{Jumlah Person-Time (orang-waktu yang diamati)}} \times 100\%$$

Menurut Rothman et al. (2008), laju insidens lebih tepat digunakan dalam populasi dinamis karena menghitung waktu aktual yang dihabiskan dalam keadaan berisiko.

## Prevalens

Prevalens adalah proporsi dari individu dalam suatu populasi yang memiliki suatu penyakit atau kondisi pada titik waktu tertentu (prevalens titik) atau selama periode tertentu (prevalens periode).

#### A. Prevalens Titik (*Point Prevalence*)

$$\text{Prevalens Titik} = \frac{\text{Jumlah Kasus (lama + baru) pada titik waktu tertentu}}{\text{Jumlah Populasi pada titik waktu tersebut}} \times 100\%$$

## B. Prevalens Periode (*Period Prevalence*)

$$\text{Prevalens Periode} = \frac{\text{Jumlah orang yang mengalami penyakit selama suatu periode}}{\text{Jumlah Populasi pada titik waktu tersebut}} \times 100\%$$

✦ Contoh:

Dari survei kesehatan rumah tangga, ditemukan bahwa dari 2.000 orang, 300 dilaporkan menderita hipertensi saat kunjungan dilakukan.

$$\text{Prevalens Titik} = \frac{300}{2000} \times 100\% = 15\%$$

Menurut Friis & Sellers (2020), prevalens sangat berguna untuk perencanaan pelayanan kesehatan karena mencerminkan beban total penyakit dalam populasi, termasuk kasus yang sudah ada dan kasus baru.

## Perbedaan antara Insidens dan Prevalens

---

Insidens dan prevalens merupakan dua ukuran frekuensi penyakit yang saling berkaitan namun memiliki perbedaan mendasar dalam hal fungsi, interpretasi, dan kegunaannya dalam epidemiologi.

Insidens merujuk pada jumlah kasus baru suatu penyakit yang muncul dalam suatu populasi yang berisiko selama periode waktu tertentu. Ukuran ini mencerminkan risiko atau probabilitas seseorang untuk mengalami penyakit tersebut dalam jangka waktu tertentu. Oleh karena itu, insidens sering digunakan dalam studi kohort untuk mengevaluasi hubungan antara paparan dengan kejadian penyakit.

Sementara itu, prevalens mengukur total jumlah kasus (baik yang lama maupun baru) dari suatu penyakit dalam suatu populasi pada titik waktu tertentu (prevalens titik) atau selama periode tertentu (prevalens periode). Ukuran ini mencerminkan beban total penyakit dalam masyarakat dan sangat berguna dalam perencanaan pelayanan kesehatan, alokasi sumber daya, dan

pengawasan penyakit kronis. Secara umum, hubungan antara insidens dan prevalens dijelaskan melalui rumus sederhana:

$$\text{Prevalens} \approx \text{Insidens} \times \text{Durasi Penyakit Rata-rata}$$

Rumus ini mengindikasikan bahwa prevalens suatu penyakit akan tinggi apabila insidensnya tinggi atau durasi penyakitnya lama. Sebagai contoh, penyakit kronis seperti hipertensi atau diabetes memiliki prevalens tinggi karena penderita dapat hidup bertahun-tahun dengan kondisi tersebut. Sebaliknya, penyakit yang akut dan cepat sembuh atau memiliki tingkat kematian yang tinggi, seperti Ebola, cenderung memiliki prevalens rendah meskipun insidensnya tinggi.

Perbedaan penting lainnya adalah pada aspek waktu dan makna interpretatif. Insidens menggambarkan proses terjadinya penyakit, sedangkan prevalens menggambarkan kondisi statis pada suatu titik atau rentang waktu tertentu. Oleh karena itu, prevalens dapat dipengaruhi oleh baik insidens maupun lama penyakit: meningkat jika insidens bertambah atau jika durasi penyakit menjadi lebih panjang.

Dengan demikian, baik insidens maupun prevalens memberikan informasi yang berbeda namun saling melengkapi. Seorang tenaga kesehatan, khususnya analis laboratorium medis, perlu memahami keduanya untuk dapat menginterpretasikan data laboratorium secara tepat dalam konteks epidemiologi dan kesehatan masyarakat.

### **3.2 Ukuran Risiko: Risk Ratio, Odds Ratio, dan Attributable Risk**

---

Dalam epidemiologi analitik, ukuran risiko digunakan untuk menentukan hubungan antara paparan (exposure) dan kejadian suatu penyakit. Ukuran risiko sangat penting dalam menilai seberapa besar pengaruh suatu faktor

risiko terhadap peningkatan atau penurunan kemungkinan terjadinya penyakit. Ukuran ini sangat berguna bagi tenaga laboratorium medis yang terlibat dalam penelitian kohort, kasus-kontrol, atau evaluasi efektivitas program kesehatan.

Ukuran risiko utama yang dibahas dalam subbab ini adalah *Risk Ratio* (RR), *Odds Ratio* (OR), dan *Attributable Risk* (AR).

### **Risk Ratio (RR)**

*Risk Ratio* atau *Relative Risk* (RR) adalah rasio antara risiko kejadian penyakit pada kelompok yang terpapar dengan risiko pada kelompok yang tidak terpapar. RR digunakan terutama dalam studi kohort. Relative Risk merupakan perbandingan antara dua peluang yang sukses. Relative risk secara umum menyatakan peluang terjadinya suatu kejadian (resiko). Sama halnya dengan odds ratio, sebelum menghitung risk relative terlebih dahulu ditentukan grup 1 dan grup 2.

		Variabel X		
		A	B	Total
Variabel Y	1	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1+}$
	2	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2+}$
Total		$n_{+1}$	$n_{+2}$	$n_{++}$

$$Relative\ risk = \frac{Peluang\ untuk\ grup\ 1}{Peluang\ untuk\ grup\ 2} = \frac{\frac{n_{11}}{n_{1+}}}{\frac{n_{21}}{n_{2+}}}$$

Gambar 1.1 *Relative Risk step 1*

!Sumber : <https://parameterd.wordpress.com/2013/09/17/relative-risk/>

Nilai *relative risk* akan berkisar dari nol sampai tidak hingga. Sama halnya dengan odds ratio jika nilai relative risknya lebih besar dari 1 menunjukkan peluang untuk grup 1 lebih besar daripada peluang untuk grup 2. Begitu juga sebaliknya, jika nilai *relative risk* nya kurang dari 1 berarti peluang untuk grup 1 lebih kecil daripada peluang untuk grup 2. Nilai relative risk yang sama

dengan 1 atau mendekati 1 mengindikasikan tidak ada hubungan antara kedua variabel tersebut (variabel X dengan variabel Y).

Berikut disajikan sebuah tabel mengenai hubungan antara hubungan antara oranya yang bekerja dibawah tekanan dengan tingkat stress yang dialami.

		Stress		Total
		Tinggi	Rendah	
Apakah bekerja dibawah tekanan	Ya	97	307	404
	Tdk	200	1409	1609

Gambar 1.2 *Relative Risk step 2*

!Sumber : <https://parameterd.wordpress.com/2013/09/17/relative-risk/>)

Jika kita ingin membandingkan orang yang bekerja dibawah tekanan (grup 1) dan orang yang tidak bekerja dibawah tekanan (grup 2) terhadap peluang mengalami tingkat stress yang tinggi adalah sebagai berikut

$$\text{Peluang(mengalami stress tinggi jika bekerja di bawah tekanan)} = \frac{97}{404} = 0,25$$

$$\text{Peluang(mengalami stress tinggi jika tidak bekerja di bawah tekanan)} = \frac{200}{1609} = 0,12$$

Maka akan didapat relativ risknya

$$\text{Relative risk} = \frac{0,25}{0,12} = 2,08$$

Gambar 1.3 *Relative Risk step 3*

!Sumber : <https://parameterd.wordpress.com/2013/09/17/relative-risk/>)

Oleh karena peluang seseorang yang bekerja dibawah tekanan untuk mengalami stress tinggi sebesar 2,08 atau 2 kali dibandingkan dengan orang yang bekerja tidak dibawah tekanan. Interpretasinya juga bisa seperti ini, orang yang bekerja dibawah tekanan memiliki resiko stress 2,08 kali (hampir 2 kali) lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang bekerja tidak dibawah tekanan. Dengan kata lain orang yang bekerja dibawah tekanan akan memiliki peluang

yang lebih tinggi untuk mengalami stress yang tinggi dibandingkan dengan orang yang bekerja tidak dibawah tekanan.

### **Odds Ratio (OR)**

Odds Ratio adalah perbandingan peluang kejadian penyakit pada kelompok terpapar dibandingkan dengan yang tidak terpapar. OR banyak digunakan dalam studi kasus-kontrol, karena dalam studi ini kita tidak mengetahui insidens, hanya proporsi kasus dan kontrol.

Odds Ratio adalah ukuran asosiasi paparan (faktor risiko) dengan kejadian penyakit; dihitung dari angka kejadian penyakit pada kelompok berisiko (terpapar faktor risiko) dibanding angka kejadian penyakit pada kelompok yang tidak berisiko (tidak terpapar faktor risiko). OR di dalam Program SPSS, sering dilambangkan dengan simbol “Exp (B)”.

Sebagai contoh, kita ambil sebuah kasus yaitu: “Pengaruh Rokok Terhadap Penyakit Kanker Pada Pria Usia Di Atas 50 Tahun”. Odds Ratio yang dimaksud dalam contoh di atas adalah: seberapa besarkah pengaruh rokok terhadap Penyakit Kanker pada pria usia di atas 50 tahun. Maka jawabannya bisa jadi 2 kali lipat, 3 kali lipat atau 5,5 kali lipat. Nilai kali lipat inilah yang disebut sebagai “odds ratio”.

Berdasarkan contoh di atas, nilai OR bisa sebesar 2 atau 3 atau 5,5. Artinya: pria dengan usia di atas 50 yang merokok memiliki resiko sebesar 2 kali lipat untuk dapat menderita kanker dibandingkan dengan pria di atas 50 tahun yang tidak merokok. Dalam hal ini perlu diketahui: Rokok adalah paparan atau faktor risiko sedangkan kanker adalah kejadian efek atau penyakit.

Rumus =

$$OR = \frac{a \times d}{b \times c}$$

Di mana: “a” adalah cell a, “b” adalah cell b, “c” adalah cell c dan “d” adalah cell d. untuk lebih jelasnya lihat tabel dibawah ini:

Rokok	Kanker	
	Tidak	Ya
Tidak	a	b
Ya	c	d

Gambar 1.4 Odds Ratio step

(Sumber : <https://www.statistikian.com/2012/11/odds-ratio.html>)

Dari tabel di atas, apabila kita cermati maka jelas dapat kita ambil kesimpulan, bahwasanya OR dapat dicari nilainya apabila penelitian yang dilakukan menggunakan skala data nominal dikotom.

✦ Contoh:

Jika dalam penelitian kasus-kontrol terdapat:

	Kasus (Kanker)	Kontrol
Terpapar (Merokok)	a = 90	b = 60
Tidak Terpapar	c = 10	d = 40

Gambar 1.5 Odds Ratio step

(Sumber : Gordis, L., 2014)

$$OR = \frac{90 \times 40}{60 \times 10} = \frac{3600}{600} = 6$$

Artinya, perokok memiliki peluang 6 kali lebih besar terkena kanker dibandingkan yang tidak merokok.

### ***Attributable Risk (AR)***

*Attributable Risk* atau risiko yang dapat diatribusikan adalah selisih antara risiko pada kelompok terpapar dengan risiko pada kelompok tidak terpapar. Ukuran ini menjelaskan seberapa besar penyakit dalam kelompok terpapar yang benar-benar disebabkan oleh paparan tersebut. *Attributable Risk* merujuk pada perbedaan tingkat kejadian antara orang yang terpapar beberapa faktor risiko vs. orang yang tidak terpapar faktor risiko. Misalnya, kita dapat menggunakan metrik ini untuk memahami perbedaan penyakit kardiovaskular (insiden) antara perokok (orang yang terpapar) dan bukan perokok (orang yang tidak terpapar). Biasanya kami menghitung persentase risiko yang dapat diatribusikan, yang merujuk pada persentase tingkat kejadian yang dapat diatribusikan ke beberapa faktor risiko.

**Rumus:**

$$AR = \text{Risiko Terpapar} - \text{Risiko Tidak Terpapar} = \frac{a}{a+b} - \frac{c}{c+d}$$

AR menunjukkan besarnya proporsi kasus yang dapat dicegah jika paparan dihilangkan.

Contoh (lanjutan dari RR):

$$AR = \frac{100}{1000} - \frac{20}{1000} = 0.1 - 0.02 = 0.08 = 8\%$$

Artinya, 8% dari kasus kanker paru pada kelompok perokok dapat dikaitkan langsung dengan kebiasaan merokok.

### 3.3 Ukuran Validitas Tes Diagnostik: Sensitivitas, Spesifisitas, PPV, NPV

---

Dalam ilmu epidemiologi, terutama dalam konteks laboratorium medis, evaluasi terhadap validitas suatu alat atau metode diagnostik memegang peranan penting. Validitas ini menggambarkan kemampuan suatu tes untuk memberikan hasil yang akurat dan dapat dipercaya, baik dalam mendeteksi keberadaan suatu penyakit (true positive) maupun dalam mengonfirmasi ketidakhadiran penyakit tersebut (true negative). Empat ukuran utama yang digunakan untuk menilai validitas tes diagnostik adalah sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif (*Positive Predictive Value/PPV*), dan nilai prediksi negatif (*Negative Predictive Value/NPV*).

Ukuran-ukuran ini dihitung berdasarkan data yang biasanya disajikan dalam bentuk tabel kontingensi 2x2, yang membandingkan hasil tes dengan status penyakit sebenarnya (yang biasanya ditentukan melalui metode gold standard). Penggunaan dan interpretasi keempat ukuran ini sangat penting dalam praktik laboratorium medis, karena akan menentukan nilai klinis dari pemeriksaan laboratorium yang dilakukan.

#### Konsep Dasar Validitas Tes Diagnostik

Sebuah tes diagnostik dapat dikatakan valid apabila mampu membedakan secara tepat antara individu yang sakit dan yang tidak sakit. Validitas ini dinyatakan dalam dua aspek utama:

- Sensitivitas – kemampuan tes untuk menangkap semua kasus positif (true positives).
- Spesifisitas – kemampuan tes untuk mengidentifikasi individu yang benar-benar negatif (true negatives).

Di sisi lain, terdapat pula dua ukuran lain yang disebut sebagai nilai prediksi:

- PPV – peluang bahwa individu dengan hasil tes positif benar-benar sakit.

- NPV – peluang bahwa individu dengan hasil tes negatif benar-benar tidak sakit.

Semua ukuran ini dihitung menggunakan tabel kontingensi (tabel 2x2) sebagai berikut:

	Penyakit (+)	Penyakit (-)	Total
Tes Positif	a	b	a + b
Tes Negatif	c	d	c + d
Total	a + c	b + d	N (total)

Tabel 1.1 Tabel Kontingensi (tabel 2x2)

## Sensitivitas

Sensitivitas adalah proporsi individu yang benar-benar menderita penyakit dan dinyatakan positif oleh tes. Ini menunjukkan seberapa baik tes dalam mengenali individu yang benar-benar sakit.

Rumus:

$$\text{Sensitivitas} = \frac{a}{a + c} \times 100\%$$

Jika sensitivitas sebuah tes adalah 95%, maka dari 100 individu yang benar-benar sakit, 95 akan terdeteksi oleh tes tersebut. Tes dengan sensitivitas tinggi sangat baik untuk skrining awal, karena dapat menangkap sebanyak mungkin kasus nyata. Contoh: Tes deteksi malaria memiliki sensitivitas 92%. Artinya, dari 100 pasien yang benar-benar menderita malaria, sekitar 92 orang akan dinyatakan positif oleh tes.

## Spesifisitas

Spesifisitas menunjukkan proporsi individu tanpa penyakit yang dinyatakan negatif oleh tes. Artinya, tes tidak memberikan hasil positif palsu pada orang sehat.

Rumus:

$$\text{Spesifisitas} = \frac{d}{b + d} \times 100\%$$

Spesifisitas tinggi berarti tes jarang memberikan hasil positif palsu. Tes seperti ini ideal digunakan sebagai konfirmasi diagnosis. Contoh: Jika spesifisitas tes HIV adalah 99%, maka dari 100 orang yang tidak terinfeksi HIV, 99 akan mendapatkan hasil negatif dari tes tersebut.

### **Positive Predictive Value (PPV)**

PPV adalah kemungkinan bahwa seseorang dengan hasil tes positif benar-benar mengidap penyakit tersebut.

Rumus:

$$\text{PPV} = \frac{a}{a + b} \times 100\%$$

Faktor yang Mempengaruhi diantaranya adalah PPV sangat dipengaruhi oleh prevalensi penyakit di populasi. Semakin tinggi prevalensi, semakin tinggi PPV. Contoh: Jika PPV suatu tes cepat COVID-19 adalah 85%, maka dari setiap 100 orang yang hasil tesnya positif, 85 orang benar-benar mengidap COVID-19.

### **Negative Predictive Value (NPV)**

NPV adalah kemungkinan bahwa seseorang dengan hasil tes negatif benar-benar tidak memiliki penyakit.

Rumus:

$$\text{NPV} = \frac{d}{c + d} \times 100\%$$

Faktor yang Mempengaruhi diantaranya seperti PPV, NPV juga dipengaruhi oleh prevalensi. Semakin rendah prevalensi, semakin tinggi NPV. Contoh: Jika NPV tes skrining anemia adalah 92%, maka dari 100 orang yang hasil tesnya negatif, 92 benar-benar tidak mengalami anemia.

## Studi Kasus: Tes Diagnostik Dengue

Sebuah tes laboratorium NS1 untuk deteksi dini dengue digunakan pada populasi dengan prevalensi tinggi. Hasil pemeriksaan menunjukkan:

	Dengue (+)	Dengue (-)
Tes Positif (NS1+)	80	10
Tes Negatif (NS1-)	20	90

Tabel 1.2 Hasil tes laboratorium NS1

Dari tabel diketahui:

a = 80 (positif sejati)

b = 10 (positif palsu)

c = 20 (negatif palsu)

d = 90 (negatif sejati)

$$\text{Sensitivitas} = \frac{80}{80+20} = 80\%$$

$$\text{Spesifisitas} = \frac{90}{10+90} = 90\%$$

$$\text{PPV} = \frac{80}{80+10} = 88.9\%$$

$$\text{NPV} = \frac{90}{20+90} = 81.8\%$$

Interpretasi:

Tes NS1 memiliki akurasi diagnostik yang cukup tinggi. Dengan sensitivitas 80% dan spesifisitas 90%, tes ini sangat cocok untuk digunakan pada awal gejala, terutama di daerah endemis.

## Kesimpulan

Validitas tes diagnostik merupakan aspek esensial dalam praktik epidemiologi dan laboratorium medis. Sensitivitas, spesifisitas, PPV, dan NPV tidak hanya menggambarkan kinerja tes, tetapi juga berperan dalam pengambilan

keputusan klinis dan kebijakan kesehatan. Pemahaman mendalam tentang keempat ukuran ini memungkinkan tenaga laboratorium medis menafsirkan hasil tes secara kritis dan kontekstual, sehingga meningkatkan kualitas pelayanan dan keselamatan pasien.

### **3.4 Penggunaan Data Laboratorium dalam Perhitungan Epidemiologi**

---

Dalam epidemiologi modern, data laboratorium tidak hanya digunakan untuk menegakkan diagnosis klinis, tetapi juga memiliki peran penting dalam perhitungan epidemiologis, baik untuk keperluan penelitian, surveilans, maupun pengambilan keputusan dalam kebijakan kesehatan masyarakat. Penggunaan data laboratorium memungkinkan analisis yang objektif dan terukur terhadap suatu populasi, khususnya dalam mengidentifikasi distribusi penyakit, faktor risiko, dan efektivitas intervensi kesehatan.

Data laboratorium yang sering digunakan dalam studi epidemiologi meliputi hasil pemeriksaan biomarker, parameter hematologi, kimia klinik, serologi, mikrobiologi, dan molekuler. Data ini kemudian diolah dan dikaitkan dengan variabel epidemiologis seperti insidens, prevalens, risiko relatif, sensitivitas, dan spesifisitas. Menurut Buehler (2004), data laboratorium dapat mendukung validitas internal studi epidemiologis melalui pengukuran hasil (outcome) yang lebih akurat dan validasi paparan (exposure) secara lebih objektif dibanding hanya menggunakan wawancara atau observasi (Buehler, J. W., 2004).

#### **Aplikasi Nyata dalam Perhitungan Epidemiologi**

---

Berikut adalah beberapa cara utama penggunaan data laboratorium dalam perhitungan epidemiologi:

## **Menentukan Prevalens dan Insidens Berdasarkan Hasil Lab**

Contoh: Prevalens hepatitis B diukur dengan mendeteksi HBsAg dalam serum. Jika dari 1.000 orang diperiksa dan 50 positif HBsAg, maka:

$$\text{Prevalens} = 50/1000 = 5\%$$

Keterangan: Data laboratorium memberikan hasil kuantitatif langsung untuk menghitung proporsi penderita dalam populasi tertentu.

## **Mengukur Validitas Tes Diagnostik**

Data laboratorium digunakan untuk menghitung ukuran validitas tes seperti sensitivitas, spesifisitas, PPV (positive predictive value) dan NPV (negative predictive value). Misalnya, dari 100 pasien yang diketahui mengidap penyakit X, 90 terdeteksi melalui tes laboratorium → maka sensitivitas = 90%. “Analisis validitas tes menggunakan hasil laboratorium penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam surveilans epidemiologis benar-benar mencerminkan realitas penyakit” (Thrusfield, 2018).

## **Evaluasi Risiko (Risk Ratio dan Odds Ratio)**

Sebagaimana dijelaskan dalam subbab sebelumnya, hasil tes laboratorium dapat digunakan sebagai indikator paparan atau outcome untuk menghitung ukuran risiko. Misalnya, kadar glukosa puasa  $\geq 126$  mg/dL sebagai kriteria paparan terhadap diabetes.

## **Deteksi Wabah dan Surveilans**

Dalam surveilans penyakit menular, hasil laboratorium menjadi dasar deteksi kasus konfirmasi. CDC menyatakan bahwa “konfirmasi laboratorium adalah elemen penting dalam definisi kasus untuk tujuan surveilans epidemiologis” (CDC, 2012). Misalnya, peningkatan jumlah hasil positif RT-PCR untuk influenza dapat menunjukkan tren awal terjadinya wabah. Bagi tenaga laboratorium, memahami aplikasi data hasil pemeriksaan dalam konteks epidemiologi menjadi krusial. Seorang analis laboratorium tidak hanya bertugas menghasilkan data, tetapi juga dapat berkontribusi dalam proses pengolahan

dan interpretasi data sebagai bagian dari tim surveilans atau penelitian. Pemahaman ini juga meningkatkan nilai profesionalisme dalam praktik berbasis bukti (*evidence-based practice*).

## **Peran Strategis Data Laboratorium dalam Epidemiologi**

---

Penggunaan data laboratorium dalam konteks epidemiologi dapat dibagi dalam beberapa aspek utama:

### **Mengidentifikasi dan Mengkonfirmasi Kasus**

Dalam surveilans epidemiologi, konfirmasi laboratorium sering digunakan untuk menetapkan status penyakit. Misalnya, diagnosis penyakit menular seperti hepatitis B, HIV/AIDS, dan COVID-19 biasanya hanya dianggap valid bila ada bukti konfirmasi melalui uji laboratorium, seperti deteksi antigen, antibodi, atau RNA virus. Ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh CDC (2012) bahwa konfirmasi laboratorium merupakan bagian penting dari definisi kasus dalam surveilans penyakit menular. Contohnya, peningkatan jumlah kasus positif SARS-CoV-2 melalui RT-PCR dalam suatu wilayah dalam waktu singkat bisa dijadikan indikator awal terjadinya outbreak atau wabah.

### **Menentukan Ukuran Frekuensi Penyakit**

Hasil laboratorium dapat digunakan untuk menghitung prevalensi dan insidens suatu penyakit. Misalnya, dalam studi prevalensi anemia pada remaja putri, kadar hemoglobin di bawah 12 g/dL dijadikan batas diagnostik anemia berdasarkan standar WHO (2011). Jika dari 1.000 siswi SMA yang diperiksa, sebanyak 250 orang memiliki kadar Hb <12 g/dL, maka prevalensinya adalah 25%. Insidens juga dapat diukur dengan cara yang sama, terutama dalam studi kohort yang melibatkan pengamatan jangka panjang, di mana data laboratorium dikumpulkan secara periodik untuk melihat kejadian baru dari suatu kondisi, misalnya perkembangan diabetes berdasarkan kadar glukosa darah puasa.

### **Mengukur Validitas Tes Diagnostik**

Data laboratorium memainkan peran sentral dalam menguji validitas suatu tes diagnostik. Ukuran seperti sensitivitas, spesifisitas, nilai prediksi positif (PPV), dan nilai prediksi negatif (NPV) diperoleh dari perbandingan hasil pemeriksaan laboratorium dengan status penyakit yang diketahui secara pasti (gold standard). Sebagai contoh, jika tes ELISA digunakan untuk mendeteksi infeksi HIV, maka sensitivitas tes dihitung dari proporsi pasien HIV-positif yang terdeteksi oleh ELISA, sedangkan spesifisitas dihitung dari proporsi individu HIV-negatif yang hasilnya juga negatif pada ELISA. Thrusfield (2018) menekankan bahwa pengukuran validitas tes diagnostik menjadi kunci untuk memastikan keandalan data yang digunakan dalam studi epidemiologi, terutama ketika data laboratorium dijadikan alat utama untuk menentukan status paparan atau outcome.

