

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Leptospirosis

1. Definisi Leptospirosis

Menurut WHO dalam pedoman Human Leptospirosis: *Guidance for Diagnosis, Surveillance and Control*, leptospirosis adalah penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen dari genus *Leptospira* dan bersifat zoonosis, yaitu penularannya dari hewan ke manusia. Dan menduduki posisi sebagai penyakit yang muncul kembali (*re-emerging*), dengan dampak besar terhadap kesehatan masyarakat global melalui mekanisme *One Health* yang melibatkan manusia, hewan, dan ekosistem. Selain itu, bakteri *Leptospira* memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dan bereplikasi di media lingkungan seperti tanah dan perairan, menjadikan ekosistem luar ruangan sebagai reservoir penting dalam epidemiologi leptospirosis (De Azevedo, 2023).

2. Etiologi dan Transmisi Leptospirosis

Leptospirosis adalah bakteri patogen dari genus *Leptospira*, khususnya kelompok *Leptospira interrogans* yang terdiri atas lebih dari 250 *serovar pathogen* (Rajapakse, 2022). *Leptospira* memiliki kemampuan motilitas tinggi melalui pergerakan melingkar, sehingga mampu menembus jaringan inang dengan cepat. Struktur bakterinya terdiri dari dinding sel yang tipis, dua flagela periplasmik, serta ujung berbentuk kait yang memudahkan pergerakan dalam media cair maupun jaringan biologis.

Bakteri *Leptospira* dapat bertahan hidup pada kondisi lingkungan lembap, netral, dan berkontak dengan air, misalnya pada tanah basah, genangan air, saluran drainase, dan banjir. Ketahanan bakteri terhadap lingkungan basah ini menjadikan lokasi beriklim tropis dengan curah hujan tinggi sebagai area dengan risiko penularan yang lebih besar. Sebaliknya, *Leptospira* sensitif terhadap pengeringan, paparan sinar ultraviolet, dan pH ekstrem. Sumber utama bakteri dalam lingkungan adalah hewan reservoir, terutama tikus (*Rattus Norvegicus* dan *Rattus Rattus*), yang dapat membawa bakteri ini secara kronis pada tubulus ginjal tanpa menunjukkan gejala klinis. Hewan reservoir mengeluarkan *Leptospira* melalui urin, yang kemudian mencemari air atau tanah dan menjadi medium infeksi bagi manusia. Pada manusia, bakteri masuk melalui kulit yang lecet, luka kecil, atau membran mukosa seperti mata, hidung, dan mulut (Sayanthi dkk., 2024).

3. Karakteristik Leptospirosis

Leptospira adalah bakteri berbentuk spiral (spiroket) yang sangat tipis dan panjang, umumnya memiliki ukuran sekitar 0,1–0,15 μm pada lebar dan 6–20 μm pada panjang (Sayanthi dkk., 2024). Bakteri ini bersifat aerob (membutuhkan oksigen) dan motil (mampu bergerak aktif) menggunakan flagela periplasmatik, yakni flagela yang berada di dalam rongga periplasma antara membran sitoplasma dan membran luar. *Leptospira* memiliki ujung melengkung (“hook”) pada satu atau kedua

sisinya, yang merupakan karakteristik khas dari beberapa spesies (Jackson dkk., 2018).

Karakteristik utama *Leptospira* terletak pada kemampuannya bertahan hidup dalam lingkungan basah, seperti tanah lembap, genangan air, dan permukaan air tawar. Ketahanan bakteri terhadap kondisi lingkungan yang basah menjadikannya mudah menyebar terutama pada daerah dengan curah hujan tinggi. Reservoir utama *Leptospira* adalah hewan mamalia, terutama tikus (*Rattus norvegicus*) yang dapat membawa bakteri sepanjang hidupnya dan mengeluarkannya melalui urine. Bakteri yang terbuang ke lingkungan kemudian mencemari air dan tanah, sehingga meningkatkan risiko paparan bagi manusia. Karakteristik epidemiologis ini menunjukkan bahwa leptospirosis tidak hanya dipengaruhi oleh faktor biologis bakteri, tetapi juga sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan, perilaku manusia, serta dinamika populasi hewan reservoir.