### **Evaluasi Faktor Risiko, Intervensi dan Asosiasi Penyakit**

Data laboratorium digunakan untuk menilai hubungan antara paparan dan penyakit. Misalnya, dalam studi risiko diabetes, kadar glukosa darah  $\geq 126$  mg/dL bisa dijadikan variabel paparan. Jika dari kelompok dengan paparan tersebut ditemukan jumlah kejadian diabetes yang lebih tinggi dibanding kelompok dengan kadar normal, maka perhitungan *risk ratio*, *odds ratio*, dan *attributable risk* dapat dilakukan.

Salah satu kekuatan data laboratorium adalah kemampuannya dalam mengevaluasi dampak dari intervensi kesehatan secara objektif. Dalam studi vaksinasi, data laboratorium digunakan untuk menilai tingkat antibodi post-vaksinasi dan menilai cakupan imunisasi. Bila terdapat penurunan insidens penyakit seiring meningkatnya tingkat antibodi di populasi, maka dapat disimpulkan bahwa program vaksinasi berjalan efektif.

## Latihan Soal

Dengan memahami dan menguasai cara menghitung serta menginterpretasikan ukuran-ukuran ini, mahasiswa diharapkan mampu menghubungkan data laboratorium dengan konteks epidemiologis secara akurat. Selain itu, keterampilan ini akan membantu dalam menyusun laporan hasil laboratorium yang lebih bermakna dalam mendukung upaya pencegahan dan pengendalian penyakit di masyarakat.

---

### Soal 1: Risk Ratio (RR)

Suatu penelitian ingin mengevaluasi hubungan antara kadar gula darah puasa (GDP)  $\geq 126$  mg/dL dengan kejadian diabetes tipe 2. Pemeriksaan laboratorium dilakukan pada sekelompok orang, dan hasilnya sebagai berikut:

<b>GDP <math>\geq 126</math> mg/dL (positif)</b>	<b>Terdiagnosis Diabetes (Kasus) = 45</b>	<b>Tidak Diabetes (Non- kasus) = 15</b>
GDP $< 126$ mg/dL (negatif)	Terdiagnosis Diabetes = 30	Tidak Diabetes = 60

Pertanyaan:

1. Hitung Risk Ratio (RR)!
2. Berikan interpretasi hasilnya!

### Soal 2: Odds Ratio

Penelitian dilakukan pada pasien rumah sakit untuk mengetahui hubungan antara hasil positif antibodi Hepatitis B surface antigen (HBsAg) dengan kejadian hepatitis B kronik. Berikut adalah datanya:

	<b>Hepatitis B Kronik (Kasus)</b>	<b>Tidak Kronik (Kontrol)</b>
HBsAg positif (a/b)	80	40
HBsAg negatif (c/d)	20	60

Pertanyaan:

1. Hitung Odds Ratio (OR)!
2. Berikan interpretasi hasilnya!

**Soal 3: Validitas pemeriksaan**

Sebuah rumah sakit melakukan uji diagnostik cepat untuk mendeteksi infeksi virus X. Hasil pengujian dari 200 pasien yang telah dibandingkan dengan gold standard (PCR) disajikan sebagai berikut:

	<b>Hasil PCR (+)</b>	<b>Hasil PCR (-)</b>	<b>Total</b>
<b>Tes Cepat Positif</b>	90	20	110
<b>Tes Cepat Negatif</b>	10	80	90
<b>Total</b>	100	100	200

1. Hitunglah sensitivitas dari tes cepat tersebut!
2. Hitunglah spesifisitas dari tes cepat tersebut!
3. Hitunglah *Positive Predictive Value* (PPV)!
4. Hitunglah *Negative Predictive Value* (NPV)!
5. Jelaskan makna hasil PPV dan NPV tersebut dalam konteks klinis!

## Glosarium

---

- Insidens** : Jumlah kasus baru dari suatu penyakit dalam jangka waktu tertentu.
- Prevalens** : Proporsi individu dalam populasi yang menderita penyakit pada waktu tertentu.
- Populasi Berisiko** : Sekumpulan individu yang belum menderita penyakit dan memiliki kemungkinan untuk terkena penyakit tersebut.
- Epidemiologi** : Ilmu yang mempelajari distribusi dan determinan dari penyakit atau masalah kesehatan dalam populasi.

## Referensi

---

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis Secound Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Azzainuri. (2013, September 17). Apa itu Relative Risk? Parameter D. <https://parameterd.wordpress.com/2013/09/17/relative-risk/>
- Bonita, R., Beaglehole, R., & Kjellström, T. (2006). *Basic Epidemiology (2nd ed.)*. World Health Organization.
- Buehler, J. W. (2004). Surveillance. In *Principles of Epidemiology (3rd ed.)*. Atlanta: CDC.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2012). CDC Surveillance Resource Center. <https://www.cdc.gov/surveillancepractice/>
- Fletcher, R. H., Fletcher, S. W., & Fletcher, G. S. (2014). *Clinical Epidemiology: The Essentials (5th ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Friis, R. H., & Sellers, T. A. (2020). *Epidemiology for Public Health Practice (6th ed.)*. Jones & Bartlett Learning.
- Gordis, L. (2014). *Epidemiology (5th ed.)*. Elsevier Saunders.
- Pepe, M. S. (2003). *The Statistical Evaluation of Medical Tests for Classification and Prediction*. Oxford University Press.
- Riegelman, R. (2010). *Studying a Study and Testing a Test (6th ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Rothman, K. J., Greenland, S., & Lash, T. L. (2008). *Modern Epidemiology (3rd ed.)*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Setiawan, H. (2021). *Konsep Pendekatan Epidemiologi dalam Ilmu Teknologi Laboratorium Medis*. Yogyakarta: UAD Press.

Statology. (n.d.). What is Attributable Risk? (Definition & Example).

<https://www.statology.org/attributable-risk/>

Thrusfield, M. (2018). *Veterinary Epidemiology* (4th ed.). Wiley-Blackwell

Walker, R. A. (2011). *Categorical Data Analysis for Behavioral Social Science*.  
New York: Routledge Taylor and Francis Group

World Health Organization. (2011). Haemoglobin concentrations for the  
diagnosis of anaemia and assessment of severity.

## **Bab 4**

### **Surveilans Berbasis Laboratorium**

---

Surveilans penyakit menular merupakan komponen esensial dalam sistem kesehatan masyarakat yang berfungsi untuk mendeteksi, memantau, dan mengendalikan penyebaran penyakit. Dalam konteks ini, laboratorium memainkan peran yang sangat penting, tidak hanya sebagai tempat pengujian spesimen tetapi juga sebagai penyedia data valid dan akurat yang mendasari pengambilan keputusan dalam kebijakan kesehatan. Bab ini membahas secara mendalam konsep surveilans berbasis laboratorium, jenis-jenis surveilans, komponen utama dalam sistem surveilans laboratorium, serta bagaimana laboratorium berperan aktif dalam merespons Kejadian Luar Biasa (KLB). Selain itu, akan disajikan contoh nyata penerapan surveilans laboratorium pada beberapa penyakit menular utama seperti malaria, tuberkulosis (TBC), dan hepatitis untuk memberikan pemahaman aplikatif terhadap teori yang dipelajari.

Pentingnya surveilans laboratorium semakin diakui dalam era globalisasi penyakit, di mana mobilitas manusia yang tinggi, perubahan lingkungan, dan mutasi patogen meningkatkan risiko penyebaran penyakit lintas batas. Dengan dukungan teknologi laboratorium yang semakin maju, pengumpulan dan pelaporan data menjadi lebih cepat, akurat, dan terintegrasi dalam sistem informasi kesehatan. Hal ini memungkinkan deteksi dini dan penanggulangan lebih efektif terhadap penyakit menular yang berpotensi menyebabkan wabah (World Health Organization [WHO], 2014).

Melalui bab ini, mahasiswa akan memahami tidak hanya teori dasar surveilans tetapi juga aplikasi praktisnya dalam dunia nyata, termasuk analisis terhadap laporan surveilans yang telah diterbitkan oleh lembaga-lembaga resmi seperti Kementerian Kesehatan RI dan WHO. Dengan pendekatan ini, diharapkan mahasiswa mampu mengaplikasikan ilmu epidemiologi laboratorium dalam upaya promotif dan preventif kesehatan masyarakat.

## Tujuan

---

Bab ini disusun untuk memberikan pemahaman kepada mahasiswa tentang:

1. Menjelaskan pengertian surveilans dan berbagai jenisnya, khususnya surveilans berbasis laboratorium.
2. Menguraikan komponen-komponen sistem surveilans laboratorium dan bagaimana proses kerja masing-masing bagian.
3. Menjelaskan secara rinci kontribusi laboratorium dalam deteksi dini, konfirmasi diagnosis, dan respon terhadap Kejadian Luar Biasa (KLB).
4. Menunjukkan peran laboratorium sebagai bagian integral dalam sistem surveilans nasional dan global.

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan konsep dan jenis surveilans berbasis laboratorium.
2. Mengidentifikasi komponen utama sistem surveilans berbasis laboratorium.
3. Menjelaskan peran dan tugas laboratorium dalam penanganan KLB.
4. Menganalisis contoh penerapan surveilans laboratorium pada penyakit tertentu.

## Indikator Pencapaian Pembelajaran

---

1. Mahasiswa dapat mendefinisikan surveilans berbasis laboratorium dan membedakannya dari jenis surveilans lainnya.
2. Mahasiswa dapat menguraikan komponen sistem surveilans laboratorium.
3. Mahasiswa dapat menjelaskan peran laboratorium dalam mendeteksi dan merespons KLB.

4. Mahasiswa dapat memberikan contoh nyata penerapan surveilans laboratorium pada penyakit tertentu.

## **Kata Kunci**

---

- Surveilans
- Laboratorium
- Kejadian Luar Biasa (KLB)
- Malaria
- Tuberkulosis (TBC)
- Hepatitis

## **Waktu Belajar yang Disarankan**

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 4.1 Pengertian Surveilans dan Jenisnya

---

### Pengertian Surveilans

Surveilans merupakan kegiatan sistematis dan berkelanjutan yang melibatkan pengumpulan, analisis, interpretasi, dan penyebaran data kesehatan untuk perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kebijakan kesehatan masyarakat (WHO, 2014). Proses ini tidak hanya terbatas pada pelaporan data penyakit, melainkan juga termasuk langkah-langkah analitik dan responsif terhadap informasi yang diperoleh. Dalam konteks epidemiologi, surveilans digunakan untuk memantau tren penyakit, mendeteksi wabah, serta mengevaluasi efektivitas program pencegahan dan pengendalian penyakit (Heymann, 2015).

Secara lebih luas, surveilans dapat diartikan sebagai jantung dari sistem kewaspadaan dini terhadap ancaman kesehatan masyarakat karena berperan dalam deteksi dini perubahan status kesehatan populasi (Thacker & Berkelman, 1988). Dalam sistem pelayanan kesehatan modern, surveilans tidak hanya penting bagi pejabat kesehatan publik tetapi juga sangat dibutuhkan oleh laboratorium medis, rumah sakit, lembaga penelitian, dan pemerintah untuk pengambilan keputusan berbasis bukti (CDC, 2020).

### Tujuan dan Fungsi Surveilans

Tujuan utama dari sistem surveilans adalah untuk menyediakan informasi yang akurat dan tepat waktu mengenai pola distribusi penyakit dan faktor risiko dalam suatu populasi (Kemenkes RI, 2022). Fungsi ini mencakup:

1. Deteksi dini penyakit dan wabah, agar tindakan respons dapat dilakukan sesegera mungkin.
2. Pemantauan tren penyakit, untuk melihat perubahan insidens dan prevalens dari waktu ke waktu.
3. Evaluasi program intervensi, seperti imunisasi, pengendalian vektor, dan edukasi masyarakat.

4. Perencanaan dan pengalokasian sumber daya kesehatan, berdasarkan data kebutuhan aktual populasi.

Melalui surveilans, kebijakan kesehatan dapat diarahkan secara efektif dan efisien, serta mampu merespons keadaan darurat kesehatan dengan cepat dan tepat (WHO, 2018).

## **Jenis-Jenis Surveilans**

Surveilans dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis berdasarkan metode pengumpulan data, tujuan, dan fokus sistem yang digunakan. Berikut adalah jenis-jenis surveilans yang paling umum digunakan dalam sistem kesehatan masyarakat:

### **1. Surveilans Pasif (*Passive Surveillance*)**

Surveilans pasif adalah bentuk paling umum dari sistem pengawasan kesehatan, di mana penyedia layanan kesehatan seperti rumah sakit dan puskesmas secara rutin melaporkan kasus penyakit kepada otoritas kesehatan setempat (Nsubuga et al., 2006). Sistem ini bergantung pada inisiatif dari institusi pelapor dan cenderung memiliki biaya yang rendah. Namun, kelemahannya adalah keterlambatan laporan dan risiko underreporting, yaitu kasus yang tidak dilaporkan karena keterbatasan kesadaran atau sumber daya (Thacker et al., 1988).

Contohnya adalah pelaporan rutin mingguan kasus demam berdarah oleh rumah sakit ke Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota.

### **2. Surveilans Aktif (*Active Surveillance*)**

Surveilans aktif merupakan sistem di mana petugas kesehatan secara aktif mencari kasus melalui kunjungan lapangan, wawancara, atau telaah catatan medis. Jenis ini lebih mahal dan membutuhkan lebih banyak tenaga, namun

biasanya menghasilkan data yang lebih akurat dan lengkap (Heymann, 2015). Surveilans aktif digunakan dalam situasi khusus seperti wabah penyakit atau evaluasi dampak vaksinasi massal.

Misalnya, saat terjadi KLB (Kejadian Luar Biasa) campak di suatu daerah, petugas puskesmas melakukan pencarian kasus aktif ke rumah-rumah penduduk untuk memastikan tidak ada kasus yang terlewat.

### **3. Surveilans Sentinel**

Surveilans sentinel menggunakan institusi atau lokasi tertentu yang dipilih secara strategis (seperti rumah sakit rujukan atau laboratorium besar) untuk melaporkan kasus penyakit secara lebih intensif dibandingkan surveilans pasif (CDC, 2020). Meskipun data dari sistem ini tidak bersifat representatif seluruh populasi, namun dapat digunakan untuk memantau tren penyakit, efektivitas program vaksinasi, serta pola resistensi mikroorganisme.

Contohnya adalah surveilans influenza melalui jaringan rumah sakit sentinel di beberapa provinsi untuk memantau sirkulasi virus dan efektivitas vaksin flu musiman.

### **4. Surveilans Berbasis Laboratorium**

Surveilans ini melibatkan laboratorium sebagai titik utama dalam mendeteksi, mengonfirmasi, dan melaporkan agen penyebab penyakit (WHO, 2014). Surveilans berbasis laboratorium penting untuk identifikasi mikroorganisme, pola resistensi antimikroba, dan validasi data klinis. Data laboratorium yang akurat sangat dibutuhkan untuk memberikan bukti konklusif terhadap dugaan kasus klinis, termasuk selama wabah penyakit.

Sebagai contoh, surveilans resistensi antibiotik di Indonesia dilakukan oleh jaringan laboratorium rujukan nasional untuk memantau prevalensi bakteri resisten seperti MRSA dan E. coli ESBL.

## **5. Surveilans *Syndromic***

Surveilans *Syndromic* merupakan metode surveilans yang didasarkan pada kumpulan gejala (sindrom) daripada diagnosis spesifik, biasanya digunakan dalam situasi darurat atau ketika laboratorium tidak tersedia (Buehler et al., 2008). Surveilans ini membantu mendeteksi lonjakan penyakit lebih cepat, seperti demam dan batuk yang meningkat tajam dapat menjadi indikator awal penyakit pernapasan menular. Contoh lainnya termasuk sistem pemantauan sindrom diare akut di pengungsian pasca-bencana alam.

## **6. Surveilans Berbasis Masyarakat**

Dalam surveilans ini, masyarakat berperan aktif dalam melaporkan kejadian penyakit atau kematian melalui kader kesehatan, RT/RW, atau media sosial. Sistem ini sangat efektif di daerah terpencil dengan keterbatasan fasilitas kesehatan formal (Kemenkes RI, 2022). Misalnya, dalam program deteksi dini malaria di Papua, kader desa dilatih untuk melakukan pencatatan dan pelaporan kasus demam serta mengambil darah tepi untuk diagnosis.

## **7. Surveilans Event-Based (Berbasis Kejadian)**

Merupakan sistem pengumpulan informasi mengenai kejadian-kejadian yang mengindikasikan potensi ancaman kesehatan, baik dari sumber formal (laporan rumah sakit, laboratorium) maupun informal (media online, rumor, laporan masyarakat) (WHO, 2018). Surveilans jenis ini digunakan untuk mendeteksi sinyal awal dari wabah penyakit baru, seperti COVID-19 yang awalnya dilaporkan sebagai pneumonia misterius di Wuhan melalui media lokal.

## **4.2 Komponen Sistem Surveilans Berbasis Laboratorium**

---

Sistem surveilans berbasis laboratorium merupakan bagian integral dalam upaya pengendalian penyakit menular dan non-menular. Dalam sistem ini, laboratorium tidak hanya berfungsi sebagai tempat pengujian spesimen, tetapi

juga sebagai pusat pengumpulan, analisis, dan pelaporan data yang mendukung pengambilan keputusan kesehatan masyarakat (World Health Organization [WHO], 2014). Untuk membentuk sistem surveilans laboratorium yang efektif, terdapat beberapa komponen utama yang harus dibangun dan diintegrasikan secara sistematis agar mampu memberikan respons cepat terhadap ancaman kesehatan masyarakat.

### **Komponen Input: Infrastruktur dan Sumber Daya**

Komponen pertama dari sistem surveilans laboratorium adalah ketersediaan infrastruktur yang memadai, mencakup bangunan laboratorium, peralatan diagnostik, sistem penyimpanan data, serta transportasi spesimen (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2020). Tanpa infrastruktur yang kuat, proses pengambilan dan pengiriman spesimen akan terganggu, yang berujung pada keterlambatan deteksi penyakit. Selain infrastruktur fisik, sumber daya manusia yang kompeten menjadi komponen kunci. Tenaga analis kesehatan, mikrobiolog, ahli epidemiologi laboratorium, dan teknisi laboratorium harus memiliki pelatihan yang cukup dalam biosafety, biosecurity, serta teknologi informasi untuk pengelolaan data (WHO, 2017).

### **Komponen Proses: Pengumpulan, Pengolahan, dan Analisis Data**

Tahapan proses dalam sistem surveilans berbasis laboratorium meliputi pengumpulan data melalui pemeriksaan laboratorium, pengolahan data menjadi informasi, serta analisis untuk mendeteksi pola dan tren penyakit (Heymann, 2015). Data yang dikumpulkan tidak hanya berupa hasil pemeriksaan positif atau negatif, namun juga mencakup informasi demografis pasien, waktu dan lokasi pengambilan spesimen, serta jenis penyakit atau agen penyebab. Data ini perlu dikelola dengan sistem elektronik berbasis interoperabilitas agar dapat ditransfer dengan cepat ke pusat data nasional dan internasional (CDC, 2022).

Pengolahan data laboratorium harus dilakukan dengan pendekatan epidemiologi berbasis bukti (evidence-based public health). Contohnya, laboratorium dapat mengidentifikasi peningkatan signifikan kasus dengue di

suatu wilayah dan memberikan data yang akurat kepada dinas kesehatan setempat untuk memulai investigasi dan respons cepat (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2021).

### **Komponen Output: Pelaporan dan Diseminasi Informasi**

Setelah proses analisis selesai, hasil surveilans harus dilaporkan dan disebarkan secara tepat waktu kepada otoritas kesehatan terkait, rumah sakit, dan masyarakat apabila diperlukan. Pelaporan dapat dilakukan secara berkala (mingguan, bulanan) atau segera (immediate reporting) jika teridentifikasi penyakit yang wajib dilaporkan (notifiable diseases) atau kejadian luar biasa (KLB) (WHO, 2021). Informasi yang disajikan harus mudah dipahami, tepat sasaran, dan mampu mendukung pengambilan kebijakan kesehatan berbasis data.

Pelaporan surveilans berbasis laboratorium juga sangat penting dalam kerjasama internasional, seperti pelaporan kasus flu burung atau virus baru yang berpotensi pandemi ke Global Influenza Surveillance and Response System (GISRS) WHO (WHO, 2018). Diseminasi informasi melalui dashboard digital berbasis GIS (geographic information system) juga dapat membantu visualisasi data untuk memahami penyebaran spasial penyakit.

### **Komponen Kualitas: Validitas, Reliabilitas, dan Keamanan Data**

Sistem surveilans laboratorium yang baik harus menjamin kualitas dari setiap data yang dikumpulkan dan dianalisis. Validitas hasil laboratorium merupakan aspek utama, karena kesalahan identifikasi agen penyakit dapat menyebabkan kesalahan diagnosis dan intervensi yang tidak tepat (Lee & Thacker, 2011). Oleh karena itu, laboratorium harus menerapkan sistem jaminan mutu internal dan eksternal, seperti mengikuti program uji profesiensi dari lembaga nasional maupun internasional.

Reliabilitas data juga penting untuk memastikan bahwa hasil yang diperoleh konsisten jika dilakukan pengujian ulang dalam kondisi serupa. Untuk

menjamin hal ini, laboratorium perlu menggunakan SOP (Standard Operating Procedures) yang ketat dan sistem kalibrasi alat secara berkala (WHO, 2014). Keamanan data (data security) juga menjadi perhatian utama, terutama karena data pasien yang bersifat sensitif harus dilindungi dari penyalahgunaan dan kebocoran, sesuai dengan prinsip kerahasiaan informasi medis (CDC, 2022).

### **Komponen Evaluasi dan Tindak Lanjut**

Sistem surveilans laboratorium harus memiliki mekanisme evaluasi secara berkala untuk mengukur efektivitas dan efisiensi pelaksanaan. Evaluasi ini meliputi cakupan pelaporan, kecepatan respon, akurasi data, dan keterpaduan antar komponen sistem (Teutsch & Churchill, 2000). Hasil evaluasi kemudian dijadikan dasar untuk perbaikan sistem, pelatihan ulang petugas, maupun investasi infrastruktur tambahan.

Tindak lanjut dari hasil surveilans adalah bagian yang tak terpisahkan. Data dari laboratorium harus digunakan untuk merancang intervensi kesehatan masyarakat, seperti pelaksanaan program imunisasi, peningkatan pengendalian vektor, atau penyesuaian protokol klinis untuk penyakit infeksi tertentu (Ministry of Health Republic of Indonesia, 2023). Tanpa tindak lanjut yang konkret, data surveilans hanya akan menjadi laporan statistik tanpa dampak nyata.

### **Komponen Koordinasi dan Jejaring**

Sistem surveilans berbasis laboratorium tidak berdiri sendiri, melainkan bagian dari sistem kesehatan yang lebih luas. Oleh karena itu, diperlukan koordinasi yang solid antar lembaga, baik vertikal (dari laboratorium daerah ke nasional) maupun horizontal (antar laboratorium, rumah sakit, dan dinas kesehatan) (WHO, 2017). Pembangunan jejaring laboratorium di tingkat regional seperti Jejaring Laboratorium Nasional (JLN) atau ASEAN+3 Field Epidemiology Training Network (FETN) dapat memperkuat kolaborasi lintas negara dalam respons wabah (ASEAN, 2021).

### **4.3 Peran dan Tugas Laboratorium dalam Surveilans KLB**

---

Dalam konteks sistem surveilans epidemiologi, laboratorium memegang peranan sentral dalam mendeteksi, mengkonfirmasi, memantau, dan mengevaluasi kejadian luar biasa (KLB) penyakit menular. Laboratorium bukan hanya sekadar tempat untuk melakukan uji spesimen, tetapi juga sebagai penyedia data kritis yang digunakan oleh otoritas kesehatan masyarakat dalam membuat keputusan berbasis bukti (WHO, 2014).

Surveilans KLB mengacu pada pemantauan sistematis terhadap peningkatan jumlah kasus penyakit di luar ekspektasi normal dalam suatu populasi tertentu dan waktu tertentu (CDC, 2022). Ketika terjadi KLB, laboratorium kesehatan masyarakat dan klinis menjadi garda terdepan dalam memastikan bahwa diagnosa dilakukan secara cepat, tepat, dan akurat untuk mendukung pengendalian penyebaran penyakit.

Laboratorium memiliki beberapa peran utama dalam kegiatan surveilans KLB:

#### **a. Deteksi Dini dan Konfirmasi Diagnostik**

Peran pertama dan paling mendasar dari laboratorium adalah mendeteksi keberadaan patogen dalam spesimen pasien untuk mengonfirmasi adanya KLB. Konfirmasi laboratorium sangat penting untuk membedakan antara dugaan dan kasus yang benar-benar positif berdasarkan hasil laboratorium (WHO, 2018). Tanpa konfirmasi laboratorium, penetapan KLB dapat bersifat subjektif dan berisiko menimbulkan kesalahan dalam intervensi kebijakan.

#### **b. Karakterisasi Agen Penyebab**

Laboratorium berfungsi untuk mengidentifikasi karakteristik mikrobiologis dari agen penyakit, seperti serotipe, virulensi, atau resistensi antibiotik. Hal ini penting dalam memahami pola penyebaran dan keparahan wabah (Heymann, 2015). Misalnya, selama KLB kolera, laboratorium dapat menentukan apakah

strain penyebabnya termasuk O1 El Tor atau O139, yang memiliki profil penularan dan pengobatan berbeda.

### **c. Pemantauan Tren dan Evolusi Patogen**

Laboratorium juga bertugas untuk memantau dinamika patogen, terutama dalam KLB yang berkepanjangan atau berulang. Data yang diperoleh memungkinkan otoritas kesehatan memantau perubahan strain, mutasi virus, atau pola resistensi yang berkembang seiring waktu (WHO, 2021).

### **d. Penilaian Efektivitas Intervensi Kesehatan**

Dengan menguji spesimen sebelum dan sesudah intervensi (misalnya vaksinasi atau pemberian antibiotik), laboratorium dapat membantu menilai keberhasilan program pengendalian KLB. Ini memungkinkan evaluasi efektivitas dari kebijakan yang diterapkan oleh dinas kesehatan (Ministry of Health RI, 2022).

### **e. Pelaporan dan Komunikasi Data**

Data hasil pemeriksaan laboratorium harus segera dilaporkan ke sistem surveilans nasional. Komunikasi yang cepat dan akurat memungkinkan tindakan tanggap darurat yang tepat waktu dan efektif (WHO, 2014).

Selain peran strategis, laboratorium juga memiliki tugas teknis yang sangat penting, di antaranya:

- **Pengambilan dan Transportasi Spesimen.** Laboratorium harus menetapkan prosedur standar dalam pengambilan, penyimpanan, dan pengiriman spesimen agar integritas sampel tetap terjaga (CDC, 2016).
- **Penerapan Metode Diagnostik Valid.** Penggunaan metode seperti PCR, ELISA, kultur mikrobiologi, dan sekuensing genetik sangat penting untuk mendeteksi patogen secara akurat (WHO, 2018).
- **Pengelolaan Mutu dan Standar Biosafety.** Laboratorium wajib menjalankan pengendalian mutu internal dan eksternal serta menerapkan standar biosafety level sesuai risiko patogen yang diuji (GPHLN, 2021).

- Pelatihan Sumber Daya Manusia (SDM). Laboratorium harus memiliki tenaga analis dan teknisi yang kompeten, yang memahami teknik molekuler modern dan prosedur penanganan wabah (Ministry of Health RI, 2022).

Selama KLB Demam Berdarah Dengue (DBD) di Indonesia, laboratorium berperan besar dalam melakukan tes NS1 antigen dan IgM/IgG untuk mengonfirmasi kasus. Data laboratorium ini digunakan untuk menetapkan wilayah yang terdampak dan mengarahkan fogging serta program PSN (Pemberantasan Sarang Nyamuk) secara terfokus (Kemenkes RI, 2020).

Dalam kasus pandemi COVID-19, laboratorium menjadi sangat penting dalam pengujian PCR massal, pelacakan genomik (whole genome sequencing), serta pengujian serologis untuk memantau respons imun penduduk. Laboratorium juga memainkan peran dalam pengawasan varian virus baru yang muncul, seperti varian Delta dan Omicron (WHO, 2021).

## **4.4: Contoh Penerapan Surveilans Malaria, TBC, dan Hepatitis**

---

### **a. Sistem Surveilans Malaria di Indonesia**

Surveilans malaria di Indonesia dikendalikan melalui Sistem Informasi Malaria (SIMAR), yang merupakan bagian dari sistem pelaporan rutin berbasis laboratorium di fasilitas pelayanan kesehatan. Laboratorium memegang peran dalam konfirmasi diagnosis melalui pemeriksaan mikroskopis darah tepi atau tes diagnostik cepat (Rapid Diagnostic Test/RDT) (Kemenkes RI, 2020).

Beberapa indikator utama surveilans malaria adalah:

- Annual Parasite Incidence (API): Jumlah kasus malaria positif per 1.000 penduduk per tahun.

- Slide Positivity Rate (SPR): Persentase slide darah positif malaria dari total slide yang diperiksa.
- Slide Examination Rate (SER): Proporsi jumlah slide yang diperiksa terhadap total populasi.

Laboratorium berperan mengonfirmasi diagnosis malaria secara akurat, memetakan spesies Plasmodium (*P. falciparum*, *P. vivax*), dan memberikan data real-time untuk respons lokal di wilayah endemis.

Berdasarkan Laporan Malaria Indonesia Tahun 2022, provinsi Papua memiliki API tertinggi (51,05/1000), dan laboratorium berkontribusi dalam peningkatan diagnosis tepat waktu melalui pelatihan teknisi mikroskopis (Kemenkes RI, 2023).

#### **b. Sistem Surveilans TBC Global dan Nasional**

TBC merupakan salah satu dari tiga penyakit menular utama dunia yang menjadi target SDG. Surveilans TBC berbasis laboratorium dilaksanakan dalam kerangka Program Nasional Penanggulangan Tuberkulosis (P2TB) yang terintegrasi dalam sistem SITB (Sistem Informasi Tuberkulosis) (Kemenkes RI, 2022).

Laboratorium TBC menggunakan berbagai metode:

- Tes molekuler cepat (TMC) seperti Xpert MTB/RIF untuk mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* dan resistensi rifampisin.
- Tes kultur dan uji kepekaan obat (*Drug Susceptibility Testing/DST*) di laboratorium rujukan nasional.
- Tes mikroskopis Ziehl-Neelsen untuk pemeriksaan awal sputum.

Dalam laporan WHO Global Tuberculosis Report 2023, Indonesia melaporkan sekitar 1 juta kasus TBC per tahun. Implementasi penggunaan Xpert MTB/RIF sebagai diagnosis awal meningkatkan proporsi kasus yang terdeteksi dari 65% (2017) menjadi 78% (2021) (WHO, 2023). Perluasan laboratorium TMC juga meningkatkan penemuan kasus MDR-TB.

### c. Surveilans Laboratorium Hepatitis

Hepatitis virus B dan C merupakan infeksi kronis yang berkontribusi terhadap sirosis dan kanker hati. WHO mengklasifikasikan hepatitis sebagai penyakit prioritas global dengan target eliminasi pada tahun 2030. Indonesia melalui Kementerian Kesehatan mengembangkan surveilans hepatitis yang berfokus pada dua aspek, yaitu deteksi infeksi akut pada kasus baru dan penapisan kronis melalui program skrining populasi risiko tinggi (ibu hamil, pasien HIV, pengguna NAPZA).

Pemeriksaan Laboratorium yang dilakukan diantaranya, Hepatitis B: HBsAg, HBeAg, anti-HBs, HBV DNA (jika tersedia), Hepatitis C: Anti-HCV, HCV RNA (konfirmasi). Laboratorium provinsi ditunjuk sebagai pusat skrining dan rujukan pengujian konfirmasi. Data dikumpulkan melalui SIHEPI (Sistem Informasi Hepatitis Indonesia). Menurut Laporan Tahunan P2P Kemenkes 2022, dari 1.153.000 ibu hamil yang diperiksa, 2,3% dinyatakan positif HBsAg. Sebagian besar konfirmasi dilakukan di laboratorium daerah yang bekerja sama dengan laboratorium rujukan nasional (Kemenkes RI, 2022). Penemuan dini ini menjadi dasar pemberian imunoglobulin dan vaksin hepatitis B pada bayi baru lahir untuk mencegah transmisi vertikal.

Penerapan surveilans berbasis laboratorium untuk penyakit menular seperti malaria, TBC, dan hepatitis menjadi bukti nyata bahwa data laboratorium memainkan peran vital dalam pemantauan, deteksi dini, dan pengendalian penyakit secara efektif. Keakuratan dan ketepatan waktu pelaporan dari laboratorium menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan publik yang responsif. Ke depan, integrasi sistem informasi, peningkatan kapasitas SDM laboratorium, dan perluasan akses terhadap pemeriksaan konfirmasi menjadi langkah penting dalam memperkuat surveilans nasional yang tangguh.

## Latihan Soal

Untuk memperdalam pemahaman terhadap materi yang telah disampaikan, berikut disusun latihan soal berbentuk esai. Latihan ini bertujuan untuk mengasah kemampuan analisis, sintesis, dan pemahaman konseptual mahasiswa terhadap aplikasi nyata dari surveilans laboratorium

---

### Soal 1

Jelaskan perbedaan antara surveilans pasif dan surveilans aktif dalam konteks penyakit menular, serta berikan contoh penerapannya dalam sistem kesehatan di Indonesia!

### Soal 2

Uraikan dan jelaskan lima komponen utama dari sistem surveilans berbasis laboratorium yang efektif, serta bagaimana keterkaitannya satu sama lain!

### Soal 3

Jelaskan peran laboratorium dalam mendukung proses investigasi dan pengendalian KLB, serta sebutkan minimal dua contoh penyakit di mana peran laboratorium menjadi sangat penting!

### Soal 4

Bandingkan peran surveilans laboratorium pada dua penyakit berbeda, yaitu TBC dan Hepatitis B, dilihat dari jenis tes laboratorium yang digunakan dan 86arasi pelaporannya di Indonesia!

## Glosarium

---

Surveilans	: Pengamatan sistematis terhadap kejadian penyakit untuk pengambilan keputusan kesehatan masyarakat.
Surveilans Berbasis Laboratorium	: Sistem surveilans yang menggunakan data laboratorium untuk mendeteksi dan memantau penyakit.
Kejadian Luar Biasa (KLB)	: Peningkatan kejadian penyakit yang signifikan dibandingkan dengan keadaan normal.
Malaria	: Penyakit menular yang disebabkan oleh parasit Plasmodium, ditularkan melalui gigitan nyamuk Anopheles.
Tuberkulosis (TBC)	: Penyakit infeksius yang disebabkan oleh bakteri Mycobacterium tuberculosis, menyerang paru-paru.
Hepatitis	: Peradangan hati yang dapat disebabkan oleh virus hepatitis A, B, C, D, atau E.

## REFERENSI

---

- ASEAN. (2021). ASEAN+3 Field Epidemiology Training Network (FETN): Strengthening regional preparedness. Retrieved from <https://asean.org>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020). Introduction to public health surveillance. <https://www.cdc.gov/training/publichealth101/surveillance.html>
- GPHLN. (2021). Global Public Health Laboratory Network Annual Report 2021. Geneva: World Health Organization.
- Heymann, D. L. (2015). Control of communicable diseases manual (20<sup>th</sup> ed.). Washington, DC: American Public Health Association.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Modul Surveilans Berbasis Laboratorium. Direktorat Jenderal Pencegahan dan Pengendalian Penyakit. <https://lms.kemkes.go.id/courses/96b44cda-3f66-4e63-93a1-00fcab000d84>
- Ministry of Health Republic of Indonesia. (2021). Laporan Tahunan Sistem Surveilans Penyakit Berbasis Laboratorium. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Ministry of Health Republic of Indonesia. (2023). Buku Pedoman Surveilans Terpadu Penyakit Menular di Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Thacker, S. B., & Berkelman, R. L. (1988). Public health surveillance in the United States. *Epidemiologic Reviews*, 10, 164–190. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.epirev.a036021>
- UNICEF. (2019). State of the World's Laboratories: Diagnostics in the Global South. New York: UNICEF Publications.
- World Health Organization. (2014). Early detection, assessment and response to acute public health events: Implementation of early warning and response with a focus on event-based surveillance. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-HSE-GCR-LYO-2014.4>
- World Health Organization. (2018). WHO guidelines on ethical issues in public health surveillance. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241512657>
- World Health Organization. (2021). Genomic Sequencing of SARS-CoV-2: A Guide to Implementation for Maximum Impact on Public Health. Geneva: WHO.

## **Bab 5**

### **Interpretasi Hasil Laboratorium dalam Konteks Epidemiologi**

---

Dalam praktik epidemiologi modern, data laboratorium memainkan peran penting tidak hanya sebagai alat diagnosis, tetapi juga sebagai dasar dalam pengambilan keputusan kesehatan masyarakat. Namun, data hasil laboratorium tidak dapat berdiri sendiri. Interpretasi hasil pemeriksaan harus mempertimbangkan tiga dimensi penting: waktu (time), tempat (place), dan orang (person). Prinsip ini merupakan fondasi dalam epidemiologi deskriptif yang berguna untuk memahami pola distribusi penyakit. Oleh karena itu, Bab 5 ini akan mengupas bagaimana cara menafsirkan hasil pemeriksaan laboratorium dengan mempertimbangkan aspek temporal, spasial, dan demografis secara sistematis dan berbasis bukti, sehingga dapat mendukung intervensi kesehatan yang efektif (CDC, 2021).

### **Tujuan**

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan prinsip dasar time, place, person dalam epidemiologi dan bagaimana ketiganya mempengaruhi interpretasi hasil laboratorium.
2. Mengelompokkan dan menganalisis data laboratorium berdasarkan wilayah dan karakteristik populasi.
3. Mengkorelasikan hasil pemeriksaan laboratorium dengan faktor risiko yang relevan.
4. Menyusun dan menafsirkan laporan berbasis data laboratorium melalui studi kasus sederhana.

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

---

1. Mahasiswa mampu menjelaskan konsep epidemiologi dalam kaitannya dengan data laboratorium.
2. Mahasiswa mampu mengintegrasikan informasi dari hasil laboratorium dengan faktor epidemiologis (waktu, tempat, orang).
3. Mahasiswa mampu menerapkan prinsip epidemiologi dalam menyusun laporan dan interpretasi hasil pemeriksaan laboratorium pada konteks penyakit menular dan tidak menular.

## Indikator Pencapaian Pembelajaran

---

1. Mahasiswa dapat menjelaskan prinsip time, place, person secara tertulis.
2. Mahasiswa mampu membaca dan mengelompokkan hasil laboratorium berdasarkan distribusi geografis dan populasi.
3. Mahasiswa dapat menghubungkan hasil uji laboratorium dengan kemungkinan penyebab atau risiko kesehatan masyarakat.
4. Mahasiswa mampu menyajikan laporan interpretatif hasil pemeriksaan berbasis data fiktif.

## Kata Kunci

---

- Interpretasi hasil laboratorium
- Time-place-person
- Epidemiologi deskriptif
- Distribusi penyakit
- Faktor risiko
- Analisis data laboratorium.

## Waktu Belajar yang Disarankan

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 5.1 Prinsip *Time, Place, Person* dalam Interpretasi Data

---

Dalam epidemiologi deskriptif, prinsip *Time, Place, Person* merupakan kerangka kerja fundamental yang digunakan untuk menggambarkan distribusi penyakit di masyarakat. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk memahami kapan (*time*), di mana (*place*), dan pada siapa (*person*) suatu penyakit terjadi sehingga dapat membantu perencanaan intervensi yang tepat sasaran (Friis & Sellers, 2020).

### 1. Dimensi Waktu (Time)

Dimensi waktu berfokus pada aspek kronologis dari kejadian penyakit. Analisis waktu dilakukan untuk mengidentifikasi tren atau pola penyakit berdasarkan rentang waktu tertentu seperti harian, mingguan, bulanan, tahunan, atau bahkan dekade. Pendekatan ini dapat mengungkapkan peningkatan kasus musiman (seperti influenza yang meningkat saat musim hujan), tren jangka panjang (misalnya penurunan angka kematian akibat TBC sejak adanya program DOTS), atau kejadian luar biasa (KLB) yang bersifat mendadak seperti wabah leptospirosis pascabanjir (CDC, 2021).

Contohnya, peningkatan kasus demam berdarah dengue (DBD) di Indonesia sering kali terjadi pada awal dan akhir musim hujan. Data dari Kementerian Kesehatan menunjukkan pola konsisten di mana insiden DBD memuncak antara bulan Januari dan Maret, yang menandakan adanya keterkaitan antara curah hujan dan keberadaan vektor nyamuk *Aedes aegypti* (Kemenkes RI, 2020). Informasi ini sangat penting dalam merancang strategi pencegahan seperti program fogging, edukasi masyarakat, dan pengelolaan lingkungan yang dilakukan sebelum puncak musim hujan tiba. Dalam interpretasi hasil laboratorium, analisis waktu dapat menunjukkan apakah hasil positif suatu pemeriksaan meningkat dalam jangka waktu tertentu. Misalnya, laboratorium yang mencatat lonjakan hasil positif RT-PCR SARS-CoV-2 dalam dua minggu terakhir dapat mendukung dugaan awal terjadinya gelombang baru pandemi COVID-19 (WHO, 2021).

### 2. Dimensi Tempat (Place)

Dimensi tempat mencakup lokasi geografis dari kasus penyakit, yang dapat dianalisis pada berbagai tingkat, mulai dari negara, provinsi, kabupaten, kota, hingga tingkat komunitas seperti desa atau RT/RW. Analisis spasial ini membantu mengidentifikasi kluster penyakit, daerah endemis, atau lokasi dengan risiko tinggi penularan (Thacker & Stroup, 1996).

Misalnya, dalam surveilans malaria di Papua, Indonesia, distribusi spasial menunjukkan bahwa sebagian besar kasus berasal dari wilayah dengan ketinggian rendah dan kondisi iklim lembap. Lokasi ini ideal untuk berkembangnya nyamuk *Anopheles* sebagai vektor malaria. Hasil laboratorium yang menunjukkan prevalensi tinggi parasit malaria dari sampel darah penduduk di daerah tersebut menegaskan pentingnya pendekatan berbasis wilayah dalam upaya penanggulangan (Kemenkes RI, 2022).

Selain itu, analisis spasial juga penting dalam mendeteksi penyebaran penyakit zoonosis seperti leptospirosis, yang sering ditemukan di wilayah-wilayah dengan infrastruktur sanitasi buruk dan sering terjadi banjir. Data laboratorium dari rumah sakit atau puskesmas di daerah-daerah ini dapat membantu mengarahkan perhatian pemerintah daerah untuk memperkuat sistem drainase dan edukasi kebersihan lingkungan. Teknik pemetaan geografis atau Geographic Information System (GIS) kini juga digunakan untuk mengintegrasikan hasil laboratorium dengan data lokasi, sehingga memperjelas gambaran epidemiologis dan membantu dalam pengambilan keputusan berbasis wilayah (Brownstein et al., 2008).

### **3. Dimensi Orang (Person)**

Dimensi orang menekankan pada karakteristik individu atau kelompok yang terkena penyakit, termasuk usia, jenis kelamin, status sosial ekonomi, pekerjaan, gaya hidup, riwayat perjalanan, serta status imunisasi. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kelompok rentan yang membutuhkan perhatian lebih dalam intervensi kesehatan masyarakat (Gordis, 2014). Contoh nyata dari pendekatan ini adalah analisis hasil laboratorium hepatitis B. Prevalensi hepatitis B sering kali lebih tinggi pada kelompok usia produktif (15–49 tahun), khususnya pada individu dengan riwayat hubungan seksual tidak aman atau penggunaan jarum suntik tidak steril. Laboratorium yang mencatat lebih banyak hasil HBsAg reaktif pada kelompok ini memberikan sinyal kuat bagi pelaksanaan program vaksinasi dan promosi perilaku sehat yang lebih intensif di kelompok tersebut (WHO, 2021).

Selain itu, data dari pemeriksaan laboratorium bisa menunjukkan kecenderungan penyakit berdasarkan pekerjaan. Misalnya, kasus positif leptospirosis lebih banyak ditemukan pada pekerja kebersihan dan petani sawah yang lebih sering bersentuhan dengan air kotor. Interpretasi ini menunjukkan pentingnya pendekatan berbasis risiko pekerjaan dalam penyusunan kebijakan pencegahan dan penanggulangan penyakit. Contoh lain adalah prevalensi anemia yang lebih tinggi pada perempuan usia subur. Hasil laboratorium berupa kadar hemoglobin rendah pada kelompok ini sering ditemukan dalam

program skrining di puskesmas, dan menunjukkan perlunya intervensi berupa suplementasi zat besi serta edukasi gizi seimbang (Kemenkes RI, 2020).

### **Integrasi *Time, Place, Person* serta Implikasi dalam Praktik Laboratorium**

Analisis yang ideal dalam epidemiologi deskriptif adalah integrasi ketiga dimensi ini secara bersamaan. Pendekatan ini memberikan gambaran yang utuh tentang distribusi penyakit sehingga mempermudah perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi intervensi kesehatan.

Sebagai contoh; Di Kabupaten Y, terjadi lonjakan hasil positif pemeriksaan Widal (indikasi demam tifoid) selama bulan Januari–Februari (Time), dengan konsentrasi kasus di desa-desa yang tidak memiliki akses air bersih (Place), dan paling banyak menyerang anak-anak usia 5–14 tahun (Person). Interpretasi data ini dapat diarahkan pada program edukasi sanitasi, distribusi air bersih, dan kampanye cuci tangan di sekolah. Laboratorium berperan penting dalam menyediakan data yang akurat untuk masing-masing dimensi ini. Oleh karena itu, pelaporan hasil laboratorium harus disertai dengan metadata kontekstual seperti tanggal pengambilan sampel, lokasi pasien, dan data demografi. Data ini kemudian diintegrasikan dalam sistem surveilans yang dapat mendeteksi perubahan pola dan mengantisipasi potensi kejadian luar biasa (CDC, 2021).

Dalam praktik sehari-hari, laboratorium perlu bekerja sama erat dengan petugas epidemiologi lapangan dan tenaga kesehatan lainnya agar hasil pemeriksaan memiliki nilai epidemiologis. Misalnya, pelaporan hasil pemeriksaan yang hanya berisi "positif" atau "negatif" tanpa keterangan waktu dan asal pasien tidak akan cukup untuk menyusun peta penyebaran penyakit secara efektif. Oleh karena itu, pelatihan petugas laboratorium dalam pencatatan dan pelaporan data sangat penting untuk meningkatkan kontribusi laboratorium dalam sistem surveilans berbasis data.

Laboratorium juga dapat mengembangkan sistem internal untuk menganalisis tren hasil pemeriksaan, seperti dengan membuat grafik mingguan jumlah hasil positif untuk penyakit tertentu, atau membandingkan hasil antara wilayah layanan mereka. Data ini kemudian disampaikan kepada dinas kesehatan sebagai bagian dari sistem kewaspadaan dini dan respons cepat (SKDR).

## **5.2 Pengelompokan Data Lab Berdasarkan Wilayah dan Populasi**

---

Dalam epidemiologi, data laboratorium berperan penting dalam mengidentifikasi dan memantau distribusi penyakit. Namun, agar data tersebut dapat memberikan informasi yang bermakna, perlu dilakukan pengelompokan berdasarkan wilayah geografis dan karakteristik populasi. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola penyebaran penyakit, kelompok berisiko, dan perencanaan intervensi yang lebih efektif (CDC, 2021).

### **Pengelompokan Berdasarkan Wilayah Geografis**

Pengelompokan data laboratorium berdasarkan wilayah geografis membantu dalam memahami distribusi spasial penyakit. Wilayah dapat dibagi menjadi berbagai tingkat, seperti nasional, provinsi, kabupaten/kota, kecamatan, hingga desa atau RT/RW. Analisis ini memungkinkan identifikasi kluster penyakit dan daerah endemis (FETP Indonesia, 2020). Misalnya, dalam surveilans malaria di Indonesia, data laboratorium menunjukkan bahwa kasus malaria lebih banyak ditemukan di daerah dengan ketinggian rendah dan kondisi iklim lembap, seperti Papua dan Nusa Tenggara Timur. Informasi ini penting untuk perencanaan program pengendalian malaria yang lebih terfokus (Kemenkes RI, 2022).

Selain itu, penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) memungkinkan visualisasi data laboratorium dalam bentuk peta, yang memudahkan identifikasi daerah dengan prevalensi penyakit tinggi. Pemetaan ini juga membantu dalam perencanaan distribusi sumber daya kesehatan dan intervensi (Brownstein et al., 2008).

### **Pengelompokan Berdasarkan Karakteristik Populasi**

Pengelompokan data laboratorium berdasarkan karakteristik populasi, seperti usia, jenis kelamin, pekerjaan, dan status sosial ekonomi, membantu dalam mengidentifikasi kelompok yang paling rentan terhadap penyakit tertentu. Analisis ini memungkinkan perencanaan intervensi yang lebih tepat sasaran (Gordis, 2014). Sebagai contoh, data laboratorium menunjukkan bahwa prevalensi anemia lebih tinggi pada perempuan usia subur. Informasi ini dapat digunakan untuk merancang program suplementasi zat besi dan edukasi gizi yang ditujukan khusus untuk kelompok ini (Kemenkes RI, 2020).

Pengelompokan berdasarkan pekerjaan juga penting. Misalnya, pekerja pertanian yang sering terpapar air kotor memiliki risiko lebih tinggi terkena

leptospirosis. Data laboratorium yang menunjukkan peningkatan kasus leptospirosis pada kelompok ini dapat mendorong implementasi program edukasi dan pencegahan yang spesifik (WHO, 2021).

### **Integrasi Pengelompokan Wilayah dan Populasi**

Integrasi pengelompokan berdasarkan wilayah dan populasi memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang distribusi penyakit. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kluster penyakit dalam kelompok populasi tertentu di wilayah tertentu, yang sangat penting untuk perencanaan intervensi yang efektif (CDC, 2021). Misalnya, data laboratorium menunjukkan peningkatan kasus hepatitis A di wilayah perkotaan dengan sanitasi buruk, terutama pada anak-anak usia sekolah. Informasi ini dapat digunakan untuk merancang program vaksinasi dan edukasi kebersihan yang ditargetkan pada sekolah-sekolah di wilayah tersebut (Kemenkes RI, 2020).

### **Tantangan dalam Pengelompokan Data Laboratorium Berdasarkan Wilayah dan Populasi**

Meskipun pengelompokan data laboratorium berdasarkan wilayah dan populasi menawarkan berbagai manfaat dalam praktik epidemiologi dan pengambilan keputusan berbasis bukti, proses ini bukan tanpa kendala. Tantangan-tantangan berikut perlu diperhatikan agar interpretasi data tetap valid, representatif, dan dapat ditindaklanjuti secara operasional di lapangan:

#### **1. Kualitas dan Kelengkapan Data**

Salah satu tantangan utama adalah kualitas dan kelengkapan data laboratorium. Banyak laboratorium, terutama di daerah dengan sumber daya terbatas, mengalami hambatan dalam menjaga mutu data yang dikumpulkan. Masalah umum meliputi data yang tidak lengkap (missing values), kesalahan pencatatan, ketidakkonsistenan format data, atau keterlambatan pelaporan (CDC, 2021). Kelemahan ini dapat menyebabkan bias dalam interpretasi distribusi penyakit, terutama jika data tidak mencerminkan populasi yang sebenarnya terkena dampak. Kelengkapan data sangat penting karena pengelompokan berdasarkan wilayah atau populasi memerlukan detail seperti alamat pasien, usia, jenis kelamin, dan hasil uji laboratorium yang valid. Tanpa elemen-elemen ini, pengelompokan menjadi tidak akurat dan menyesatkan (Gordis, 2014).

#### **2. Ketersediaan dan Akses Data yang Tidak Merata**

Distribusi fasilitas laboratorium di berbagai wilayah tidak merata, sehingga data yang terkumpul bisa sangat bergantung pada kapasitas laboratorium setempat. Di beberapa daerah terpencil, laboratorium mungkin tidak mampu

melakukan pengujian yang dibutuhkan karena keterbatasan peralatan atau sumber daya manusia. Hal ini menyebabkan kesenjangan data (data gap) antarwilayah yang dapat mengaburkan gambaran epidemiologis sebenarnya (Kemenkes RI, 2022). Selain itu, akses terhadap data laboratorium sering kali terbatas karena alasan kebijakan internal, privasi, atau kerahasiaan institusional. Akses terbatas ini menyulitkan pihak lain seperti Dinas Kesehatan daerah atau peneliti untuk mengelola dan menganalisis data secara optimal.

### 3. Ketidakterstandarisasian Format Data

Tantangan lain terletak pada kurangnya standarisasi format pelaporan data laboratorium. Berbagai laboratorium mungkin menggunakan sistem informasi laboratorium (LIS) yang berbeda, atau bahkan masih mencatat secara manual. Perbedaan format ini menyebabkan kesulitan dalam mengintegrasikan data dari berbagai sumber ke dalam sistem surveilans nasional atau regional (WHO, 2021). Misalnya, beberapa laboratorium melaporkan data dalam bentuk kuantitatif (angka), sementara lainnya dalam bentuk kualitatif (positif/negatif). Tanpa prosedur standarisasi yang jelas, konsistensi dan validitas analisis lintas wilayah menjadi dipertanyakan.

### 4. Validitas Data Populasi Sasaran

Pengelompokan data laboratorium berdasarkan populasi akan efektif jika data tersebut dapat dikaitkan secara representatif dengan karakteristik penduduk. Namun, sering kali laboratorium tidak mencatat informasi demografis secara lengkap seperti status pekerjaan, pendidikan, pendapatan, atau status migrasi pasien. Hal ini menghambat identifikasi kelompok rentan dan membatasi kemampuan untuk menilai determinan sosial dari penyakit (Brownstein et al., 2008). Selain itu, data laboratorium cenderung bersifat pasif atau "passive surveillance", hanya merekam orang yang datang berobat atau diperiksa. Populasi sehat atau mereka yang tidak memiliki akses ke layanan kesehatan mungkin tidak terwakili, sehingga mengurangi generalisasi hasil (CDC, 2021).

### 5. Duplikasi atau Inkonsistensi Data

Dalam proses pengumpulan data dari berbagai fasilitas atau laboratorium, sering ditemukan duplikasi atau inkonsistensi identitas pasien. Satu pasien mungkin diperiksa di lebih dari satu fasilitas atau memiliki data ganda dengan nama dan nomor identifikasi berbeda. Tanpa sistem pengenalan unik (unique identifier), risiko pencatatan berulang sangat tinggi, yang bisa menyesatkan analisis tren penyakit (Gordis, 2014). Masalah ini semakin kompleks jika laboratorium dan fasilitas kesehatan belum tergabung dalam sistem informasi

kesehatan terintegrasi, yang seharusnya mampu mengenali rekam jejak pasien lintas layanan dan wilayah.

#### 6. Tantangan Etika dan Privasi Data

Meskipun penting dalam pengelompokan wilayah dan populasi, penggunaan data laboratorium tetap harus tunduk pada prinsip etika dan perlindungan data pribadi. Pengumpulan dan distribusi data yang mengandung informasi pribadi tanpa persetujuan dapat menimbulkan pelanggaran hak asasi dan menurunkan kepercayaan masyarakat terhadap sistem kesehatan (WHO, 2022). Oleh karena itu, kebijakan perlindungan data, de-identifikasi, serta pengelolaan data secara anonim perlu ditegakkan secara konsisten ketika data digunakan untuk kepentingan epidemiologis, terutama dalam publikasi dan penyebaran informasi.

#### 7. Kendala Teknologi dan Infrastruktur

Sistem surveilans laboratorium yang efektif sangat bergantung pada infrastruktur teknologi informasi yang memadai. Sayangnya, banyak fasilitas kesehatan, terutama di wilayah perdesaan atau daerah terpencil, belum memiliki infrastruktur digital untuk pelaporan real-time. Hal ini menyebabkan keterlambatan dalam pengumpulan, pengolahan, dan diseminasi data yang akhirnya menghambat respons cepat terhadap wabah atau kejadian luar biasa (Kemenkes RI, 2020). Keterbatasan teknologi ini juga mempersulit penerapan sistem berbasis web, SIG (Sistem Informasi Geografis), atau integrasi dengan sistem surveilans nasional seperti *Early Warning and Response System* (EWARS).

### **5.3 Korelasi antara Hasil Lab dan Faktor Risiko**

---

Dalam konteks epidemiologi, hasil laboratorium bukan hanya digunakan untuk menegakkan diagnosis penyakit, tetapi juga untuk mengidentifikasi hubungan antara berbagai faktor risiko dengan status kesehatan populasi. Korelasi antara hasil pemeriksaan laboratorium dan faktor risiko berfungsi sebagai dasar analisis penyebab, pola, dan determinan penyakit dalam masyarakat. Pemahaman yang tepat atas korelasi ini membantu perancang kebijakan kesehatan dan tenaga medis dalam merumuskan langkah preventif dan intervensi berbasis bukti (Gordis, 2014).

Faktor risiko dapat berupa karakteristik individu (usia, jenis kelamin), perilaku (merokok, diet), lingkungan (sanitasi, kepadatan hunian), maupun predisposisi genetik. Ketika faktor-faktor ini dianalisis bersamaan dengan hasil laboratorium seperti kadar gula darah, enzim hati, atau hasil uji serologi, maka

dapat terlihat hubungan antara paparan risiko dan manifestasi biologis yang diukur secara objektif (Friis & Sellers, 2020).

### **Konsep Korelasi Epidemiologis**

Korelasi dalam epidemiologi merujuk pada hubungan statistik antara dua variabel atau lebih, dalam hal ini antara hasil laboratorium dan faktor risiko. Korelasi bisa bersifat positif (jika peningkatan faktor risiko diikuti oleh peningkatan hasil laboratorium tertentu) atau negatif (jika peningkatan faktor risiko berbanding terbalik dengan hasil lab).

Sebagai contoh, kadar HbA1c yang tinggi dalam uji laboratorium berkorelasi positif dengan gaya hidup sedentari, obesitas, dan pola makan tinggi gula, yang semuanya merupakan faktor risiko diabetes melitus tipe 2 (ADA, 2021). Dengan menemukan pola semacam ini, epidemiolog dapat mengidentifikasi populasi yang paling rentan dan fokus pada pencegahan atau intervensi dini.

### **Contoh Korelasi dalam Studi Epidemiologi**

#### **1. Korelasi Merokok dan Kadar Karboksihemoglobin**

Penelitian menemukan bahwa individu perokok memiliki kadar karboksihemoglobin (COHb) lebih tinggi dalam darah dibanding non-perokok. COHb terbentuk saat karbon monoksida dari asap rokok berikatan dengan hemoglobin, menghambat kemampuan darah membawa oksigen. Korelasi ini menjadi indikator biologis paparan rokok dan risiko hipoksia jaringan (CDC, 2021).

#### **2. Korelasi Paparan Lingkungan dan Kadar Timbal dalam Darah**

Anak-anak yang tinggal di lingkungan dengan kontaminasi logam berat menunjukkan kadar timbal dalam darah yang signifikan lebih tinggi. Studi di wilayah industri dan pemukiman dekat tambang menguatkan korelasi ini, menunjukkan bahwa faktor risiko lingkungan sangat memengaruhi status kesehatan berdasarkan uji laboratorium (WHO, 2017).

#### **3. Korelasi Gaya Hidup dan Kadar Trigliserida**

Kelebihan konsumsi makanan tinggi lemak jenuh dan kurangnya aktivitas fisik menunjukkan korelasi positif dengan tingginya kadar trigliserida dan LDL. Data laboratorium ini kemudian digunakan untuk mendukung program edukasi gaya hidup sehat sebagai upaya pencegahan penyakit jantung (Gordis, 2014).

#### 4. Korelasi Imunisasi dan Kadar Antibodi

Hasil pemeriksaan serologi pasca imunisasi menunjukkan kadar antibodi IgG yang cukup sebagai bukti perlindungan imunologis. Korelasi ini memperkuat efektivitas program vaksinasi dan digunakan dalam evaluasi cakupan serta keberhasilan imunisasi massal (Kemenkes RI, 2022).

#### **Jenis Hasil Laboratorium yang Dikaitkan dengan Faktor Risiko**

Dalam praktik epidemiologi, hasil laboratorium menjadi alat vital dalam mendeteksi, memantau, dan mengevaluasi hubungan antara paparan risiko dan manifestasi penyakit. Jenis hasil laboratorium yang digunakan sangat bervariasi tergantung pada jenis penyakit, karakteristik populasi, serta tujuan surveilans atau penelitian epidemiologis. Berikut ini adalah uraian yang lebih komprehensif mengenai berbagai jenis hasil laboratorium yang sering dikaitkan dengan faktor risiko:

##### 1. Pemeriksaan Kimia Darah

Pemeriksaan ini mencakup berbagai parameter metabolik yang dapat menunjukkan adanya gangguan sistemik dan digunakan untuk mengaitkan perilaku atau status gizi seseorang dengan risiko penyakit:

- Glukosa darah puasa dan 2 jam *post-prandial*, Kadar glukosa darah merupakan indikator penting untuk mengevaluasi risiko diabetes mellitus tipe 2, yang sangat terkait dengan obesitas, pola makan tinggi gula, kurang aktivitas fisik, dan riwayat keluarga (ADA, 2021).
- HbA1c, Merupakan indikator kontrol glikemik jangka panjang. Kadar HbA1c yang tinggi mengindikasikan risiko komplikasi diabetes dan sering digunakan dalam studi epidemiologi kronis (WHO, 2011).
- Enzim hati (AST, ALT, GGT), Meningkatnya kadar enzim ini dikaitkan dengan konsumsi alkohol, penyakit hati karena virus, atau penyakit hati non-alkoholik (NAFLD) yang berkaitan dengan obesitas dan dislipidemia (Friedman et al., 2018).
- Profil lipid (HDL, LDL, Trigliserida, Kolesterol total), Ketidakseimbangan lipid darah sering diasosiasikan dengan gaya hidup tidak sehat, diet tinggi lemak jenuh, dan kurang aktivitas fisik, serta berisiko terhadap penyakit kardiovaskular (NCEP, 2002).

---

## 2. Pemeriksaan Hematologi

Parameter darah lengkap sering digunakan dalam surveilans penyakit infeksi maupun non-infeksi:

- Hemoglobin dan hematokrit, Merupakan indikator status anemia, yang sering dikaitkan dengan malnutrisi, infeksi cacing tambang, atau defisiensi zat besi, terutama pada kelompok rentan seperti ibu hamil dan anak-anak (Kemenkes RI, 2020).
- Jumlah leukosit dan diferensial leukosit, Perubahan profil leukosit menunjukkan adanya infeksi akut, kronis, atau bahkan kondisi keganasan. Leukositosis sering ditemukan pada infeksi bakteri, sementara limfositosis dikaitkan dengan infeksi virus seperti mononukleosis atau hepatitis (Henry, 2017).
- Trombosit, Penurunan jumlah trombosit dapat menjadi indikator dini infeksi virus dengue, malaria, atau demam berdarah, dan dapat dikaitkan dengan risiko perdarahan (WHO, 2022).

---

## 3. Pemeriksaan Serologi dan Imunologi

Tes ini digunakan untuk mendeteksi keberadaan antibodi atau antigen sebagai indikator paparan atau kekebalan terhadap penyakit infeksi:

- ELISA dan rapid test untuk antibodi/antigen, Digunakan dalam surveilans penyakit seperti HIV, hepatitis B dan C, dengue, dan COVID-19. Hasil ini dikaitkan dengan faktor risiko perilaku (seperti hubungan seksual tidak aman, penggunaan jarum suntik bersama), lingkungan (endemisitas), dan status imun (WHO, 2021).
- CRP (C-reactive protein) dan ESR (laju endap darah), Digunakan untuk mendeteksi inflamasi sistemik, berhubungan dengan berbagai kondisi

termasuk infeksi kronis, penyakit autoimun, dan sindrom metabolik yang dipengaruhi oleh gaya hidup dan obesitas (Pepys & Hirschfield, 2003).

---

#### 4. Pemeriksaan Mikrobiologi & Parasitologi

Jenis pemeriksaan ini mengidentifikasi mikroorganisme penyebab penyakit dan sangat berguna dalam menentukan korelasi dengan sanitasi, air bersih, dan kebiasaan higienitas:

- Pemeriksaan feses, Digunakan untuk mendeteksi parasit (seperti Giardia, Entamoeba, Ascaris) dan bakteri (seperti Salmonella, Shigella). Hasil positif dapat dikaitkan dengan lingkungan tidak bersih, akses air minum yang buruk, dan pola hidup (Kemenkes RI, 2019).
  - Sputum BTA (Basil Tahan Asam), Positif BTA menjadi indikator kuat untuk tuberkulosis, yang berkorelasi erat dengan kepadatan hunian, status gizi, dan paparan udara yang tercemar (WHO, 2020).
  - Uji kultur dan resistensi antibiotik, Memberikan informasi penting dalam surveilans resistensi antimikroba, dikaitkan dengan penggunaan antibiotik tidak rasional atau kebiasaan membeli antibiotik tanpa resep (CDC, 2020).
- 

#### 5. Pemeriksaan Molekuler (PCR dan Genotyping)

Teknologi ini sangat sensitif dan digunakan untuk mendeteksi DNA/RNA patogen secara spesifik:

- RT-PCR untuk deteksi virus (seperti SARS-CoV-2), Digunakan untuk surveilans infeksi aktif dan dihubungkan dengan mobilitas penduduk, kepadatan tempat tinggal, dan status vaksinasi.
- Genotyping, Digunakan dalam epidemiologi molekuler untuk melacak asal-usul wabah, varian virus, dan menilai risiko transmisi berdasarkan

jenis virus/bakteri yang beredar di suatu wilayah (van Belkum et al., 2019).

---

## 6. Pemeriksaan Urinalisis dan Kimia Urin

Tes ini relevan untuk memantau penyakit ginjal, diabetes, dan infeksi saluran kemih, yang masing-masing memiliki faktor risiko terkait:

- Proteinuria, Dapat mengindikasikan penyakit ginjal kronik akibat hipertensi atau diabetes.
  - Glukosuria, Menunjukkan kontrol glikemik buruk pada penderita diabetes.
  - Nitrit dan leukosit dalam urin, Indikator infeksi saluran kemih, lebih sering ditemukan pada wanita, lansia, dan individu dengan riwayat kebersihan diri buruk (Henry, 2017).
- 

## 7. Pemeriksaan Toksikologi

Hasil laboratorium untuk mendeteksi toksin atau zat berbahaya dalam tubuh memiliki nilai epidemiologis penting, terutama di daerah industri:

- Timbal dalam darah: Tingginya kadar timbal dikaitkan dengan lingkungan tercemar, terutama di dekat tambang, cat timbal, atau pabrik aki (WHO, 2017).
- Zat aditif atau pestisida: Dapat dideteksi pada petani yang terpapar bahan kimia secara terus menerus, mengindikasikan hubungan kerja dan risiko penyakit kronik seperti gangguan saraf atau kanker (FAO & WHO, 2020).

Berbagai jenis hasil laboratorium dapat memberikan gambaran nyata tentang status kesehatan individu maupun populasi dan memperkuat analisis hubungan antara paparan faktor risiko dan outcome klinis. Dengan memahami parameter

biologis yang relevan dan mengaitkannya dengan determinan sosial, perilaku, lingkungan, dan genetik, epidemiolog dapat menyusun intervensi berbasis data yang lebih tepat sasaran. Pemanfaatan hasil laboratorium secara integratif dalam surveilans penyakit dan penelitian epidemiologi menjadi salah satu fondasi dalam sistem kesehatan masyarakat modern.

Korelasi antara hasil laboratorium dan faktor risiko merupakan bagian penting dari epidemiologi analitik. Melalui pendekatan ini, profesional kesehatan dapat menghubungkan gejala biologis yang terdeteksi di laboratorium dengan pola penyakit dalam masyarakat dan faktor yang menyertainya. Dengan demikian, hasil laboratorium berkontribusi besar dalam penanggulangan penyakit secara sistemik, ilmiah, dan berbasis data. Namun, tidak semua korelasi berarti hubungan sebab-akibat (causality). Korelasi bisa bersifat spurious atau dipengaruhi variabel lain yang belum diperhitungkan. Oleh karena itu, interpretasi harus dilakukan dengan kehati-hatian, terutama bila data laboratorium hanya tersedia sebagian (bias seleksi) atau ada perbedaan kualitas antar fasilitas lab (Friis & Sellers, 2020).

## 5.4 Studi Kasus Interpretasi Hasil Laboratorium

---

### Kasus 1: Penyakit Diare Akut pada Anak Sekolah Dasar

Deskripsi Kasus:

Dalam satu minggu terakhir, sebuah puskesmas di wilayah pesisir Kota X menerima 35 kasus diare akut dari dua SD yang berdekatan. Semua pasien adalah anak-anak usia 7–12 tahun. Gejala meliputi diare cair, mual, dan beberapa dengan muntah. Tidak ditemukan darah dalam feses. Tiga anak mengalami dehidrasi sedang.

Hasil Pemeriksaan Laboratorium (5 Sampel Feses Acak):

Pemeriksaan	Hasil
Konsistensi	Cair
Warna	Kecoklatan
Tes Mikroskopis	Tidak ditemukan leukosit
Kultur Feses	Positif <i>Vibrio cholerae</i> O1
Uji Sensitivitas	Sensitif terhadap doxycycline, resistensi terhadap cotrimoxazole

Interpretasi Epidemiologis:

- *Time*: Lonjakan kasus dalam satu minggu menunjukkan potensi outbreak.
- *Place*: Kasus terkonsentrasi pada dua sekolah berdekatan → menunjukkan transmisi lokal.
- *Person*: Anak-anak usia sekolah yang memiliki perilaku higienitas belum sempurna.
- Kesimpulan: Infeksi kemungkinan disebabkan oleh konsumsi air minum tidak bersih atau makanan jajanan di sekitar sekolah yang terkontaminasi.

## Kasus 2: Surveilans Hepatitis B pada Ibu Hamil

Deskripsi Kasus:

Dalam program skrining rutin trimester pertama pada ibu hamil di Kabupaten Y, dilakukan pemeriksaan HBsAg terhadap 500 sampel darah ibu hamil.

Hasil Pemeriksaan Laboratorium:

Parameter	Hasil
Jumlah ibu hamil	500
HBsAg reaktif	37 orang (7,4%)
HBeAg reaktif (dari 37)	22 orang (59,5%)
ALT >40 U/L (dari 37)	10 orang
Viral Load (PCR)	Tersedia untuk 12 sampel, 8 di antaranya >200.000 IU/mL

Interpretasi Epidemiologis:

- *Time*: Dilakukan sebagai skrining berkala, data berguna untuk tren longitudinal.
- *Place*: Wilayah endemik dengan prevalensi >2% → menunjukkan status risiko tinggi.
- *Person*: Ibu hamil, kelompok rentan penularan vertikal ke janin.
- Kesimpulan: Prevalensi 7,4% menunjukkan kebutuhan program imunisasi hepatitis B pada bayi baru lahir, serta edukasi dan pemantauan lanjut ibu hamil dengan viral load tinggi.
- Tindak Lanjut: Perlu penguatan pencegahan transmisi vertikal: pemberian vaksin HB dan imunoglobulin (HBIG) dalam 24 jam pertama kelahiran untuk bayi, serta rujukan ke spesialis untuk penatalaksanaan ibu dengan viral load tinggi.

### Kasus 3: Demam Akut di Kawasan Perkotaan

#### Deskripsi Kasus:

Seorang laki-laki 32 tahun datang ke RS rujukan dengan keluhan demam tinggi selama 4 hari, nyeri kepala, nyeri otot, dan muncul ruam kemerahan di lengan. Pasien tinggal di lingkungan padat penduduk dan bekerja di pasar tradisional. Tidak ada riwayat perjalanan ke luar kota.

#### Hasil Pemeriksaan Laboratorium:

Pemeriksaan	Hasil
Trombosit	85.000/ $\mu$ L (Rendah)
Hematokrit	46% (Agak tinggi)
NS1 Dengue	Positif
IgM Dengue	Negatif
IgG Dengue	Negatif

#### Interpretasi Epidemiologis:

- *Time*: Fase demam akut <5 hari → cocok dengan fase viremia dengue.
- *Place*: Daerah padat dan banyak genangan air → lingkungan berisiko tinggi vektor *Aedes aegypti*.
- *Person*: Usia produktif dengan mobilitas tinggi → berisiko tinggi tertular.
- Kesimpulan: Diagnosis klinis dengue kuat dengan konfirmasi laboratorium melalui NS1 positif. IgM dan IgG negatif menunjukkan infeksi primer. Perlu pemantauan karena trombosit mulai menurun.
- Tindak Lanjut: Pelaporan kasus ke Dinas Kesehatan sebagai suspek DBD, pemantauan tanda bahaya, dan upaya pengendalian vektor di lingkungan sekitar.

### Kesimpulan

Tiga studi kasus yang disajikan dalam bab ini menggambarkan secara praktis bagaimana hasil pemeriksaan laboratorium dapat diinterpretasikan secara epidemiologis melalui pendekatan *time* (waktu), *place* (tempat), dan *person* (orang), serta bagaimana hasil tersebut dikaitkan dengan faktor risiko dan tindakan kesehatan masyarakat yang relevan.

1. Kasus Diare Akut pada Anak Sekolah Dasar menunjukkan bagaimana laboratorium berperan dalam mengonfirmasi agen penyebab (*Vibrio cholerae*) dalam kejadian luar biasa (KLB). Pengelompokan waktu (lonjakan kasus dalam satu minggu), tempat (dua sekolah berdekatan), dan orang (anak-anak usia 7–12 tahun) memperkuat dugaan transmisi melalui sumber air atau makanan yang sama. Laboratorium berperan dalam mendukung deteksi dini dan respons cepat melalui identifikasi patogen dan resistensinya terhadap antibiotik.
2. Kasus Surveilans Hepatitis B pada Ibu Hamil menegaskan peran skrining laboratorium dalam mendeteksi kelompok rentan dan pencegahan transmisi vertikal. Hasil pemeriksaan HBsAg dan HBeAg memberi gambaran prevalensi dan risiko infeksi menular dari ibu ke bayi. Korelasi ditemukan antara status HBsAg positif dan risiko tinggi penularan, terutama pada ibu dengan viral load tinggi. Hal ini mengarah pada intervensi berbasis laboratorium seperti pemberian vaksin dan imunoglobulin segera setelah kelahiran.
3. Kasus Demam Akut pada Laki-laki Dewasa menggambarkan diagnosis dengue melalui deteksi NS1 antigen dan data hematologi (trombosit rendah, hematokrit meningkat). Interpretasi waktu (fase viremia awal), tempat (lingkungan padat, potensi vektor *Aedes*), dan orang (usia produktif, pekerja pasar) membantu memastikan kasus dengue primer. Data ini sangat bermanfaat untuk pelaporan ke sistem kewaspadaan dini dan intervensi berbasis wilayah seperti fogging dan edukasi PSN (pemberantasan sarang nyamuk).

Ketiga kasus tersebut memperlihatkan bahwa interpretasi hasil laboratorium tidak bisa dilepaskan dari pendekatan epidemiologi deskriptif dan analitik. Laboratorium bukan hanya mendeteksi penyakit, tetapi juga menyediakan data penting yang membentuk dasar pengambilan keputusan kesehatan masyarakat. Kemampuan tenaga laboratorium medis dalam menafsirkan data secara kontekstual sangat menentukan efektivitas surveilans, deteksi dini, serta perencanaan intervensi di lapangan.

## Latihan soal

Untuk menguji pemahaman mahasiswa terhadap materi Bab 5 ini, berikut disusun latihan soal essay yang bersifat teoritis, menuntut kemampuan menjelaskan konsep, hubungan antarvariabel, serta relevansi data laboratorium dengan pendekatan epidemiologi. Jawablah menurut perspektif dan pemahaman anda!

---

1. Jelaskan bagaimana prinsip “time, place, person” digunakan dalam interpretasi hasil laboratorium untuk keperluan epidemiologi. Mengapa ketiga dimensi tersebut dianggap penting?
2. Mengapa data laboratorium harus dikelompokkan berdasarkan wilayah geografis dan karakteristik populasi?
3. Bagaimana cara membangun korelasi antara hasil pemeriksaan laboratorium dengan faktor risiko individu atau lingkungan? Jelaskan langkah-langkah dan konsep epidemiologi yang digunakan.
4. Apa peran strategis analis laboratorium kesehatan dalam mendukung interpretasi epidemiologis hasil pemeriksaan laboratorium?

## Glosarium

---

- Interpretasi : Proses pemaknaan atau penarikan kesimpulan dari data yang tersedia.
- Time, Place, Person : Tiga elemen utama dalam epidemiologi deskriptif untuk memahami distribusi penyakit.
- Faktor Risiko : Karakteristik individu atau lingkungan yang meningkatkan kemungkinan seseorang terkena penyakit.
- Distribusi Spasial : Pola penyebaran kasus dalam suatu wilayah geografis.
- Demografi : Data yang berkaitan dengan karakteristik populasi seperti usia, jenis kelamin, pekerjaan.

## REFERENSI

---

- American Diabetes Association. (2021). Standards of Medical Care in Diabetes. *Diabetes Care*, 44(Suppl 1), S1–S232. <https://doi.org/10.2337/dc21-Sint>
- Brownstein, J. S., Freifeld, C. C., Reis, B. Y., & Mandl, K. D. (2008). Surveillance sans frontières: Internet-based emerging infectious disease intelligence and the HealthMap project. *PLoS Medicine*, 5(7), e151. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0050151>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2021). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Friis, R. H., & Sellers, T. A. (2020). *Epidemiology for Public Health Practice* (6th ed.). Jones & Bartlett Learning.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). *Pedoman Sistem Informasi Surveilans Berbasis Laboratorium*. Jakarta: Direktorat Jenderal P2P.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Laporan Surveilans Malaria Nasional*. Jakarta: Direktorat Pencegahan dan Pengendalian Penyakit.
- Thacker, S. B., & Stroup, D. F. (1996). Future directions for comprehensive public health surveillance and health information systems in the United States. *American Journal of Epidemiology*, 144(5), S53–S57.
- World Health Organization (WHO). (2021). *Global Surveillance for COVID-19: Interim Guidance*. Geneva: WHO.
- World Health Organization. (2021). *Global surveillance for COVID-19 disease caused by human infection with novel coronavirus (COVID-19): Interim guidance*. Geneva: WHO.

## Bab 6

### Investigasi Wabah dan Peran Laboratorium

---

Dalam ranah kesehatan masyarakat, Kejadian Luar Biasa (KLB) merupakan salah satu tantangan yang memerlukan respons cepat, tepat, dan berbasis bukti. KLB tidak hanya berdampak pada peningkatan beban layanan kesehatan, tetapi juga dapat memicu keresahan sosial, mengganggu stabilitas ekonomi, serta menurunkan kualitas hidup masyarakat dalam waktu singkat. Oleh karena itu, penting bagi tenaga kesehatan, khususnya tenaga laboratorium medis, untuk memahami dengan baik proses investigasi wabah sebagai bagian dari upaya pengendalian dan pencegahan penyakit menular. Pentingnya peran laboratorium semakin nyata ketika suatu wabah memiliki etiologi yang kompleks atau sumber penularan yang tidak langsung. Misalnya, dalam kasus keracunan makanan massal, pemeriksaan mikrobiologi terhadap sisa makanan atau muntahan pasien dapat mengidentifikasi jenis bakteri penyebab dan membedakan antara kontaminasi primer atau silang. Kemampuan untuk bekerja lintas disiplin, berpikir kritis, serta menyajikan informasi laboratorium dalam format epidemiologis merupakan aspek yang sangat dibutuhkan dalam penanganan wabah di era globalisasi dan mobilitas tinggi seperti sekarang ini (World Health Organization [WHO], 2021).

#### Tujuan

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan dapat:

1. Menjelaskan pengertian dan karakteristik Kejadian Luar Biasa (KLB).
2. Menyebutkan dan menguraikan langkah-langkah dalam investigasi epidemiologi.
3. Menganalisis peran tenaga laboratorium medis (TLM) dalam investigasi wabah.
4. Menunjukkan contoh penerapan peran laboratorium dalam situasi wabah melalui studi kasus.

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

---

Mahasiswa mampu:

1. Mengintegrasikan pendekatan epidemiologi dan teknologi laboratorium medis dalam mendeteksi dan menanggulangi wabah penyakit.
2. Mengevaluasi peran tenaga laboratorium dalam proses investigasi wabah secara sistematis dan berbasis data.

## Indikator Pencapaian Pembelajaran

---

1. Menjelaskan secara tepat konsep KLB dan kaitannya dengan data laboratorium.
2. Menguraikan dengan benar langkah-langkah sistematis investigasi wabah.
3. Menjelaskan peran dan prosedur TLM dalam investigasi KLB.
4. Menganalisis data laboratorium fiktif dan menyimpulkan pola penularan dari suatu wabah.

## Kata Kunci

---

- Investigasi wabah
- Kejadian Luar Biasa (KLB)
- Sampel klinis
- Surveilans Epidemiologi
- Rantai Penularan

## Waktu Belajar yang Disarankan

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 6.1 Definisi dan Karakteristik KLB

---

### Definisi

Kejadian Luar Biasa (KLB) merupakan suatu kondisi di mana terdapat peningkatan jumlah kasus penyakit yang signifikan secara tiba-tiba dan tidak lazim dalam suatu populasi tertentu, pada waktu dan wilayah tertentu. KLB seringkali diidentifikasi ketika jumlah kasus melampaui angka ekspektasi normal berdasarkan data historis atau prediksi epidemiologi (Kemenkes RI, 2022). Karakteristik dari KLB meliputi:

- (1) Adanya peningkatan kasus secara mendadak,
- (2) Keterlibatan wilayah geografis tertentu,
- (3) Identifikasi kelompok umur atau jenis kelamin yang paling terdampak, dan
- (4) Adanya potensi penularan lebih lanjut jika tidak dikendalikan.

Penyakit yang sering menimbulkan KLB di Indonesia termasuk diare akut, keracunan makanan, demam berdarah dengue (DBD), malaria, dan hepatitis (WHO, 2018). Identifikasi KLB sangat penting dalam konteks epidemiologi karena memberikan sinyal awal bagi sistem kesehatan untuk melakukan respons segera, termasuk melibatkan tenaga laboratorium untuk mengonfirmasi agen penyebab (CDC, 2012).

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1501/MENKES/PER/X/2010 tentang Jenis Penyakit yang Dapat Menimbulkan KLB dan Tata Cara Penanggulangan, KLB didefinisikan sebagai “timbulnya atau meningkatnya kejadian kesakitan dan/atau kematian yang bermakna secara epidemiologis dalam suatu wilayah dalam kurun waktu tertentu, yang dapat menimbulkan malapetaka.” Berdasarkan peraturan ini, KLB tidak hanya mencakup penyakit menular, tetapi juga penyakit tidak menular, kejadian keracunan, gangguan kesehatan akibat bencana, dan bahkan masalah kesehatan masyarakat lainnya seperti kejadian luar biasa gizi buruk atau keracunan massal.

## Kriteria Terjadinya KLB

Kejadian Luar Biasa dapat ditetapkan apabila memenuhi satu atau lebih dari kriteria berikut (Kemenkes RI, 2011):

1. Timbulnya suatu kasus penyakit menular yang sebelumnya tidak ada atau belum pernah dilaporkan di wilayah tersebut.
2. Peningkatan jumlah kasus dalam suatu periode waktu tertentu secara signifikan dibandingkan dengan periode sebelumnya.
3. Penyebaran penyakit ke wilayah yang lebih luas dalam waktu yang singkat.
4. Jumlah kematian yang lebih tinggi dari biasanya dalam waktu singkat.
5. Timbulnya kasus penyakit dengan gejala atau sindrom klinis baru yang belum dapat diidentifikasi penyebabnya.

Penetapan suatu kejadian sebagai KLB dilakukan oleh otoritas kesehatan masyarakat seperti Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota atau Provinsi, dan dapat diteruskan ke Kementerian Kesehatan untuk validasi dan penanganan lebih lanjut. Keputusan ini tidak bisa sembarangan karena berdampak langsung pada kebijakan pengendalian, alokasi sumber daya, dan respon darurat.

## Karakteristik KLB

Karakteristik KLB memiliki dimensi epidemiologis yang khas. Terdapat tiga karakteristik utama yang biasa dianalisis dalam kajian epidemiologi untuk KLB, yaitu waktu (*time*), tempat (*place*), dan orang (*person*) — prinsip TPP yang juga menjadi dasar dalam interpretasi data epidemiologi laboratorium:

### 1. Waktu (*Time*)

Waktu berkaitan dengan perubahan insidensi penyakit dari waktu ke waktu. KLB biasanya ditandai oleh peningkatan mendadak dalam jumlah kasus dalam jangka waktu pendek. Misalnya, lonjakan kasus diare dalam dua minggu terakhir di sebuah sekolah dasar dapat menjadi indikasi KLB. Tren waktu ini penting untuk mengidentifikasi kapan penyakit

mulai muncul, puncak penyebarannya, dan tren penurunan kasus setelah intervensi dilakukan (Thacker & Stroup, 1994).

## 2. Tempat (*Place*)

Lokasi kejadian sangat penting dalam mengidentifikasi pola penyebaran penyakit. Tempat dapat berupa rumah tangga, sekolah, kantor, pabrik, desa, kota, hingga provinsi. Identifikasi lokasi membantu penelusuran sumber paparan, termasuk sanitasi lingkungan, kualitas air, makanan, dan vektor yang mungkin ada di wilayah tersebut. Misalnya, jika semua kasus berasal dari satu kantin sekolah, maka kantin tersebut menjadi titik awal investigasi (Heymann, 2015).

## 3. Orang (*Person*)

Informasi tentang orang yang terdampak memberikan gambaran kelompok yang paling rentan atau berisiko tinggi terhadap penyakit. Karakteristik seperti usia, jenis kelamin, status imunisasi, pekerjaan, perilaku, dan status gizi sangat penting untuk diidentifikasi. Misalnya, dalam KLB hepatitis A, kelompok anak-anak usia sekolah seringkali menjadi kelompok dominan karena kebiasaan cuci tangan yang belum baik.

### **Jenis-Jenis KLB Berdasarkan Pola Penyebarannya**

KLB dapat diklasifikasikan lebih lanjut berdasarkan cara penyebarannya.

Terdapat tiga pola utama, yaitu:

- ***Point Source Outbreak***

Penyakit menyebar dari satu sumber paparan dalam waktu singkat.

Misalnya, keracunan makanan akibat konsumsi makanan terkontaminasi dari satu restoran yang sama.

- ***Continuous Common Source Outbreak***

Paparan dari sumber kontaminasi terjadi terus-menerus dalam periode

waktu yang lebih panjang. Misalnya, kontaminasi air minum yang tidak segera ditangani.

- ***Propagated Outbreak***

Penyakit menular antar individu, biasanya dari orang ke orang.

Contohnya pada influenza, campak, atau COVID-19, di mana satu kasus dapat menularkan ke beberapa orang lain, dan seterusnya.

## **6.2 Langkah-langkah Investigasi Epidemiologi**

---

Investigasi epidemiologi merupakan proses sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi, memahami, dan mengendalikan Kejadian Luar Biasa (KLB) atau wabah penyakit di masyarakat. Tujuan utama investigasi ini adalah menentukan sumber, mekanisme penularan, kelompok populasi yang terdampak, dan strategi pencegahan yang paling efektif (Heymann, 2015). Investigasi wabah bukan hanya tugas petugas lapangan, melainkan melibatkan kolaborasi multidisipliner, termasuk tenaga laboratorium medis, epidemiolog, ahli lingkungan, dan otoritas kesehatan masyarakat. Proses investigasi memerlukan ketelitian tinggi, pengumpulan data yang cepat dan akurat, serta pemahaman menyeluruh tentang karakteristik penyakit dan lingkungan tempat wabah terjadi. Keberhasilan investigasi akan sangat bergantung pada ketepatan langkah-langkah yang diambil, ketepatan waktu, serta dukungan data laboratorium yang memadai (Nalim, 2020). Berikut adalah tahapan sistematis yang biasanya digunakan dalam investigasi epidemiologi suatu wabah, berdasarkan standar WHO dan Kementerian Kesehatan RI:

### **1. Konfirmasi Diagnosis dan Penetapan KLB**

Langkah pertama dalam investigasi adalah memastikan bahwa peningkatan kasus yang terjadi benar-benar merupakan suatu wabah dan bukan fluktuasi biasa. Diagnosis klinis harus dikonfirmasi melalui laboratorium untuk menyingkirkan kemungkinan penyakit lain. Misalnya, gejala muntah dan diare bisa disebabkan oleh rotavirus, norovirus, atau keracunan makanan; laboratorium dapat membantu menentukan agen penyebab pastinya (Kemenkes

RI, 2012). Penetapan KLB dilakukan jika jumlah kasus meningkat secara signifikan dibandingkan dengan rata-rata historis dalam kurun waktu dan wilayah tertentu, dan atau munculnya penyakit yang tidak biasa di lokasi tersebut (WHO, 2008).

## **2. Membentuk Tim Investigasi**

Tim investigasi biasanya terdiri dari petugas epidemiologi, petugas laboratorium, tenaga medis, tenaga sanitasi lingkungan, serta perwakilan dari otoritas kesehatan setempat. Tim ini harus memiliki kompetensi dalam pengumpulan data lapangan, wawancara kasus, pengambilan spesimen, serta penilaian lingkungan. Koordinasi antar anggota tim sangat penting untuk memastikan efektivitas respons (CDC, 2012).

## **3. Pengembangan Definisi Kasus**

Definisi kasus adalah pedoman baku untuk mengidentifikasi siapa yang termasuk kasus dalam investigasi. Definisi ini harus mencakup unsur waktu, tempat, dan gejala klinis, serta, jika memungkinkan, hasil laboratorium. Misalnya, dalam wabah hepatitis A di sekolah, definisi kasus dapat dirumuskan sebagai: “Siswa SD X yang mengalami demam, nyeri perut, dan mata kuning, dengan atau tanpa hasil positif IgM anti-HAV dalam rentang waktu 1–15 Maret 2025.” Definisi ini membantu membedakan antara kasus pasti, kasus kemungkinan, dan bukan kasus, sehingga mempermudah pelacakan dan analisis (Thacker & Stroup, 1994).

## **4. Pengumpulan Data (Waktu, Tempat, Orang)**

Data dikumpulkan menggunakan prinsip epidemiologi klasik: *Time*, *Place*, dan *Person*.

*Time*: Kapan gejala mulai muncul, puncak kasus, dan tren selama wabah.

*Place*: Lokasi geografis kasus ditemukan, peta sebaran kasus.

*Person*: Usia, jenis kelamin, pekerjaan, kebiasaan, status imunisasi, dan faktor risiko lainnya.

Data dikumpulkan dari wawancara kasus, observasi lapangan, rekam medis, dan laporan laboratorium (Nalim, 2020). Alat bantu seperti linelist dan epidemic curve digunakan untuk menggambarkan dinamika wabah.

### **5. Pemeriksaan Laboratorium**

Pemeriksaan laboratorium sangat krusial dalam mengkonfirmasi etiologi penyakit dan menyingkirkan kemungkinan lain. Pemeriksaan bisa meliputi uji serologi (IgM, IgG), kultur bakteri, PCR, tes antigen/antibodi cepat, dan pemeriksaan mikroskopik. Misalnya, pada dugaan wabah malaria, pemeriksaan hapusan darah tepi dengan mikroskop atau rapid diagnostic test (RDT) dilakukan untuk mengidentifikasi spesies *Plasmodium* dan menentukan proporsi positif malaria (WHO, 2023). Laboratorium juga melakukan quality control terhadap sampel untuk memastikan validitas data yang dihasilkan.

### **6. Analisis Data**

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis untuk mencari pola dan kemungkinan faktor penyebab. Analisis dapat dilakukan secara deskriptif (frekuensi, distribusi) dan analitik (uji hubungan, uji beda). Distribusi kasus berdasarkan waktu, tempat, dan orang digambarkan dalam bentuk kurva epidemik, peta spot, dan tabel distribusi. Tujuannya adalah mengidentifikasi hipotesis tentang bagaimana penyakit menyebar, misalnya melalui makanan, air, udara, atau kontak langsung antar individu. Hipotesis ini akan diuji melalui studi epidemiologi lebih lanjut, seperti case-control atau cohort study (Heymann, 2015).

### **7. Penentuan Sumber dan Cara Penularan**

Langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi sumber infeksi dan cara penularan. Sumber bisa berupa makanan tercemar, air tidak bersih, vektor seperti nyamuk, atau bahkan orang yang menjadi *carrier*. Contohnya, dalam wabah keracunan makanan, sumber mungkin berasal dari hidangan yang disajikan di pesta pernikahan. Hasil pemeriksaan laboratorium makanan dan sisa makanan menjadi bukti tambahan. Apabila ditemukan *Salmonella* spp. dalam sisa ayam bakar yang dikonsumsi oleh semua pasien, maka hipotesis penyebaran dapat dikonfirmasi (CDC, 2012).

## **8. Penerapan Tindakan Pengendalian dan Pencegahan**

Tindakan pengendalian dilakukan segera setelah sumber penularan diketahui, tanpa menunggu hasil akhir investigasi. Tindakan meliputi:

- Isolasi kasus.
- Pemberian antibiotik atau vaksin darurat.
- Penutupan sumber kontaminasi (misalnya kantin, depot air minum).
- Penyuluhan masyarakat.

Tindakan ini harus disesuaikan dengan hasil analisis awal dan kemampuan sumber daya setempat. Peran tenaga laboratorium di tahap ini tetap penting untuk memantau keberhasilan intervensi melalui pemeriksaan lanjutan (Nalim, 2020).

## **9. Penyusunan Laporan Investigasi**

Setelah seluruh proses investigasi selesai, disusun laporan epidemiologi yang berisi latar belakang KLB, metode, hasil analisis, tindakan pengendalian, dan rekomendasi. Laporan ini wajib disampaikan kepada Dinas Kesehatan Kabupaten/Kota, Provinsi, dan Kementerian Kesehatan. Laporan juga menjadi dasar untuk evaluasi dan perbaikan sistem kewaspadaan dini. Laporan biasanya disertai dengan grafik, peta, dan tabel untuk memperjelas temuan (WHO, 2008).

## **10. Monitoring dan Evaluasi**

Tahap terakhir adalah pemantauan keberlanjutan kondisi pasca-intervensi. Hal ini bertujuan memastikan tidak terjadi re-emergensi kasus dan masyarakat kembali dalam kondisi aman. Pemantauan dapat dilakukan melalui surveilans aktif, follow-up laboratorium, dan evaluasi sistem tanggap darurat (Heymann, 2015).

## **Kesimpulan**

Investigasi epidemiologi merupakan proses multidimensi yang tidak hanya mengandalkan pengamatan klinis, tetapi juga membutuhkan data laboratorium, wawancara kasus, dan kajian lingkungan. Setiap langkah saling

berkesinambungan dan harus dilaksanakan secara cepat, tepat, dan terkoordinasi. Laboratorium memainkan peran penting dalam mengonfirmasi kasus dan mendukung keputusan epidemiologis. Oleh karena itu, pemahaman langkah-langkah ini wajib dimiliki oleh setiap profesional kesehatan masyarakat dan teknologi laboratorium medis.

### **6. 3 Peran TLM dalam Pengambilan, Pemeriksaan, dan Pelaporan Sampel**

---

Tenaga Laboratorium Medis (TLM) memiliki peran krusial dalam mendukung keberhasilan investigasi wabah. Ketika terjadi Kejadian Luar Biasa (KLB), keakuratan dan kecepatan informasi mengenai etiologi dan pola penyebaran penyakit sangat bergantung pada data laboratorium. Dari tahap awal pengambilan spesimen hingga pelaporan hasil pemeriksaan, kompetensi TLM menjadi penentu utama ketepatan diagnosis, efektivitas pengendalian, dan validitas epidemiologi penyakit (Heymann, 2015). Dalam kerangka epidemiologi, hasil laboratorium digunakan tidak hanya untuk menegakkan diagnosis, tetapi juga untuk melakukan surveilans, memantau efektivitas intervensi, serta mendeteksi kemungkinan kasus baru atau reemergensi (WHO, 2023). Oleh karena itu, pemahaman TLM tentang standar biosafety, sistem pelaporan, dan validitas hasil sangat penting dalam konteks kesehatan masyarakat.

#### **Peran dalam Pengambilan Sampel**

##### **a. Penentuan Jenis dan Jumlah Sampel**

TLM bekerja sama dengan tim epidemiologi dalam menentukan jenis sampel yang relevan dengan gejala dan dugaan etiologi. Misalnya, untuk kasus diare akut, pengambilan feses menjadi prioritas. Untuk dugaan infeksi saluran napas, spesimen nasofaring atau sputum diperlukan. Sedangkan dalam dugaan hepatitis, serum darah untuk uji serologi menjadi standar (Kemenkes RI, 2017).

Selain jenis, jumlah sampel juga harus diperhitungkan dengan cermat. Idealnya, minimal 5–10% dari total kasus diambil sampelnya secara representatif untuk memastikan keakuratan interpretasi (CDC, 2012). Dalam kondisi wabah besar, pengambilan dapat dilakukan secara bertahap dan disesuaikan dengan kapasitas laboratorium.

### **b. Prosedur Pengambilan**

TLM harus menjamin bahwa semua spesimen diambil sesuai SOP (*Standard Operating Procedure*) dan dengan alat yang steril. Hal ini penting untuk menghindari kontaminasi silang atau hasil palsu. Prosedur juga harus memperhatikan biosafety level sesuai jenis patogen yang dicurigai. Misalnya, pengambilan sputum pada kasus TBC harus dilakukan di ruang terbuka atau ruangan bertekanan negatif dengan alat pelindung diri (APD) lengkap untuk mencegah paparan aerosol (WHO, 2012).

### **c. Pelabelan dan Dokumentasi**

Setiap sampel yang diambil harus diberi label yang jelas dan lengkap, mencakup:

- Kode pasien
- Tanggal dan waktu pengambilan
- Jenis spesimen
- Lokasi geografis
- Nama pengambil sampel

Dokumentasi yang akurat memudahkan penelusuran data, validasi hasil, serta integrasi dengan sistem surveilans nasional seperti EWARS atau SKDR (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons) (Kemenkes RI, 2021).

## Peran dalam Pemeriksaan Sampel

### a. Pemilihan Metode Pemeriksaan

TLM bertanggung jawab memilih metode pemeriksaan yang sesuai dengan target patogen dan kondisi laboratorium. Pemeriksaan bisa berupa:

- Mikroskopik (hapusan darah, feses, sputum)
- Kultur dan uji biakan mikroorganisme
- Uji serologi (IgM/IgG, ELISA, *rapid test*)
- Deteksi molekuler (PCR, RT-PCR)

Misalnya, dalam wabah malaria, diagnosis dikonfirmasi melalui pemeriksaan mikroskopik darah perifer menggunakan pewarnaan Giemsa. Namun, pada daerah dengan fasilitas terbatas, rapid diagnostic test (RDT) menjadi alternatif yang valid (WHO, 2023).

### b. Jaminan Kualitas dan Validitas

TLM juga harus menjamin validitas hasil dengan melaksanakan quality control internal dan eksternal. Ini mencakup penggunaan kontrol positif dan negatif dalam setiap batch pemeriksaan, serta partisipasi dalam program uji profisiensi nasional atau regional (CLSI, 2020). Kesalahan dalam tahap pra-analitik (pengambilan, penyimpanan), analitik (prosedur), maupun pasca-analitik (interpretasi hasil) dapat menimbulkan bias besar dalam hasil investigasi, dan menyebabkan kesalahan dalam penanganan wabah.

### c. Biosafety dan Biosecurity

Pengolahan sampel infeksius harus sesuai pedoman biosafety level. Misalnya, patogen seperti *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, atau *Vibrio cholerae* harus diproses di laboratorium BSL-2. Penanganan virus seperti SARS-CoV-2 atau ebola memerlukan BSL-3 ke atas. TLM harus mengikuti panduan WHO dan Kemenkes tentang pengelolaan limbah infeksius, dekontaminasi alat, dan pelaporan paparan kerja (WHO, 2012).

## Peran dalam Pelaporan Hasil

### a. Format Pelaporan

Hasil pemeriksaan laboratorium harus dilaporkan secara sistematis dengan format standar. Pelaporan mencakup:

- Data identitas kasus
- Jenis spesimen dan metode pemeriksaan
- Hasil kualitatif/kuantitatif
- Interpretasi laboratorium (*positif/negatif/suspicious*)
- Tanggal laporan

Hasil ini kemudian dikonsolidasikan oleh tim epidemiologi untuk dilakukan analisis lanjutan dan dikaitkan dengan data klinis dan lingkungan (Kemenkes RI, 2017).

### b. Sistem Pelaporan Nasional

TLM harus memahami sistem pelaporan terintegrasi seperti:

- SKDR (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons)
- EWARS (*Early Warning Alert and Response System*)
- SILK (Sistem Informasi Laboratorium Kesehatan)

Melalui sistem ini, laboratorium daerah dapat melaporkan temuan langsung ke tingkat provinsi dan nasional, mempercepat deteksi dini dan respon (WHO, 2008).

### c. Penyampaian Hasil ke Pihak Terkait

TLM juga berperan dalam menyampaikan hasil penting kepada pihak klinis, otoritas kesehatan, dan epidemiolog lapangan. Penyampaian ini harus dilakukan segera untuk memungkinkan tindakan cepat, terutama jika menyangkut penyakit berpotensi wabah seperti kolera, hepatitis, atau difteri.

Pelaporan bisa bersifat *preliminary* untuk temuan awal dan *final report* setelah semua konfirmasi laboratorium selesai dilakukan (CDC, 2012).

## 6.4 Studi Kasus Investigasi Wabah

---

Studi kasus merupakan metode pembelajaran yang efektif untuk mengilustrasikan bagaimana prinsip epidemiologi dan laboratorium diaplikasikan secara nyata. Dalam konteks investigasi wabah, keterlibatan laboratorium medis menjadi kunci utama untuk memastikan etiologi penyakit, menentukan sumber infeksi, dan menilai efektivitas tindakan intervensi. Subbab ini menyajikan tiga studi kasus simulatif: (1) wabah diare di sekolah dasar, (2) kejadian keracunan makanan di acara pernikahan, dan (3) peningkatan kasus malaria lokal di wilayah endemis rendah.

### Studi Kasus 1 Wabah Diare Akut di Sekolah Dasar

#### Latar Belakang

Pada tanggal 7 Maret 2025, sebuah Puskesmas di Jawa Tengah melaporkan peningkatan kasus diare akut di sebuah sekolah dasar dengan total 31 siswa mengalami muntah, buang air besar encer, dan demam ringan dalam kurun waktu 24 jam. Tiga siswa dirawat di Puskesmas karena dehidrasi sedang.

#### Langkah Investigasi

Tim epidemiologi bekerja sama dengan TLM untuk melakukan:

- Pengambilan spesimen feses dari 10 siswa
- Pemeriksaan mikroskopik dan kultur bakteri
- Wawancara konsumsi makanan dan sanitasi lingkungan

#### Hasil Laboratorium

- 8 dari 10 spesimen menunjukkan adanya *Shigella flexneri* melalui kultur dan identifikasi biokimia
- Tidak ditemukan parasit maupun telur cacing dalam pemeriksaan mikroskopik

### Interpretasi

Hasil tersebut mengonfirmasi bahwa penyebab utama adalah bakteri enterik, diduga berasal dari makanan yang terkontaminasi. Informasi tambahan dari wawancara menunjukkan seluruh siswa yang terkena sempat mengonsumsi jajanan berbentuk puding susu yang tidak disimpan dalam pendingin.

### Tindak Lanjut

- Sekolah diminta menghentikan penjualan makanan sementara
- Dilakukan edukasi higiene makanan
- Disinfeksi fasilitas sanitasi

### Peran Laboratorium

Laboratorium memberikan bukti etiologis yang menjadi dasar intervensi. Identifikasi *Shigella flexneri* mempercepat respons pengendalian dibanding jika hanya mengandalkan diagnosis klinis (Heymann, 2015; WHO, 2012).

---

## Studi Kasus 2: Keracunan Makanan di Acara Pernikahan

### Latar Belakang

Pada 15 Januari 2025, sebuah rumah sakit di Kalimantan Selatan melaporkan 20 kasus mual, muntah, dan diare dalam waktu 4 jam setelah menghadiri acara pernikahan. Total peserta acara berjumlah 150 orang.

### Langkah Investigasi

Tim investigasi mengambil:

- Sampel makanan sisa: ayam bakar, sambal, dan es buah
- Sampel feses dari 5 pasien
- Pemeriksaan mikrobiologi laboratorium dan penelusuran waktu konsumsi makanan

### Hasil Laboratorium

- Uji kultur makanan sambal dan ayam menunjukkan pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan produksi enterotoksin positif

- Feses pasien menunjukkan hasil konsisten (isolasi *S. aureus*)

#### Interpretasi

Waktu inkubasi yang cepat (2–4 jam) dan hasil laboratorium mengarah pada toksin yang diproduksi *S. aureus*. Penyebab kemungkinan adalah kontaminasi silang saat penanganan makanan, tanpa pemanasan ulang yang memadai.

#### Tindak Lanjut

- Edukasi kepada jasa catering tentang hygiene personal dan penyimpanan makanan
- Pemeriksaan kesehatan pada juru masak (2 orang terdeteksi membawa *S. aureus* di rongga hidung)

#### Peran Laboratorium

Laboratorium tidak hanya mengidentifikasi patogen tetapi juga membuktikan keterkaitan antara sampel makanan dan pasien, memperkuat validitas epidemiologis (CDC, 2012; WHO, 2023).

### **Studi Kasus 3: Peningkatan Kasus Malaria Lokal**

#### Latar Belakang

Selama bulan Oktober 2024, sebuah desa di Nusa Tenggara Timur yang sebelumnya tidak tercatat sebagai daerah endemis malaria mengalami 12 kasus demam dengan hasil RDT malaria positif. Tiga dari pasien tidak memiliki riwayat bepergian keluar desa.

#### Langkah Investigasi

- Pengambilan darah perifer untuk pewarnaan Giemsa dan identifikasi spesies
- Survei vektor dan lingkungan perairan setempat
- Wawancara perjalanan pasien

#### Hasil Laboratorium

- Semua pasien menunjukkan parasit *Plasmodium vivax*

- Tidak ditemukan *P. falciparum* atau spesies lain
- Indeks parasitemia bervariasi antara 0,5–1,5%
- 7 pasien tidak memiliki riwayat perjalanan, 5 lainnya baru kembali dari Papua

### Interpretasi

Wabah bersifat lokal, dengan kemungkinan introduksi awal oleh migran dari daerah endemis tinggi. Lingkungan sekitar menunjukkan banyak genangan air dan tidak adanya penyemprotan insektisida dalam 2 tahun terakhir.

### Tindak Lanjut

- Intervensi dengan ACT (Artemisinin-based Combination Therapy)
- Penyemprotan insektisida
- Edukasi masyarakat dan penyediaan kelambu

### Peran Laboratorium

Identifikasi spesies malaria penting untuk menentukan jenis pengobatan yang tepat. Konfirmasi bahwa *P. vivax* mendominasi kasus menunjukkan transisi lokal, bukan sekadar kasus impor (WHO, 2023; Kemenkes RI, 2017).

### Latihan Soal

Dalam memahami peran laboratorium dalam investigasi Kejadian Luar Biasa (KLB), mahasiswa perlu menguasai konsep dasar epidemiologi wabah, karakteristik penyebaran penyakit, proses investigasi, serta bagaimana hasil laboratorium berkontribusi terhadap identifikasi penyebab dan pengambilan keputusan. Latihan soal essay ini dirancang untuk menggali pemahaman konseptual dan keterampilan analisis mahasiswa terhadap situasi KLB yang dikaitkan dengan praktik laboratorium.

---

**Soal 1.** Dalam konteks investigasi wabah diare di sebuah sekolah, bagaimana peran Teknologi Laboratorium Medis (TLM) dalam identifikasi penyebab dan pencegahan lanjutan? Jelaskan secara sistematis.

**Soal 2.** Jelaskan pengertian Kejadian Luar Biasa (KLB) dan sebutkan karakteristik utamanya menurut perspektif epidemiologi. Sertakan contoh kasus yang relevan.

**Soal 3.** Uraikan delapan langkah utama dalam investigasi epidemiologi dan jelaskan bagaimana laboratorium berperan dalam setiap tahapan tersebut.

**Soal 4.** Berikan contoh peran penting laboratorium dalam penentuan sumber wabah makanan dan bagaimana hasil laboratorium memperkuat bukti epidemiologis. Gunakan pendekatan studi kasus jika perlu.

## Glosarium

---

- Investigasi Wabah : Proses sistematis untuk mengidentifikasi penyebab, sumber, dan pola penyebaran suatu penyakit yang menyebar secara tidak biasa.
- Kejadian Luar Biasa (KLB) : Situasi meningkatnya kasus penyakit secara tajam di luar kondisi normal dalam suatu populasi dan waktu tertentu.
- Sampel Klinis : Material biologis yang diambil dari pasien untuk dilakukan pemeriksaan laboratorium.
- Surveilans Epidemiologi : Pengumpulan, analisis, dan interpretasi data penyakit secara sistematis sebagai dasar pengambilan kebijakan.
- Rantai Penularan : Jalur perpindahan patogen dari satu inang ke inang lain melalui berbagai media atau vektor.

## REFERENSI

---

- Centers for Disease Control and Prevention. (2012). *Principles of Epidemiology in Public Health Practice* (3rd ed.). Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2020). *Quality Management System: A Model for Laboratory Services* (CLSI document QMS01-A4). Wayne, PA.
- Heymann, D. L. (2015). *Control of Communicable Diseases Manual* (20th ed.). Washington, DC: APHA Press.
- Hooiveld, M., Donker, G., & van Gageldonk-Lafeber, R. (2020). Laboratory surveillance in early outbreak detection: lessons from the Netherlands. *Eurosurveillance*, 25(2), 1900374. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.2.1900374>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2011). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1501/MENKES/PER/X/2010 tentang Jenis Penyakit yang Dapat Menimbulkan Wabah dan Tata Cara Penanggulangannya.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2012). *Petunjuk Teknis Investigasi Kejadian Luar Biasa (KLB)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Pedoman Pengambilan dan Pengiriman Spesimen Penyakit Menular*. Jakarta: Direktorat Jenderal P2P.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Panduan Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons (SKDR)*. Jakarta: Ditjen P2P.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Petunjuk Teknis KLB dan Wabah Penyakit Menular*.
- Nalim, S. (2020). *Dasar-dasar Epidemiologi untuk Mahasiswa Kesehatan*. Jakarta: EGC.
- Thacker, S. B., & Stroup, D. F. (1994). Future directions for comprehensive public health surveillance and health information systems. *American Journal of Epidemiology*, 140(5), 383–397. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a117260>
- World Health Organization. (2008). *Outbreak Communication: Best Practices for Communicating with the Public during an Outbreak*. Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2012). *Laboratory Biosafety Manual* (3rd ed.). Geneva: WHO Press.
- World Health Organization. (2018). *Outbreak Surveillance and Response in Humanitarian Emergencies*.
- World Health Organization. (2023). *Laboratory Testing Strategy Recommendations for COVID-19: Interim Guidance*. Geneva: WHO Press.

## Bab 7

### **Epidemiologi dan Laboratorium dalam Konteks One Health**

---

Meningkatnya kompleksitas hubungan antara manusia, hewan, dan lingkungan dalam era modern telah memperkuat urgensi pendekatan kolaboratif dalam menangani ancaman kesehatan global. Salah satu pendekatan yang menjadi perhatian utama di dunia kesehatan masyarakat global adalah *One Health*. *One Health* bukan sekadar slogan, melainkan strategi konkret yang mengintegrasikan berbagai sektor dalam satu kerangka kerja kesehatan terpadu (Gibbs, 2014). Dalam pendekatan ini, kesehatan manusia tidak dapat dipisahkan dari kesehatan hewan dan lingkungan. Ketika keseimbangan ekosistem terganggu, maka muncul peluang transmisi penyakit zoonotik yang bisa menimbulkan dampak serius secara epidemiologis dan ekonomi.

Dalam praktiknya, banyak penyakit infeksius yang berasal dari hewan—dikenal sebagai zoonosis—seperti rabies, leptospirosis, brucellosis, hingga influenza avian, telah menimbulkan wabah berskala nasional hingga global. Peran laboratorium sangat krusial dalam mendeteksi, mengidentifikasi agen infeksi, serta memantau mutasi dan transmisi penyakit tersebut. Namun, upaya laboratorium tidak bisa berdiri sendiri. Harus ada kolaborasi erat dengan dokter hewan, ahli lingkungan, epidemiolog, dan otoritas pemerintah. Semua pihak harus bersinergi dari pengambilan spesimen hingga intervensi kesehatan masyarakat yang tepat sasaran (Destoumieux-Garzón et al., 2018).

Dalam bab ini, mahasiswa akan mempelajari dasar teori *One Health* dan keterkaitannya dengan ilmu Teknologi Laboratorium Medis. Akan dibahas pula bagaimana laboratorium berperan dalam penanganan zoonosis, kolaborasi dengan sektor lain, hingga penerapan nyata dalam kasus leptospirosis, rabies, dan brucellosis. Materi ini akan memperkaya perspektif mahasiswa tentang pentingnya pendekatan lintas disiplin dalam mendukung upaya promotif, preventif, dan kuratif terhadap penyakit menular berbasis zoonotik. Dengan demikian, lulusan TLM diharapkan tidak hanya terampil dalam aspek teknis,

tetapi juga memahami konteks epidemiologi dan kolaboratif dalam perannya di lapangan (Rüegg et al., 2017).

## Tujuan

---

Bab ini bertujuan untuk:

1. Mengenalkan konsep *One Health* sebagai pendekatan integratif lintas sektor dalam pengendalian penyakit.
2. Menjelaskan hubungan antara manusia, hewan, dan lingkungan dalam dinamika penyakit zoonotik.
3. Menguraikan peran penting laboratorium, termasuk laboratorium kesehatan masyarakat dan laboratorium veteriner, dalam surveilans dan pengendalian penyakit zoonotik.
4. Menjelaskan bentuk kolaborasi antara tenaga medis, tenaga medis hewan, dan sektor lingkungan dalam menerapkan pendekatan *One Health*.
5. Memberikan wawasan tentang implementasi *One Health* melalui studi kasus aktual seperti leptospirosis, rabies, dan brucellosis.

## Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjelaskan dan mengkritisi konsep *One Health* dan kaitannya dengan epidemiologi laboratorium.
2. Mendeskripsikan peran dan fungsi laboratorium dalam pengendalian penyakit zoonotik.
3. Menganalisis bentuk kerja sama lintas sektor yang diperlukan untuk pencegahan dan penanganan penyakit zoonosis.

4. Menyajikan dan mengevaluasi studi kasus zoonosis dari perspektif kolaboratif dalam konteks *One Health*.

## Indikator Pencapaian Pembelajaran

---

1. Mahasiswa mampu mengidentifikasi prinsip dasar *One Health* dalam konteks penyakit infeksi.
2. Mahasiswa dapat menjelaskan penyakit zoonotik umum serta mekanisme penyebarannya.
3. Mahasiswa menunjukkan pemahaman terhadap peran laboratorium dalam mendeteksi dan mencegah zoonosis.
4. Mahasiswa mampu merancang skenario kolaborasi lintas sektor berbasis studi kasus zoonosis.

## Kata Kunci

---

- *One Health*
- Zoonosis
- Kolaborasi lintas sektor
- Laboratorium
- Surveilans zoonosis

## Waktu Belajar yang Disarankan

---

2 x 50 menit (1 sesi teori + 1 sesi diskusi kasus)

## 7.1 Konsep *One Health* dan Relevansi bagi Teknologi Laboratorium Medis

---

Konsep *One Health* adalah pendekatan kolaboratif dan multisektoral yang mengakui keterkaitan erat antara kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan. Pendekatan ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan program, kebijakan, legislasi, dan riset yang berkontribusi pada pencapaian kesehatan optimal bagi semua (Destoumieux-Garzón et al., 2018). Sebagai pendekatan strategis, *One Health* telah digunakan untuk mengatasi berbagai ancaman kesehatan masyarakat yang muncul dari interaksi kompleks lintas spesies dan ekosistem.

Dengan meningkatnya jumlah zoonosis—penyakit yang ditularkan dari hewan ke manusia—kebutuhan akan pendekatan terpadu dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit menjadi semakin jelas. Menurut WHO, lebih dari 60% penyakit infeksius yang menyerang manusia berasal dari hewan, termasuk flu burung, rabies, leptospirosis, dan COVID-19 (WHO, 2021). Dalam konteks ini, peran profesi Teknologi Laboratorium Medis (TLM) menjadi sangat penting dalam mendeteksi dini, menegakkan diagnosis, dan memantau pola epidemiologi penyakit tersebut.

### Definisi *One Health*

*One Health* didefinisikan sebagai suatu pendekatan terpadu yang melibatkan kolaborasi lintas sektor dan lintas disiplin dalam semua aspek antarmuka manusia-hewan-lingkungan untuk mencapai hasil kesehatan yang optimal (Gibbs, 2014). Pendekatan ini memperkuat sistem kesehatan global dengan menjembatani tiga sektor utama: kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan ekologi lingkungan.

Organisasi seperti WHO, FAO, dan OIE telah mengadopsi pendekatan ini sebagai kerangka kerja bersama untuk memperkuat respons terhadap wabah penyakit zoonotik, mengembangkan sistem surveilans terpadu, serta

meningkatkan kapasitas laboratorium untuk mendeteksi dan merespons patogen baru (FAO et al., 2019).

### **Komponen Inti *One Health***

Beberapa elemen penting dalam pendekatan *One Health* mencakup:

1. Surveilans Terpadu. Pengumpulan dan analisis data penyakit dari manusia, hewan, dan lingkungan.
2. Diagnosis Laboratorium yang Terkoordinasi. Kolaborasi antar laboratorium kesehatan masyarakat, veteriner, dan lingkungan.
3. Respons Cepat terhadap Wabah. Investigasi epidemiologis terpadu dan tindakan mitigasi bersama.
4. Komunikasi Risiko dan Edukasi Publik: Informasi kesehatan yang konsisten dan lintas sektor.
5. Kebijakan dan Regulasi Koheren. Peraturan yang mendukung praktik lintas sektor untuk pencegahan zoonosis.

### **Relevansi *One Health* bagi TLM**

Teknologi Laboratorium Medis memegang peranan strategis dalam penerapan *One Health*, khususnya dalam mendeteksi penyakit zoonotik, melakukan konfirmasi etiologi, serta mendukung surveilans laboratorium berbasis lintas sektor. Laboratorium TLM dapat menjadi titik sentral dalam upaya mendeteksi penyakit yang timbul dari interaksi antara manusia dan hewan.

Beberapa relevansi utama antara TLM dan *One Health* antara lain:

1. **Deteksi Dini dan Identifikasi Patogen**  
Laboratorium klinik memiliki peran sentral dalam mendeteksi kasus-kasus penyakit infeksius pada manusia, termasuk patogen zoonotik. Misalnya, pada kasus leptospirosis, laboratorium dapat mengidentifikasi antibodi IgM melalui ELISA atau konfirmasi dengan PCR, yang kemudian dapat dikaitkan dengan data dari hewan reservoir dan lingkungan air tercemar (Haake & Levett, 2015).

2. **Kolaborasi dalam Surveilans Zoonosis**  
Laboratorium TLM dapat berkolaborasi dengan laboratorium veteriner dan laboratorium lingkungan dalam melakukan surveilans aktif terhadap patogen zoonotik. Surveilans ini mencakup pemeriksaan feses hewan, uji kualitas air, dan uji klinis pada pasien manusia yang menunjukkan gejala serupa.
3. **Pemantauan Resistensi Antimikroba (AMR)**  
Salah satu fokus utama One Health adalah resistensi antimikroba. Laboratorium TLM memiliki tanggung jawab penting dalam pemantauan pola resistensi antibiotik melalui uji kepekaan (antibiogram), yang dapat menjadi dasar pembuatan kebijakan penggunaan antibiotik secara bijak di sektor kesehatan manusia dan hewan (WHO, 2017).
4. **Dukungan Data untuk Kebijakan Kesehatan**  
Data hasil pemeriksaan laboratorium yang terkumpul dan dianalisis secara tepat dapat digunakan oleh epidemiolog dan pembuat kebijakan untuk menentukan intervensi kesehatan. Dengan demikian, laboratorium menjadi garda depan dalam penyediaan bukti ilmiah yang diperlukan untuk intervensi kesehatan lintas sektor.

### **Contoh Kolaborasi Laboratorium dalam Pendekatan *One Health***

Salah satu ilustrasi terbaik kolaborasi lintas sektor dalam pendekatan One Health adalah saat terjadi wabah leptospirosis di wilayah pasca banjir. Di sini, laboratorium TLM melakukan pengujian spesimen manusia, laboratorium veteriner memeriksa hewan pengerat sebagai reservoir, sementara laboratorium lingkungan menilai kontaminasi air. Ketiganya menyumbang data penting untuk memastikan sumber penularan dan merancang intervensi berbasis ekosistem.

Dalam kasus rabies, kolaborasi juga terlihat nyata: laboratorium hewan memeriksa otak hewan yang dicurigai terinfeksi, laboratorium kesehatan manusia menguji pasien gigitan, sementara instansi lingkungan mengedukasi

masyarakat tentang pengendalian populasi anjing liar dan pembuangan sampah yang menarik hewan liar (Cleaveland et al., 2017).

## 7.2 Penyakit Zoonosis dan Peran Laboratorium

---

Penyakit zoonosis adalah penyakit yang secara alami dapat ditularkan antara hewan vertebrata dan manusia. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), lebih dari 60% penyakit infeksius yang menyerang manusia bersumber dari hewan, dan 75% dari penyakit infeksius baru yang muncul juga berasal dari hewan (WHO, 2021). Penyakit zoonosis dapat ditularkan melalui berbagai jalur, termasuk kontak langsung, makanan atau air yang terkontaminasi, gigitan vektor, atau melalui lingkungan yang tercemar.

Teknologi Laboratorium Medis (TLM) berperan penting dalam deteksi dini, diagnosis, konfirmasi laboratorium, dan pemantauan penyakit zoonotik. Dengan pendekatan One Health, keterlibatan laboratorium dalam pemantauan zoonosis tidak lagi bersifat parsial, melainkan harus mencerminkan kerja sama lintas sektor antara laboratorium kesehatan masyarakat, laboratorium hewan, dan laboratorium lingkungan (FAO et al., 2019).

### Jenis-Jenis Penyakit Zoonosis yang Relevan bagi TLM

Berikut ini beberapa contoh penyakit zoonosis penting yang relevan dengan praktik laboratorium medis:

#### 1. **Leptospirosis**

Leptospirosis disebabkan oleh bakteri *Leptospira interrogans* yang ditularkan melalui urin hewan terinfeksi, terutama tikus, ke lingkungan air atau tanah. Pada manusia, infeksi dapat menimbulkan gejala mulai dari ringan hingga berat seperti gagal ginjal, hepatitis, dan meningitis. Peran laboratorium mencakup pemeriksaan serologis IgM ELISA, uji aglutinasi mikroskopik (MAT), dan PCR (Haake & Levett, 2015).

## 2. Rabies

Rabies adalah penyakit zoonotik fatal yang ditularkan melalui gigitan hewan yang terinfeksi, terutama anjing. Diagnosis laboratorium pada manusia umumnya dilakukan secara post-mortem melalui pemeriksaan jaringan otak dengan uji imunofluoresensi langsung (DFA). Laboratorium juga melakukan pemeriksaan antibodi rabies dan PCR dari sampel air liur dan serum pasien (WHO, 2018).

## 3. Brucellosis

Brucellosis ditularkan dari hewan ternak seperti sapi, kambing, dan domba, biasanya melalui konsumsi produk hewan yang tidak dipasteurisasi atau kontak langsung dengan jaringan terinfeksi. Diagnosis laboratorium dilakukan dengan kultur darah, uji serologi seperti aglutinasi (Rose Bengal Test), dan PCR (Corbel, 2006).

## 4. Anthrax

Anthrax disebabkan oleh *Bacillus anthracis* dan merupakan zoonosis penting, terutama di daerah peternakan. Diagnosis laboratorium melibatkan pewarnaan Gram, uji PCR, serta kultur pada media darah atau jaringan (Turnbull, 2008).

## 5. Toksoplasmosis

Disebabkan oleh *Toxoplasma gondii*, ditularkan melalui makanan yang tidak dimasak sempurna atau kontak dengan kotoran kucing yang terinfeksi. Peran laboratorium TLM sangat penting dalam deteksi IgG dan IgM serta penggunaan metode PCR untuk diagnosis prenatal (Montoya & Liesenfeld, 2004).

## Peran Laboratorium dalam Penanganan Zoonosis

### 1. Deteksi dan Diagnosis Awal

Laboratorium klinis merupakan titik awal penting untuk mendeteksi keberadaan infeksi zoonotik pada manusia. Diagnosis dini tidak hanya menentukan terapi yang tepat, tetapi juga berperan besar dalam mencegah penyebaran penyakit lebih lanjut. Misalnya, dalam kasus leptospirosis pasca

banjir, pemeriksaan laboratorium cepat dapat mengidentifikasi kasus dan mempercepat intervensi lingkungan (Levett, 2001).

## **2. Konfirmasi Etiologi**

Beberapa penyakit zoonosis memiliki gejala klinis yang mirip dengan penyakit lain. Konfirmasi laboratorium terhadap etiologi sangat penting untuk membedakan, misalnya antara demam tifoid, leptospirosis, atau dengue. Teknik yang digunakan meliputi:

- Kultur mikrobiologi (Brucella, Bacillus)
- Uji serologis (IgM dan IgG)
- Uji molekuler (PCR dan qPCR)

## **3. Surveilans dan Pemantauan Tren**

Laboratorium TLM juga berperan dalam surveilans penyakit zoonosis. Dengan melaporkan data laboratorium secara sistematis, tren penyakit dapat dimonitor secara real-time. Informasi ini berguna bagi pihak otoritas kesehatan dan lingkungan dalam membuat keputusan berbasis data.

Sebagai contoh, laporan laboratorium tentang kasus positif leptospirosis dapat dikorelasikan dengan data banjir, aktivitas air terbuka, atau populasi tikus di lingkungan setempat (Vinetz et al., 2005).

## **4. Pengujian Hewan dan Produk Hewan**

Meskipun tidak dilakukan langsung oleh laboratorium TLM, kolaborasi dengan laboratorium veteriner sangat penting. Sebagai contoh, pemeriksaan produk susu yang tidak dipasteurisasi dalam kasus brucellosis memerlukan kerja sama antara laboratorium makanan, hewan, dan laboratorium klinik manusia.

## **5. Peningkatan Kesiapsiagaan dan Tanggap Wabah**

Peran laboratorium dalam mendukung kesiapsiagaan sangat penting. Identifikasi cepat terhadap patogen zoonotik membantu mempersingkat waktu

respons terhadap wabah. Dalam beberapa kasus, laboratorium TLM juga dituntut untuk melakukan sequencing genetik terhadap patogen baru atau strain baru untuk keperluan surveilans molekuler.

### **7.3 Kolaborasi Lintas Sektor dalam Pengendalian Penyakit**

---

Penyakit zoonotik dan penyakit infeksius yang timbul akibat interaksi kompleks antara manusia, hewan, dan lingkungan tidak dapat ditangani secara efektif oleh satu sektor saja. Konsep *One Health* menekankan bahwa pengendalian penyakit harus melibatkan kolaborasi lintas sektor, termasuk kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan lingkungan. Laboratorium sebagai pusat data ilmiah dan diagnosis memiliki peran sentral dalam membangun komunikasi dan integrasi antara sektor-sektor tersebut (FAO et al., 2019).

Kolaborasi ini bertujuan bukan hanya untuk merespons wabah, tetapi juga untuk melakukan tindakan preventif dan surveilans terpadu guna mendeteksi potensi penyebaran penyakit sejak dini. Dalam konteks ini, laboratorium kesehatan manusia (TLM), laboratorium veteriner, dan laboratorium lingkungan harus saling berbagi data, metode, sumber daya, serta sistem pelaporan.

#### **Bentuk Kolaborasi Lintas Sektor**

##### **1. Sistem Surveilans Terpadu**

Surveilans terpadu berarti pengumpulan, analisis, dan pelaporan data dari berbagai sektor yang saling berhubungan. Sistem ini memungkinkan deteksi dini dan respons cepat terhadap penyakit zoonotik. Misalnya, dalam kasus leptospirosis, data dari laboratorium medis tentang peningkatan kasus pada manusia dapat dikaitkan dengan data laboratorium lingkungan (kadar kontaminasi air) dan laboratorium veteriner (deteksi *Leptospira* pada hewan) (WHO, 2020).

Salah satu implementasi nyata adalah Integrated Disease Surveillance and Response (IDSR) di Afrika yang menggabungkan data dari berbagai sektor untuk memperkuat kapasitas deteksi dini (WHO-AFRO, 2015).

## **2. Jaringan Laboratorium One Health**

Beberapa negara membentuk jejaring laboratorium lintas sektor sebagai implementasi nyata One Health. Di Indonesia, upaya ini telah diinisiasi melalui pembentukan jejaring laboratorium zoonosis nasional di bawah koordinasi Kementerian Kesehatan, Kementerian Pertanian, dan Kementerian Lingkungan Hidup. Tujuannya adalah membentuk standar pemeriksaan, harmonisasi metode, serta sistem pelaporan elektronik yang kompatibel antar lembaga (Kementerian Kesehatan RI, 2021).

## **3. Pelatihan dan Kapasitas Bersama**

Pelatihan lintas disiplin adalah komponen penting dalam memperkuat kolaborasi. Misalnya, petugas laboratorium dari sektor kesehatan manusia dan veteriner dapat dilatih bersama dalam teknik PCR untuk deteksi rabies atau avian influenza, atau dalam biosafety level (BSL) 2 dan 3 untuk penanganan patogen berisiko tinggi (CDC, 2022).

Kolaborasi ini memperkaya pemahaman lintas sektor, meningkatkan efisiensi sumber daya, dan mempercepat harmonisasi teknik dan interpretasi hasil laboratorium.

## **4. Respons Bersama terhadap Wabah**

Dalam situasi wabah zoonosis, tim respons cepat (Rapid Response Team) yang terdiri dari dokter, petugas laboratorium TLM, dokter hewan, epidemiolog, dan petugas lingkungan harus bekerja secara sinergis. Contoh nyata dapat dilihat pada penanganan kasus rabies di Bali, di mana laboratorium kesehatan mendeteksi kasus pada manusia, sementara laboratorium hewan melakukan pelacakan pada populasi anjing untuk vaksinasi massal dan eliminasi vektor (Susilawathi et al., 2012).

## **Studi Kolaborasi: Wabah Avian Influenza**

Kasus avian influenza (H5N1) memberikan contoh ideal kolaborasi lintas sektor di Indonesia. Wabah ini menuntut kerja sama:

- Laboratorium hewan mendeteksi H5N1 pada unggas.
- Laboratorium klinik manusia memeriksa pasien dengan gejala flu berat dan konfirmasi H5N1 melalui RT-PCR.
- Laboratorium lingkungan memeriksa potensi kontaminasi dari peternakan ke permukiman.
- Semua data kemudian dikonsolidasikan oleh tim epidemiologi lintas sektor dan dilaporkan kepada WHO.

Keberhasilan penanganan H5N1 menunjukkan pentingnya integrasi dan kolaborasi lintas sektor dalam konteks *One Health* (Yusuf et al., 2019).

## **Peran Strategis Laboratorium TLM dalam Kolaborasi**

### **a. Konfirmasi Diagnostik**

Laboratorium TLM menyediakan konfirmasi etiologi penyakit zoonotik pada manusia, yang menjadi dasar kebijakan kesehatan masyarakat. Validasi hasil dari sektor veteriner juga bisa dilakukan secara silang untuk memastikan kesesuaian data.

### **b. Pemantauan Perubahan Genetik Patogen**

Dalam situasi pandemi atau endemi zoonotik, laboratorium TLM dapat melakukan analisis sekuens genetik untuk mendeteksi mutasi, resistensi antibiotik, atau klade virus baru. Informasi ini penting bagi laboratorium hewan dan lembaga farmasi untuk menyusun strategi vaksinasi dan pengobatan.

### **c. Penyediaan Data untuk Kegiatan Epidemiologi**

Hasil laboratorium menjadi input primer dalam pemodelan risiko, studi beban penyakit, dan evaluasi efektivitas intervensi. Laboratorium TLM juga bekerja

sama dengan sistem informasi geografis (GIS) dan tim lingkungan dalam pemetaan penyakit berbasis wilayah.

## **Kesimpulan**

Kolaborasi lintas sektor dalam pendekatan *One Health* bukan hanya suatu kebutuhan, melainkan keharusan dalam menghadapi dinamika penyakit infeksi modern, khususnya zoonosis. Laboratorium sebagai elemen sentral dalam diagnosis dan surveilans berperan besar dalam menjembatani sektor kesehatan manusia, kesehatan hewan, dan lingkungan.

Melalui kolaborasi ini, pengendalian penyakit menjadi lebih efektif dan efisien karena data yang dihasilkan bersifat komprehensif dan multiperspektif. Surveilans terpadu, jejaring laboratorium, pelatihan bersama, dan respons gabungan terhadap wabah menjadi strategi unggulan dalam menjawab tantangan global.

Namun, kolaborasi ini tidak lepas dari tantangan teknis dan struktural seperti fragmentasi sistem informasi, ketimpangan kapasitas SDM, serta perbedaan pendekatan antar sektor. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya konsisten untuk menyusun kerangka kerja terpadu, memperkuat kapasitas lintas sektor, serta membangun kepercayaan dan komunikasi yang terbuka.

Dalam konteks Teknologi Laboratorium Medis, peran tenaga laboratorium tidak hanya terbatas pada analisis spesimen, tetapi meluas pada kontribusi dalam advokasi kebijakan, pendidikan lintas sektor, dan keterlibatan dalam sistem respons cepat. Sinergi antarlaboratorium dalam satu ekosistem kesehatan menjadi penentu utama dalam deteksi dini, pemutusan rantai penularan, serta mitigasi dampak jangka panjang dari penyakit zoonosis.

## **7.4 Studi Kasus Zoonosis (Leptospirosis, Rabies, Brucellosis)**

---

Untuk memperkuat pemahaman tentang integrasi konsep *One Health* dalam praktik nyata, studi kasus menjadi alat pembelajaran yang efektif. Subbab ini menyajikan tiga contoh zoonosis, Leptospirosis, Rabies, dan Brucellosis—yang menunjukkan bagaimana laboratorium TLM bekerja sama dengan sektor lain dalam mendeteksi, memantau, dan mengendalikan penyakit.

### **1. Leptospirosis: Kolaborasi TLM, Lingkungan, dan Veteriner**

Leptospirosis adalah penyakit bakteri yang ditularkan melalui kontak dengan air atau tanah yang terkontaminasi urin hewan terinfeksi, terutama tikus. Penyakit ini umum terjadi di wilayah tropis dengan sanitasi buruk, terutama saat musim hujan dan banjir (WHO, 2020).

#### **Peran Laboratorium:**

- Laboratorium TLM mendeteksi antibodi *Leptospira* dalam darah pasien melalui ELISA atau uji MAT (Microscopic Agglutination Test).
- Laboratorium lingkungan memeriksa kontaminasi *Leptospira* dalam sampel air genangan dan tanah.
- Laboratorium veteriner melacak tikus, sapi, dan anjing sebagai reservoir penyakit, menggunakan PCR untuk mengidentifikasi keberadaan bakteri di ginjal hewan.

#### **Kolaborasi:**

- Data hasil lab manusia dipadukan dengan hasil uji lingkungan dan hewan, lalu digunakan oleh tim epidemiologi untuk pemetaan wilayah risiko.
- Intervensi dilakukan dengan edukasi masyarakat, perbaikan saluran air, dan kampanye pengendalian hama.

**Hasil:** Penurunan signifikan kasus leptospirosis tercatat dalam 6 bulan pasca intervensi terintegrasi di daerah Kendal, Jawa Tengah (Kemenkes RI, 2022).

## 2. Rabies: Sinergi Laboratorium Manusia dan Hewan

Rabies adalah penyakit virus yang ditularkan melalui gigitan hewan terinfeksi, terutama anjing. Virus rabies menyerang sistem saraf pusat dan hampir selalu fatal jika gejala klinis muncul (CDC, 2023).

### Peran Laboratorium:

- Laboratorium TLM memeriksa cairan serebrospinal atau biopsi kulit pasien yang diduga rabies melalui DFA (Direct Fluorescent Antibody) dan PCR.
- Laboratorium hewan menguji otak anjing atau hewan yang menggigit manusia menggunakan uji FAT (Fluorescent Antibody Test).

### Kolaborasi:

- Kasus gigitan dilaporkan ke dinas kesehatan dan dinas peternakan.
- Tim gabungan melakukan tracing, vaksinasi anjing, dan edukasi masyarakat.

**Contoh Sukses:** Penurunan kasus rabies manusia di Bali dari 100 kasus per tahun pada 2009 menjadi <10 kasus per tahun pada 2020 merupakan hasil kampanye vaksinasi massal dan jejaring laboratorium rabies yang aktif (Susilawathi et al., 2012).

## 3. Brucellosis: Peran Strategis TLM dan Laboratorium Veteriner

Brucellosis adalah penyakit bakteri zoonotik kronis yang ditularkan dari hewan ternak seperti sapi dan kambing melalui susu mentah, jaringan hewan, atau kontak langsung. Pada manusia, brucellosis menimbulkan demam berkepanjangan, nyeri otot, dan kelelahan (Pappas et al., 2006).

### Peran Laboratorium:

- TLM melakukan uji serologis (Rose Bengal Test, ELISA) pada pasien dengan gejala demam tak jelas etiologi.

- Laboratorium veteriner menguji darah sapi/kambing dengan uji serologis yang sama dan kultur bakteri *Brucella*.

#### **Kolaborasi:**

- Saat terjadi lonjakan demam tidak diketahui di daerah peternakan, TLM bekerja sama dengan laboratorium veteriner untuk menyisir hewan-hewan terduga.
- Tim lintas sektor memberikan pengobatan pada manusia, memusnahkan hewan terinfeksi, serta menyosialisasikan bahaya konsumsi susu mentah.

**Dampak:** Program eradikasi brucellosis di Boyolali berhasil menurunkan kasus pada manusia sebesar 70% dalam dua tahun (Balai Besar Veteriner Wates, 2021).

#### **Analisis dan Refleksi**

Ketiga studi kasus tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pengendalian zoonosis sangat bergantung pada:

- Deteksi laboratorium cepat dan akurat
- Integrasi data lintas sektor
- Respons koordinatif yang menggabungkan tindakan medis, veteriner, dan lingkungan
- Pemberdayaan masyarakat dalam pencegahan penyakit zoonosis

Teknologi Laboratorium Medis memiliki posisi strategis tidak hanya dalam deteksi penyakit pada manusia, tetapi juga sebagai penghubung antara sains dan kebijakan. Kolaborasi semacam ini merupakan manifestasi nyata dari prinsip *One Health* yang tidak hanya menyelamatkan manusia, tetapi juga melindungi ekosistem secara keseluruhan.

## **Contoh Kolaborasi Nyata: Laboratorium, Dokter Hewan, dan Lingkungan dalam Kasus Zoonosis**

---

Untuk lebih memperjelas penerapan prinsip One Health yang mencakup kerja lintas sektor, berikut ini ditambahkan skenario konkret di mana laboratorium kesehatan manusia (TLM), dokter hewan, dan laboratorium lingkungan bekerja bersama dalam menangani zoonosis.

### **Kasus Leptospirosis Pasca Banjir: Kolaborasi Laboratorium – Dokter Hewan – Lingkungan**

**Konteks :** Setelah banjir besar di daerah Semarang, terjadi lonjakan pasien dengan gejala demam tinggi, nyeri otot, dan mata merah. Rumah sakit mencurigai leptospirosis sebagai penyebabnya.

#### **Langkah Kolaboratif:**

1. **Laboratorium TLM** mengambil sampel darah pasien dan melakukan pemeriksaan serologis menggunakan uji ELISA untuk deteksi antibodi *Leptospira*.
2. **Dokter hewan dari dinas peternakan** turun ke lapangan bersama petugas laboratorium hewan untuk memeriksa keberadaan *Leptospira* pada tikus yang tertangkap, serta melakukan necropsy dan PCR pada ginjal hewan.
3. **Laboratorium lingkungan** menguji sampel air genangan dan tanah dari sekitar rumah pasien menggunakan kultur bakteri dan PCR.

#### **Hasil Analisis Bersama:**

- Spesimen dari manusia, hewan, dan lingkungan menunjukkan strain *Leptospira icterohaemorrhagiae* yang sama.
- Dokter hewan menyarankan penanggulangan melalui penyemprotan disinfektan, edukasi masyarakat tentang kebersihan kandang ternak, dan kampanye penangkapan tikus.
- Dinas lingkungan hidup melakukan intervensi sanitasi dan normalisasi saluran air.

#### **Dampak:**

Jumlah kasus turun drastis setelah dilakukan edukasi bersama dan intervensi sanitasi lingkungan, menunjukkan keberhasilan kerja lintas sektor berdasarkan bukti laboratorium (WHO, 2020).

### Latihan Soal

Bab ini telah mengupas secara mendalam pentingnya pendekatan *One Health* dalam pengendalian penyakit menular yang melibatkan manusia, hewan, dan lingkungan. Dalam konteks epidemiologi modern, kolaborasi lintas sektor tidak lagi menjadi opsi tambahan, melainkan kebutuhan fundamental dalam menanggulangi penyakit zoonosis secara menyeluruh. Pendekatan ini menempatkan laboratorium sebagai ujung tombak dalam deteksi dini, pengawasan, dan respons cepat terhadap ancaman penyakit yang bersumber dari interaksi lintas spesies.

---

Soal 1. Jelaskan konsep *One Health* dan mengapa konsep ini penting dalam pengendalian penyakit zoonosis!

Soal 2. Sebutkan 2 peran utama laboratorium TLM dalam konteks pendekatan *One Health*!

Soal 3. Berikan satu contoh nyata kolaborasi lintas sektor (laboratorium manusia, hewan, dan lingkungan) dalam penanganan zoonosis, dan jelaskan bagaimana peran masing-masing!

Soal 4. Mengapa penyakit zoonosis sulit dikendalikan tanpa adanya kerja sama antara sektor kesehatan manusia, hewan, dan lingkungan?

Soal 5. Apa tantangan terbesar dalam implementasi pendekatan *One Health* di Indonesia, terutama dalam konteks laboratorium?

## Glosarium

---

- One Health* : Pendekatan terpadu lintas disiplin untuk mencapai kesehatan optimal manusia, hewan, dan lingkungan.
- Zoonosis : Penyakit yang ditularkan antara hewan dan manusia.
- Kolaborasi lintas sector : Kerja sama antara berbagai bidang keilmuan dan institusi seperti kesehatan, peternakan, lingkungan, dan pemerintah.
- Laboratorium : Fasilitas yang digunakan untuk analisis laboratorium dari spesimen biologis untuk mendukung diagnosis dan surveilans.
- Surveilans zoonosis : Pemantauan dan pelaporan penyakit zoonotik untuk mendeteksi dan merespons secara dini.

## REFERENSI

---

- Balai Besar Veteriner Wates. (2021). Laporan Tahunan Pengendalian Brucellosis di Indonesia.
- Cleaveland, S., Sharp, J., Abela-Ridder, B., Allan, K. J., Buza, J., Crump, J. A., ... & Hampson, K. (2017). One Health contributions towards more effective and equitable approaches to health in low- and middle-income countries. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1725), 20160168. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0168>
- Corbel, M. J. (2006). Brucellosis in humans and animals. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43597>
- Destoumieux-Garzón, D., Mavingui, P., Boetsch, G., Boissier, J., Darriet, F., Duboz, P., ... & Voituron, Y. (2018). The One Health Concept: 10 Years Old and a Long Road Ahead. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 14. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00014>
- FAO, OIE, WHO. (2019). Taking a Multisectoral, One Health Approach: A Tripartite Guide to Addressing Zoonotic Diseases in Countries. Rome: FAO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241514934>
- Gibbs, E. P. J. (2014). The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future. *Veterinary Record*, 174(4), 85–91. <https://doi.org/10.1136/vr.g143>
- Haake, D. A., & Levett, P. N. (2015). Leptospirosis in humans. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 387, 65–97. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-45059-8_5)
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Pedoman Pengendalian Rabies di Indonesia. Jakarta: Kemenkes RI.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). Laporan Surveilans Leptospirosis Nasional.
- Ko, A. I., Goarant, C., & Picardeau, M. (2009). Leptospira: the dawn of the molecular genetics era for an emerging zoonotic pathogen. *Nature Reviews Microbiology*, 7(10), 736–747.

- Levett, P. N. (2001). Leptospirosis. *Clinical Microbiology Reviews*, 14(2), 296–326.
- Montoya, J. G., & Liesenfeld, O. (2004). Toxoplasmosis. *The Lancet*, 363(9425), 1965–1976.
- Pappas, G., et al. (2006). The new global map of human brucellosis. *The Lancet Infectious Diseases*, 6(2), 91–99.
- Rüegg, S. R., McMahon, B. J., Häsler, B., Esposito, R., Nielsen, L. R., Ifejika Speranza, C., ... & Zinsstag, J. (2017). A blueprint to evaluate One Health. *Frontiers in Public Health*, 5, 20. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.0002>
- Susilawathi, N. M., et al. (2012). Epidemiological and virological investigation of human rabies cases in Bali, Indonesia, 2008–2010. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(9), e1751.
- Turnbull, P. C. B. (2008). *Anthrax in humans and animals* (4th ed.). World Health Organization.
- Vinetz, J. M., Glass, G. E., Flexner, C. E., Mueller, P., & Kaslow, D. C. (2005). Dengue fever, Japanese encephalitis, and leptospirosis in Southeast Asia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 73(1), 1–4.
- WHO. (2017). *Global Action Plan on Antimicrobial Resistance*. Geneva: World Health Organization.
- WHO. (2020). *Leptospirosis Burden Epidemiology Reference Group*.
- WHO. (2021). *Zoonoses*. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>

## Bab 8

### Penguatan Kompetensi Epidemiologi bagi Tenaga TLM

---

Di era globalisasi dan meningkatnya ancaman penyakit menular, peran tenaga kesehatan menjadi semakin kompleks dan strategis. Salah satu komponen vital dalam sistem kesehatan modern adalah Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM), yang tidak hanya bertugas melakukan pemeriksaan laboratorium, tetapi juga menjadi aktor penting dalam mendeteksi, menganalisis, dan melaporkan data kesehatan masyarakat. Dalam konteks epidemiologi, keberadaan TLM bukan sekadar pelengkap, tetapi menjadi komponen inti dalam sistem kewaspadaan dini, investigasi wabah, dan evaluasi program pengendalian penyakit.

Selama ini, epidemiologi sering dipersepsikan sebagai wilayah kerja dokter, ahli kesehatan masyarakat, atau epidemiolog murni. Padahal, sebagian besar keputusan epidemiologis yang diambil pemerintah dan fasilitas layanan kesehatan—baik saat wabah, surveilans penyakit menular, maupun dalam program eliminasi penyakit—bersumber dari data laboratorium yang diperiksa dan disahkan oleh TLM. Oleh karena itu, penguasaan kompetensi epidemiologi oleh tenaga TLM bukan hanya pelengkap, melainkan menjadi suatu keharusan profesional.

Peningkatan kompetensi epidemiologi bagi TLM juga menjawab tantangan sistem kesehatan modern yang menuntut kolaborasi lintas profesi, lintas sektor, dan berbasis data. Dalam konteks Indonesia, keterlibatan TLM dalam sistem seperti Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons (SKDR), Surveilans Terpadu Penyakit Berbasis Laboratorium, hingga keterlibatan dalam respons pandemi seperti COVID-19, menunjukkan bahwa laboratorium merupakan garda terdepan dalam sistem informasi kesehatan yang responsif dan berbasis bukti. Hal ini hanya dapat terwujud bila TLM memahami prinsip dasar epidemiologi dan mampu mengintegrasikan hasil pemeriksaan laboratorium ke dalam sistem pelaporan nasional dengan pendekatan ilmiah dan etis.

Lebih lanjut, tantangan saat ini tidak hanya datang dari penyakit infeksius, tetapi juga Penyakit Tidak Menular (PTM), resistensi antimikroba (AMR), penyakit zoonotik, dan kedaruratan kesehatan akibat bencana atau lingkungan. Semua itu memerlukan kapasitas TLM yang kuat dalam membaca pola epidemiologi, melakukan interpretasi hasil laboratorium dalam konteks populasi, serta menjalin kolaborasi dengan profesi lain untuk pengendalian penyakit secara terpadu. Kompetensi tersebut meliputi keterampilan dalam analisis data, interpretasi statistik dasar, penyusunan laporan epidemiologis, serta pengetahuan etika dan validitas dalam pelaporan hasil laboratorium.

## **Tujuan**

---

Bab ini bertujuan untuk:

1. Menguraikan kompetensi epidemiologi dasar yang wajib dimiliki tenaga TLM.
2. Menjelaskan bagaimana data laboratorium diintegrasikan ke dalam sistem kesehatan dan sistem kewaspadaan dini.
3. Menggarisbawahi pentingnya etika dan validitas data laboratorium dalam pelaporan dan pengambilan keputusan
4. Memberikan refleksi dan arahan tentang peningkatan kompetensi profesional TLM dalam peran epidemiologi di era kesehatan masyarakat modern.

## **Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)**

---

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu:

1. Menjabarkan kompetensi epidemiologi kunci yang diperlukan TLM.
2. Mendeskripsikan mekanisme integrasi data laboratorium ke sistem kesehatan dan database surveilans.
3. Mengevaluasi prinsip etika dan prosedur validitas dalam pelaporan hasil laboratorium.

4. Mengusulkan strategi penguatan peran TLM dalam peningkatan kualitas surveilans dan respons epidemiologis.

## **Indikator Pencapaian Pembelajaran**

---

1. Mengidentifikasi dan menjelaskan kompetensi teknis dan epidemiologis minimal untuk seorang TLM.
2. Menunjukkan pemahaman tentang alur dan sistem integrasi data dari laboratorium ke basis data nasional.
3. Mahasiswa dapat menganalisis dilema etis seputar pelaporan laboratorium dan merancang solusi.
4. Mahasiswa mampu merumuskan rekomendasi konkret untuk pengembangan kapasitas TLM di bidang epidemiologi.

## **Kata Kunci**

---

- Kompetensi Epidemiologi
- Integrasi Data
- Etika Pelaporan
- Validitas Data
- Respons Epidemiologis
- Sistem Surveilans

## 8.1 Kompetensi Dasar Epidemiologi yang Harus dikuasai TLM

---

Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM) memiliki peran penting dalam rantai sistem kesehatan, terutama dalam konteks epidemiologi. Agar peran ini dapat dijalankan secara optimal, dibutuhkan penguasaan terhadap kompetensi dasar epidemiologi. Kompetensi ini meliputi pemahaman konseptual tentang epidemiologi, kemampuan analisis data laboratorium dalam konteks populasi, serta keterampilan komunikasi dan kolaborasi dengan berbagai pihak untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based decision-making*) dalam kesehatan masyarakat (Thacker & Berkelman, 1988).

### 1. Pemahaman tentang Prinsip Dasar Epidemiologi

Kompetensi pertama dan paling mendasar bagi TLM adalah memahami definisi, tujuan, dan prinsip dasar epidemiologi. Epidemiologi adalah ilmu yang mempelajari pola distribusi penyakit dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dalam populasi tertentu, serta penerapan studi ini untuk mengendalikan masalah kesehatan (Gordis, 2014). Bagi TLM, ini berarti mampu memahami bahwa data laboratorium yang mereka hasilkan bukan sekadar hasil individual, tetapi memiliki kontribusi besar dalam memetakan tren penyakit di tingkat populasi.

Pemahaman ini mencakup:

- Konsep *incidence, prevalence, case fatality rate*
- Faktor risiko dan penyebab penyakit (etiologi)
- Konsep *outbreak, epidemic, dan pandemic*
- Pendekatan preventif (primer, sekunder, tersier)

TLM yang memahami prinsip ini akan lebih mampu memosisikan diri dalam sistem deteksi dan respon penyakit menular, misalnya dalam kasus KLB diare atau surveilans TBC (Nsubuga et al., 2006).

## **2. Keterampilan Mengelola dan Menginterpretasikan Data Laboratorium dalam Konteks Epidemiologi**

Selain menghasilkan data yang valid dan reliabel, TLM harus memiliki kemampuan untuk **mengelompokkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data laboratorium** dalam konteks epidemiologi. Hal ini termasuk membaca tren data, mendeteksi outlier, serta menilai hasil pemeriksaan dalam kaitannya dengan waktu, tempat, dan orang (time, place, person).

Misalnya, hasil pemeriksaan sputum positif BTA pada populasi tertentu di daerah perkotaan menunjukkan adanya peningkatan kasus baru TBC. Seorang TLM yang memiliki kompetensi epidemiologi akan mampu:

- Mengelompokkan data berdasarkan wilayah geografis
- Menilai kecenderungan musiman
- Menghubungkan data laboratorium dengan perilaku berisiko

Keterampilan ini sangat penting untuk mendukung surveilans berbasis laboratorium dan investigasi wabah (Heymann, 2015).

## **3. Penguasaan Konsep dan Teknik Surveilans Berbasis Laboratorium**

Surveilans berbasis laboratorium (laboratory-based surveillance) adalah salah satu metode surveilans epidemiologi yang sangat bergantung pada kontribusi tenaga TLM. Kompetensi ini mencakup:

- Penguasaan sistem pelaporan seperti SKDR (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respons)
- Kemampuan membaca sistem alert/early warning berdasarkan hasil lab
- Mengetahui standar prosedur pengambilan, penyimpanan, dan pelaporan sampel untuk surveilans

TLM juga harus memahami bahwa data laboratorium tidak hanya digunakan untuk diagnosa pasien, tetapi menjadi bahan baku utama dalam pengambilan

kebijakan kesehatan masyarakat seperti imunisasi massal, pembatasan perjalanan, atau karantina wilayah (CDC, 2020).

#### **4. Kemampuan Kolaborasi dan Komunikasi Lintas Sektor**

Epidemiologi modern bersifat interdisipliner dan lintas sektor. Oleh karena itu, TLM perlu mengembangkan kompetensi kolaboratif untuk bekerja bersama dokter, ahli epidemiologi, petugas kesehatan lingkungan, dan dokter hewan dalam pendekatan *One Health* (FAO, WHO & OIE, 2019).

Kompetensi ini meliputi:

- Kemampuan menyampaikan temuan hasil lab kepada tim multidisiplin
- Menyesuaikan bahasa teknis agar mudah dipahami oleh pemangku kepentingan
- Menjalin jejaring kerja lintas institusi (puskesmas, RS, laboratorium regional, BPOM, Kemenkes)

Komunikasi yang baik antara laboratorium dan pengambil kebijakan dapat mempercepat penanganan wabah dan menghindari salah interpretasi hasil laboratorium yang berdampak besar (Groseclose & Buckeridge, 2017).

#### **5. Penguasaan Aspek Validitas, Reliabilitas, dan Etika dalam Pelaporan Epidemiologis**

Kompetensi lainnya adalah memahami pentingnya validitas dan reliabilitas data laboratorium. Hal ini mencakup konsep:

- Sensitivitas dan spesifisitas uji
- Predictive value positif/negatif
- False positive dan false negative
- Prosedur jaminan mutu internal (IQC) dan eksternal (EQA)

TLM juga harus memahami prinsip etika pelaporan, yaitu:

- Kerahasiaan identitas pasien

- Kewajiban pelaporan wajib (notifiable diseases)
- Kepatuhan terhadap regulasi nasional dan internasional

Kesalahan pelaporan atau kebocoran informasi dapat menimbulkan dampak besar, termasuk stigma sosial dan gangguan ketertiban umum (Koplan et al., 2005).

## 6. Literasi Statistik dan Informatika Kesehatan Dasar

Dalam penguatan kompetensi epidemiologi, tenaga TLM perlu dibekali kemampuan membaca dan menerapkan statistik dasar seperti:

- Perhitungan prevalensi, insidensi
- Rasio risiko (RR), odds ratio (OR)
- Analisis tren sederhana (moving average, grafik linier)
- Penggunaan sistem informasi surveilans (misal SILACAK, SKDR Online)

Penguasaan literasi ini akan membantu TLM dalam menyusun laporan, presentasi data, serta mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data di fasilitas kesehatan (Teutsch & Churchill, 2000).

## 8.2 Integrasi Data Laboratorium ke dalam Sistem Kesehatan

---

Dalam sistem kesehatan yang modern dan responsif, data laboratorium bukan hanya menjadi sarana diagnosis individual, tetapi juga sebagai pilar utama dalam sistem informasi kesehatan masyarakat. Di era globalisasi penyakit dan ancaman pandemi, kemampuan tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM) untuk mengintegrasikan data laboratorium ke dalam sistem kesehatan menjadi hal yang sangat strategis. Integrasi ini memungkinkan deteksi dini penyakit menular, evaluasi efektivitas program kesehatan, hingga pengambilan kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*) (Groseclose & Buckeridge, 2017).

Dengan digitalisasi dan interoperabilitas sistem, tenaga TLM dituntut memahami proses aliran data, kualitas data, serta pentingnya kolaborasi lintas unit dan lintas sektor. Dalam konteks epidemiologi, integrasi data laboratorium menjadi instrumen penting dalam surveilans, investigasi wabah, dan respons kesehatan publik secara sistemik.

## **1. Konsep dan Urgensi Integrasi Data Laboratorium**

**Integrasi data laboratorium** merujuk pada proses memasukkan, mengolah, dan mengoneksikan hasil pemeriksaan laboratorium ke dalam sistem informasi kesehatan secara menyeluruh dan lintas level—dari fasilitas kesehatan primer hingga pengambil kebijakan pusat.

Kebutuhan integrasi ini muncul karena:

- Banyaknya data hasil laboratorium yang tidak digunakan secara maksimal.
- Terjadinya keterlambatan pelaporan yang berdampak pada lambatnya deteksi penyakit.
- Masih adanya sistem informasi yang tidak sinkron antara lab, rumah sakit, puskesmas, dan dinas kesehatan (WHO, 2018).

Dengan integrasi, hasil uji laboratorium tidak hanya “berhenti” di ruang klinik, tapi menjadi bagian dari analisis situasi kesehatan yang memengaruhi keputusan publik—misalnya kebijakan vaksinasi, pembatasan wilayah, atau penguatan surveilans penyakit menular.

## **2. Komponen Sistem yang Perlu dikuasai TLM**

Agar dapat menjalankan peran ini secara maksimal, TLM harus memahami dan mampu berkontribusi dalam beberapa komponen sistem informasi kesehatan berikut:

#### a. Sistem Informasi Laboratorium (LIS)

LIS (Laboratory Information System) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mencatat, mengelola, dan menyimpan hasil pemeriksaan laboratorium. Kemampuan TLM untuk menggunakan dan mengisi LIS dengan benar merupakan tahap awal dalam integrasi data.

#### b. Interoperabilitas dengan Sistem Kesehatan Nasional

Data laboratorium perlu “berbicara” dengan sistem nasional, seperti:

- SKDR (Sistem Kewaspadaan Dini dan Respon) dari Kemenkes
- SITB (Sistem Informasi Tuberkulosis)
- ESISMAL (Elektronik Sistem Informasi Malaria)
- Sistem pelaporan COVID-19 (NAR/SATUSEHAT)

Integrasi ini hanya mungkin jika data lab distandarisasi, dikodekan dengan benar (misal menggunakan ICD-10 atau SNOMED), dan dilaporkan tepat waktu (Ministry of Health Indonesia, 2020).

#### c. Keamanan dan Kerahasiaan Data

Salah satu tanggung jawab etis TLM adalah menjamin kerahasiaan dan integritas data. Oleh karena itu, tenaga laboratorium harus memahami prinsip keamanan informasi (data security) dan regulasi perlindungan data pasien.

### 3. Peran TLM dalam Proses Integrasi

TLM memiliki beberapa peran strategis dalam proses integrasi data ke dalam sistem kesehatan:

- Menginput data yang akurat dan lengkap, seperti nama tes, hasil, nilai rujukan, waktu pengambilan, dan status kualitas sampel.
- Menyampaikan data yang relevan untuk surveilans ke otoritas kesehatan.
- Berkoordinasi dengan tenaga epidemiologi dan IT untuk memperbaiki kualitas dan interoperabilitas data.

- Mengidentifikasi anomali atau tren hasil lab yang dapat menandakan potensi KLB (Kejadian Luar Biasa).

Contoh: Bila ditemukan peningkatan signifikan hasil Widal positif pada populasi sekolah dalam satu kecamatan, TLM harus segera mengoordinasikan data tersebut ke dinas kesehatan untuk verifikasi lapangan dan respons cepat.

#### **4. Studi Kasus Integrasi Data: Sistem SATUSEHAT**

Salah satu contoh integrasi data laboratorium yang menjadi tonggak penting di Indonesia adalah implementasi sistem SATUSEHAT dari Kementerian Kesehatan RI. Sistem ini berfungsi sebagai *health data exchange* yang menggabungkan berbagai jenis data layanan kesehatan, termasuk data laboratorium.

SATUSEHAT memungkinkan:

- Integrasi antara faskes primer, sekunder, dan tersier.
- Pelaporan berbasis NIK (Nomor Induk Kependudukan).
- Otomatisasi pelaporan untuk surveilans COVID-19 dan penyakit lainnya.

Dalam sistem ini, peran TLM adalah memastikan bahwa data hasil laboratorium masuk ke sistem dengan format yang sesuai, lengkap, dan dapat ditindaklanjuti oleh sistem epidemiologi nasional (Kemenkes RI, 2023).

#### **5. Tantangan dalam Integrasi Data Laboratorium**

Meskipun penting, integrasi data laboratorium menghadapi beberapa tantangan, seperti:

- Kurangnya pelatihan TLM tentang sistem informasi kesehatan.
- Keterbatasan infrastruktur dan akses internet, terutama di daerah terpencil.
- Perbedaan format data antar lembaga dan fasilitas kesehatan.
- Kurangnya budaya dokumentasi dan pelaporan tepat waktu.

Menghadapi tantangan ini, dibutuhkan pelatihan rutin, kolaborasi dengan tim IT kesehatan, dan dukungan kebijakan dari institusi kesehatan.

## 6. Arah Pengembangan di Masa Depan

Di masa depan, integrasi data laboratorium akan semakin mengandalkan teknologi AI (*Artificial Intelligence*), *machine learning*, dan *cloud-based platforms*. Hal ini memudahkan:

- Analisis prediktif wabah berdasarkan hasil lab.
- Deteksi outlier yang tidak terlihat secara manual.
- Visualisasi tren epidemiologi berbasis dashboard interaktif.

TLM harus siap menjadi bagian dari ekosistem digital ini. Pendidikan dan pelatihan TLM masa kini wajib memasukkan modul-modul tentang literasi digital kesehatan, data science dasar, dan etika teknologi (Budd et al., 2020).

## 8.3 Etika dan Validitas dalam Pelaporan Data

---

Dalam dunia ilmu kesehatan, pelaporan data hasil laboratorium tidak sekadar kegiatan administratif. Ia merupakan bagian dari proses ilmiah, pelayanan medis, dan pengambilan keputusan publik. Oleh karena itu, integritas data sangat bergantung pada dua fondasi utama: etika pelaporan dan validitas data. Bagi tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM), pemahaman terhadap aspek etis dan keabsahan data bukan hanya keharusan profesional, tetapi juga wujud tanggung jawab sosial dalam menjaga kesehatan masyarakat (Beauchamp & Childress, 2019).

Kesalahan, ketidakakuratan, atau manipulasi data laboratorium dapat menyebabkan konsekuensi serius, seperti salah diagnosis, keterlambatan deteksi wabah, dan kebijakan kesehatan yang keliru. Karena itu, Bab ini menekankan pentingnya prinsip-prinsip etika dan validitas dalam pelaporan laboratorium, terutama dalam konteks epidemiologi.

## 1. Etika dalam Pelaporan Data Laboratorium

Etika merupakan seperangkat prinsip moral yang membimbing perilaku profesional. Dalam konteks pelaporan data laboratorium, etika mencakup integritas, kejujuran, tanggung jawab, dan penghargaan terhadap hak individu. Tenaga TLM diharapkan:

### a. Menjaga Kerahasiaan Data Pasien

Setiap data laboratorium adalah bagian dari informasi medis pasien yang bersifat rahasia. Pelaporan yang membocorkan identitas pasien melanggar prinsip kerahasiaan medis. Oleh karena itu, tenaga TLM wajib memahami dan menerapkan ketentuan perlindungan data pribadi sesuai UU No. 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi.

Contoh penerapan: penggunaan kode unik sebagai pengganti nama atau NIK dalam pelaporan surveilans atau sistem kesehatan publik (Depkes RI, 2022).

### b. Menolak Manipulasi atau Rekayasa Data

Tindakan seperti mengubah hasil, menyembunyikan nilai abnormal, atau melaporkan data palsu merupakan pelanggaran etik berat. Manipulasi data dapat menyebabkan kesalahan dalam keputusan klinis maupun kebijakan publik.

Tenaga TLM harus tetap objektif dan bertanggung jawab meskipun ada tekanan dari pihak internal, eksternal, atau konflik kepentingan (Resnik, 2020).

### c. Keadilan dan Transparansi dalam Pelaporan

Pelaporan hasil laboratorium harus disampaikan secara jujur, tepat waktu, dan menyeluruh, baik dalam pelayanan individual maupun pelaporan surveilans populasi. Hal ini sejalan dengan prinsip *justice* dan *veracity* dalam bioetika.

## 2. Validitas Data dalam Konteks Epidemiologi

Validitas adalah ukuran seberapa benar dan akurat data dalam menggambarkan kondisi sesungguhnya. Dalam konteks epidemiologi, validitas data laboratorium sangat krusial untuk:

- Menentukan insiden dan prevalensi penyakit.
- Menilai akurasi tes diagnostik (sensitivitas, spesifisitas).
- Memastikan deteksi dini dan respons wabah yang tepat.

### a. Jenis Validitas yang Perlu Dipahami TLM

1. **Validitas Internal:** Konsistensi dan akurasi data dalam satu lingkungan pengujian. Contoh: hasil uji glukosa yang stabil dalam satu laboratorium selama satu minggu.
2. **Validitas Eksternal:** Kemampuan data untuk digeneralisasi ke populasi lain. Contoh: hasil PCR COVID-19 di Jakarta digunakan untuk memperkirakan tren nasional.
3. **Validitas Diagnostik:** Meliputi:
  - Sensitivitas (kemampuan deteksi kasus positif),
  - Spesifisitas (menghindari false positive),
  - Positive Predictive Value dan Negative Predictive Value.

Pemahaman ini penting untuk membantu ahli epidemiologi menafsirkan hasil laboratorium secara kontekstual (Thrusfield & Christley, 2018).

### b. Faktor yang Mempengaruhi Validitas

- Kualitas sampel (volume, waktu, metode pengambilan)
- Kalibrasi alat
- Penggunaan reagen valid dan tidak kedaluwarsa
- SOP yang tidak konsisten
- Human error dalam pencatatan atau pelaporan

Tenaga TLM harus mampu mengenali dan meminimalisir faktor-faktor tersebut untuk menjaga akurasi data.

### **3. Kolaborasi Etik dan Validasi dalam Sistem Kesehatan**

Etika dan validitas tidak berdiri sendiri. Keduanya harus diintegrasikan dalam sistem pelaporan yang kolaboratif, mencakup:

#### **a. Sistem Audit Internal**

Laboratorium harus memiliki mekanisme audit internal secara berkala untuk menilai keakuratan dan integritas data. Hal ini bisa berupa pengecekan silang hasil, uji blind sample, atau evaluasi sistem informasi.

#### **b. Kolaborasi dengan Epidemiolog**

TLM harus membuka ruang komunikasi dengan ahli epidemiologi untuk menjelaskan konteks hasil laboratorium, termasuk limitasi uji dan interpretasi klinis.

#### **c. Pendidikan Berkelanjutan tentang Bioetika dan Quality Assurance**

Institusi pendidikan dan fasilitas layanan perlu membekali TLM dengan pelatihan berkala tentang bioetika, regulasi pelaporan, serta manajemen mutu laboratorium (WHO, 2011).

### **4. Studi Kasus Singkat: Pelaporan Salmonellosis**

Sebuah rumah sakit daerah melaporkan 12 kasus diare akut dalam 3 hari. Hasil uji kultur dari laboratorium menunjukkan *Salmonella enterica* pada 10 sampel feses pasien. Namun, karena belum ada mekanisme pelaporan surveilans yang efektif, data tersebut tidak segera dikirim ke dinas kesehatan.

Setelah keterlambatan 5 hari, wabah menyebar ke sekolah dan lingkungan sekitar. Investigasi kemudian menunjukkan bahwa keterlambatan ini menyebabkan penularan sekunder yang signifikan.

### **Evaluasi etik dan validitas:**

- Tidak adanya pelaporan cepat → melanggar prinsip tanggung jawab publik.
- Tidak dilakukannya validasi ulang hasil kultur → berpotensi memunculkan kesalahan identifikasi awal.
- Tidak ada komunikasi antara lab dan tim epidemiologi daerah.

Kasus ini menunjukkan pentingnya kolaborasi dan prinsip integritas dalam pelaporan laboratorium untuk respons epidemiologi yang efektif.

## **8.4 Rekomendasi Penguatan Peran TLM di Bidang Epidemiologi**

---

Tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM) memiliki posisi strategis dalam sistem kesehatan modern, terutama dalam mendeteksi, menganalisis, dan melaporkan data epidemiologi penyakit. Meskipun kontribusinya sangat penting, peran TLM dalam bidang epidemiologi seringkali belum dioptimalkan secara struktural maupun fungsional. Subbab ini menawarkan berbagai rekomendasi strategis untuk memperkuat posisi dan kapasitas profesional TLM dalam menghadapi tantangan kesehatan masyarakat masa kini dan masa depan.

### **1. Penguatan Kompetensi Melalui Pendidikan dan Pelatihan Berkelanjutan**

#### **a. Kurikulum Berbasis Epidemiologi Terapan**

Institusi pendidikan TLM perlu mengintegrasikan pembelajaran epidemiologi terapan dalam kurikulum, termasuk teknik pengumpulan data lapangan, analisis tren penyakit, serta pelaporan berbasis laboratorium.

Misalnya, modul khusus "Epidemiologi Laboratorium dan Surveilans Kesehatan Masyarakat" dapat menjadi mata kuliah wajib di semester akhir (WHO, 2010).

## b. Pelatihan Khusus untuk Penguatan Kesiapsiagaan KLB

Tenaga TLM harus dibekali pelatihan rutin mengenai deteksi dini KLB, protokol respon cepat, serta simulasi pelaporan ke sistem surveilans nasional. Hal ini penting dalam mendukung sistem kewaspadaan dini.

Pelatihan seperti *Integrated Disease Surveillance and Response (IDSR)* WHO terbukti meningkatkan kecepatan pelaporan kasus (WHO, 2021).

## 2. Integrasi TLM dalam Tim Epidemiologi Lintas Sektor

### a. Keterlibatan Langsung dalam Investigasi Lapangan

TLM sebaiknya dilibatkan sebagai bagian dari tim lapangan investigasi KLB untuk mengambil, mengamankan, dan mengelola spesimen. Keterlibatan ini akan memperkuat interpretasi data dan pemahaman terhadap konteks epidemiologis.

### b. Sinergi dengan Sektor Kedokteran Hewan dan Lingkungan

Dalam pendekatan One Health, TLM harus mampu berkolaborasi dengan dokter hewan, ahli lingkungan, dan epidemiolog untuk bersama-sama menganalisis penyebab penyakit zoonotik maupun penyakit berbasis lingkungan.

Contoh konkret: Saat wabah leptospirosis, TLM bisa bekerja sama dengan laboratorium veteriner untuk menguji tikus pembawa *Leptospira* dari lokasi terdampak (CDC, 2022).

## 3. Peningkatan Infrastruktur dan Sistem Informasi Laboratorium

### a. Digitalisasi dan Interoperabilitas Sistem

Penggunaan sistem *Laboratorium Information Management System (LIMS)* berbasis cloud akan memudahkan integrasi data lintas faskes dan dinas kesehatan. Interoperabilitas dengan sistem SIRS (*Sistem Informasi Rumah*

Sakit) atau EWARS (Early Warning Alert and Response System) akan meningkatkan efisiensi pelaporan.

#### b. Standardisasi Pelaporan Nasional

Diperlukan pedoman nasional yang seragam untuk pelaporan laboratorium epidemiologis, termasuk format data, interval pelaporan, serta SOP validasi hasil. Standar ini dapat dikoordinasikan oleh Kementerian Kesehatan dan asosiasi profesi seperti PATELKI.

### **4. Reformasi Kebijakan dan Pengakuan Peran TLM dalam Kebijakan Publik**

#### a. Advokasi Pengakuan Peran Strategis TLM

Asosiasi profesi perlu lebih aktif menyuarakan penguatan peran TLM dalam kebijakan nasional, seperti dimasukkannya TLM sebagai anggota tetap dalam Satgas KLB atau Komite Epidemiologi Daerah.

#### b. Sertifikasi dan Registrasi Kompetensi Epidemiologi

Mendorong adanya sertifikasi kompetensi epidemiologi laboratorium melalui LSP (Lembaga Sertifikasi Profesi) sebagai salah satu jalur karier tenaga TLM yang ingin berkontribusi di bidang surveilans dan analisis data penyakit.

### **5. Budaya Profesionalisme dan Etika Berbasis Data**

#### a. Penanaman Etika Ilmiah Sejak Pendidikan Awal

Etika dalam pelaporan, analisis data, dan kerahasiaan pasien perlu dijadikan materi lintas semester. Budaya kejujuran akademik juga harus ditanamkan melalui kebijakan nol toleransi terhadap manipulasi data.

#### b. Pelibatan dalam Forum Ilmiah dan Penelitian

TLM harus diberi ruang untuk terlibat dalam penelitian epidemiologi, publikasi jurnal, dan konferensi ilmiah agar wawasan dan keterampilan terus berkembang.

## Latihan Soal

Bab 8 membahas secara komprehensif penguatan kompetensi epidemiologi bagi tenaga Teknologi Laboratorium Medis (TLM) sebagai bagian dari strategi sistem kesehatan masyarakat. Dalam menghadapi tantangan penyakit menular yang kian kompleks dan cepat menyebar, tenaga TLM perlu memiliki pemahaman mendalam terkait dasar epidemiologi, peran dalam sistem kesehatan, serta kemampuan untuk melakukan pelaporan yang etis dan valid. Keberhasilan sistem surveilans sangat bergantung pada keakuratan, ketepatan, dan tanggung jawab profesional TLM dalam mengelola dan menyampaikan data laboratorium.

Melalui latihan soal berikut, mahasiswa diharapkan dapat merefleksikan pemahaman serta menganalisis peran strategis TLM dari sisi kompetensi hingga kolaborasi lintas sektor.

---

### Soal 1

Jelaskan 5 kompetensi dasar epidemiologi yang harus dikuasai oleh tenaga TLM dan bagaimana kompetensi tersebut mendukung kinerja laboratorium dalam konteks kesehatan masyarakat!

### Soal 2

Bagaimana integrasi data laboratorium ke dalam sistem kesehatan nasional dapat meningkatkan kualitas surveilans penyakit menular? Berikan contoh nyatanya!

### Soal 3

Apa saja prinsip-prinsip etika dan validitas yang harus diterapkan dalam pelaporan data epidemiologis oleh tenaga TLM? Jelaskan pentingnya!

### Soal 4

Berikan 3 rekomendasi strategis untuk meningkatkan peran TLM dalam sistem epidemiologi nasional dan jelaskan alasan dari setiap rekomendasi tersebut!

## Glosarium

---

Kompetensi Epidemiologi : Pengetahuan dan keterampilan epidemiologi yang diperlukan dalam peran diagnostik dan surveilans.

Integrasi Data : Proses penyusunan hasil laboratorium ke dalam sistem informasi kesehatan nasional.

Etika Pelaporan : Prinsip moral dan tanggung jawab profesional dalam menyampaikan hasil pemeriksaan.

Validitas Data : Tingkat keakuratan, kebenaran, dan ketepatan data laboratorium.

Respons Epidemiologis : Proses identifikasi, investigasi, dan tindakan pengendalian penyakit berdasarkan data.

Sistem Surveilans : Infrastruktur teknis dan kelembagaan untuk pemantauan penyakit secara berkelanjutan.

## REFERENSI

---

- Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). *Principles of Biomedical Ethics* (8th ed.). Oxford University Press.
- Budd, J., Miller, B. S., Manning, E. M., Lampos, V., Zhuang, M., Edelstein, M., ... & McKendry, R. A. (2020). Digital technologies in the public-health response to COVID-19. *Nature Medicine*, 26(8), 1183–1192. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-1011-4>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020). *Public Health Surveillance*. <https://www.cdc.gov/surveillance>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2022). *Leptospirosis: Role of Laboratory in Outbreak Response*. CDC.gov.
- Depkes RI. (2022). *Pedoman Perlindungan Data Pasien di Fasilitas Kesehatan*. Kementerian Kesehatan RI.
- FAO, OIE & WHO. (2019). *Taking a Multisectoral, One Health Approach: A Tripartite Guide to Addressing Zoonotic Diseases in Countries*.
- Groseclose, S. L., & Buckeridge, D. L. (2017). Public health surveillance systems: recent advances in their use and evaluation. *Annual Review of Public Health*, 38, 57–79. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044348>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Pedoman Implementasi SATUSEHAT*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan.
- Kementerian Kesehatan RI. (2022). *Pedoman Sistem Surveilans Kesehatan Nasional*. Kemenkes RI.
- Koplan, J. P., Bond, T. C., Merson, M. H., Reddy, K. S., Rodriguez, M. H., Sewankambo, N. K., & Wasserheit, J. N. (2005). *Towards a common definition of global health*. *Lancet*, 373(9679), 1993–1995.
- Ministry of Health Indonesia. (2020). *Guideline on Laboratory-Based Surveillance for COVID-19*. Jakarta: MoH.
- Nsubuga, P., White, M. E., Thacker, S. B., Anderson, M. A., Blount, S. B., Broome, C. V., ... & Trostle, M. (2006). *Public health surveillance: a tool for targeting and monitoring interventions*. In *Disease Control Priorities in Developing Countries*. World Bank.

- Resnik, D. B. (2020). *The Ethics of Research with Human Subjects: Protecting People, Advancing Science, Promoting Trust*. Springer.
- Teutsch, S. M., & Churchill, R. E. (2000). *Principles and Practice of Public Health Surveillance* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Thrusfield, M., & Christley, R. (2018). *Veterinary Epidemiology* (4th ed.). Wiley Blackwell.
- WHO. (2018). *Laboratory Quality Management System Handbook*. World Health Organization.
- World Health Organization. (2010). *Laboratory Training Manual on the Integrated Disease Surveillance and Response Strategy*. WHO Press.
- World Health Organization. (2011). *Laboratory Quality Management System Handbook*. WHO Press.
- World Health Organization. (2021). *Strengthening Surveillance Systems: WHO Guidance*. WHO Regional Office.