4. Segitiga Epidemiologi

Segitiga epidemiologi merupakan konsep dasar dalam ilmu epidemiologi yang menjelaskan bahwa terjadinya suatu penyakit merupakan hasil interaksi antara *agent*, *host*, dan *environment*. Penyakit infeksi, termasuk leptospirosis, tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan agen penyebab, tetapi juga oleh kerentanan pejamu serta kondisi lingkungan yang mendukung proses penularan. Oleh karena itu, konsep ini digunakan sebagai landasan teoritis dalam memahami pola kejadian dan distribusi penyakit di masyarakat (Terpstra dkk., 2003).

a. *Agent*

Agent merupakan faktor biologis yang secara langsung menyebabkan penyakit. Pada leptospirosis, *agent* penyebabnya adalah bakteri *Leptospira*, yaitu bakteri berbentuk spiral (*spirochaeta*) yang bersifat patogen dan mampu bertahan hidup dalam lingkungan basah, terutama air dan tanah yang terkontaminasi urin hewan terinfeksi. Bakteri *Leptospira* dapat bertahan lebih lama pada lingkungan dengan suhu sedang, pH netral hingga sedikit basa, serta kondisi kelembapan tinggi, sehingga berperan penting dalam meningkatkan risiko penularan pada manusia (Terpstra dkk., 2003).

b. *Host*

Host adalah individu atau populasi yang berpotensi terinfeksi oleh *agent* penyakit. Kerentanan *host* terhadap leptospirosis dipengaruhi oleh faktor demografis, status kesehatan, tingkat imunitas, serta perilaku dan aktivitas sehari-hari. Individu dengan pekerjaan yang sering kontak dengan air, tanah, atau hewan, seperti petani, pekerja saluran drainase, peternak, dan pemulung, memiliki risiko lebih tinggi terpapar bakteri *Leptospira*. Selain itu, adanya luka terbuka pada kulit, kebiasaan tidak menggunakan alat pelindung diri, serta rendahnya pengetahuan tentang penyakit turut meningkatkan peluang terjadinya infeksi (Purnama dkk., 2022).

c. *Environment*

Environment merupakan faktor lingkungan yang memfasilitasi keberlangsungan agent dan mempertemukannya dengan host. Lingkungan fisik dan biologis seperti genangan air pascabanjir, persawahan, sistem drainase yang buruk, serta kepadatan tikus sebagai reservoir utama leptospirosis berperan besar dalam proses penularan penyakit. Kondisi sanitasi lingkungan yang tidak memadai dapat menyebabkan kontaminasi air dan tanah oleh urin hewan terinfeksi, sehingga meningkatkan risiko kejadian leptospirosis di suatu wilayah (Terpstra dkk., 2003).

B. Faktor Risiko Leptospirosis

1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan determinan ekologis penting dalam kejadian leptospirosis karena berpengaruh langsung terhadap kondisi lingkungan yang mendukung kelangsungan hidup dan penyebaran bakteri *Leptospira* (Nugroho dkk., 2023). Intensitas hujan yang tinggi dapat meningkatkan volume air permukaan, kelembapan tanah, serta menyebabkan terbentuknya genangan air yang berperan sebagai media potensial bagi bakteri *Leptospira* untuk bertahan hidup dan menyebar di lingkungan. Kondisi lingkungan yang lembap tersebut memperpanjang viabilitas bakteri, mengingat *Leptospira* bersifat sensitif terhadap kondisi kering. Selain itu, hujan dengan intensitas tinggi dapat memperluas distribusi bakteri melalui aliran air permukaan yang membawa kontaminan dari

lingkungan sekitar ke area permukiman, sehingga meningkatkan peluang kontak manusia dengan air atau lumpur yang terkontaminasi. Peningkatan curah hujan juga berkaitan dengan meningkatnya aktivitas manusia di lingkungan basah, baik dalam aktivitas sehari-hari maupun pekerjaan tertentu, yang pada akhirnya memperbesar risiko pajanan terhadap bakteri *Leptospira*. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya korelasi positif antara puncak curah hujan dan peningkatan insiden leptospirosis, terutama di wilayah tropis dengan pola musim hujan yang jelas, sehingga curah hujan dipandang sebagai variabel kunci dalam analisis spasial dan temporal penyakit leptospirosis (Zukhruf dkk., 2020).

2. Kepadatan Penduduk

Kepadatan penduduk merupakan jumlah penduduk yang menempati suatu luasan wilayah tertentu sehingga mencerminkan tingkat tekanan penduduk terhadap ruang dan sumber daya di suatu wilayah. Pada penelitian ini, kepadatan penduduk menjadi variabel penting karena berpotensi memengaruhi kerentanan wilayah terhadap leptospirosis (Zukhruf dkk., 2020). Wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi cenderung memiliki sanitasi yang kurang optimal, kualitas lingkungan permukiman yang lebih berisiko, serta peluang kontak yang lebih besar antara manusia dengan lingkungan yang terkontaminasi *Leptospira* (Rejeki dkk., 2013). Kepadatan penduduk tidak hanya menggambarkan kondisi demografis, tetapi juga berperan sebagai indikator yang relevan dalam

memahami distribusi spasial dan risiko penyakit berbasis lingkungan, termasuk leptospirosis, di Kapanewon Bantul dan Kapanewon Kasihan.

3. Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat merupakan posisi suatu wilayah terhadap permukaan laut yang secara langsung memengaruhi variasi suhu udara, kelembapan, intensitas curah hujan, serta karakteristik drainase alami. Perbedaan elevasi menyebabkan perubahan pada kondisi iklim mikro yang dapat berimplikasi terhadap kualitas lingkungan dan dinamika ekologi organisme tertentu, termasuk reservoir penyakit. Dalam konteks penelitian leptospirosis, ketinggian tempat berperan penting karena berkaitan dengan pola aliran air, potensi terjadinya genangan, serta keberlangsungan habitat tikus sebagai hewan pembawa bakteri *Leptospira* (Nugroho dkk., 2023).

C. Sistem Informasi Geografis (SIG)

1. Definisi SIG

Menurut Zain dan Utami (2020), SIG merupakan sistem berbasis komputer yang mampu mengintegrasikan data spasial dan atribut untuk menghasilkan informasi keruangan dalam bentuk peta. Dalam konteks epidemiologi leptospirosis, kemampuan SIG dalam menganalisis distribusi spasial dan hubungan lingkungan menjadi penting untuk mengidentifikasi pola penyebaran penyakit, faktor risiko wilayah, serta lokasi prioritas intervensi.

SIG tidak hanya berfungsi sebagai alat pemetaan, tetapi juga sebagai perangkat analisis yang menghasilkan informasi keruangan yang

relevan untuk mendukung proses pengambilan keputusan pada berbagai bidang, termasuk perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya lingkungan, dan analisis kesehatan masyarakat. Dengan kemampuan untuk memadukan data lokasi dan karakteristik objek, SIG menjadi instrumen penting dalam mengkaji distribusi spasial suatu fenomena serta memahami hubungan antarvariabel dalam ruang geografi (I. M. Zain dkk., 2020) .

2. *Overlay*

Overlay adalah metode integrasi beberapa layer data dalam SIG untuk menilai hubungan antara variabel berbeda secara spasial. Layer kasus leptospirosis dapat di *overlay* dengan *layer* curah hujan, kepadatan pemukiman, atau lokasi sungai untuk mengidentifikasi wilayah dengan risiko tinggi. Teknik ini digunakan untuk mendeteksi area rawan dan mendukung strategi intervensi berbasis wilayah (I. M. Zain dkk., 2020).

3. Interpolasi

Interpolasi adalah teknik untuk memprediksi nilai suatu variabel pada lokasi yang tidak memiliki data pengukuran berdasarkan nilai di titik sekitarnya (Silalahi dkk., 2024). Interpolasi digunakan untuk membuat peta kontinyu dari data titik terbatas, sehingga area berisiko dapat diestimasi secara lebih akurat.

4. Peta

Peta adalah representasi visual data yang menekankan tema tertentu, seperti distribusi penyakit, kepadatan populasi, atau faktor lingkungan. Peta yang baik memanfaatkan simbol, warna, dan gradien untuk

memvisualisasikan variasi spasial dan intensitas fenomena, sehingga pola distribusi menjadi mudah dipahami (I. M. Zain dkk., 2020).

5. *Global Positioning System* (GPS)

GPS digunakan untuk memperoleh koordinat akurat lokasi kejadian kasus atau titik pengukuran lingkungan. Data GPS memastikan ketepatan posisi geografis pada layer SIG, sehingga hasil analisis spasial seperti *overlay*, interpolasi, dan *hotspot* dapat diandalkan. Dalam penelitian lapangan, GPS membantu mengumpulkan data kasus leptospirosis, lokasi genangan air, dan kondisi pemukiman secara presisi, yang menjadi dasar pembuatan peta tematik dan analisis spasial lebih lanjut (I. M. Zain dkk., 2020).

D. Analisis Temporal

1. Definisi Analisis Temporal

Analisis temporal merupakan pendekatan analitis yang berfokus pada perubahan suatu fenomena dalam dimensi waktu (Safera dkk., 2023). Tujuannya adalah untuk mendeteksi tren, pola musiman, fluktuasi jangka pendek, dan potensi periode peningkatan risiko. Analisis temporal digunakan untuk memahami dinamika kejadian kasus sepanjang waktu dan hubungannya dengan curah hujan (Syakbanah dkk., 2018). Analisis temporal dapat digunakan untuk mengidentifikasi pola keterlambatan waktu (*lag time*) antara puncak curah hujan dan peningkatan kasus leptospirosis. Hal ini terjadi karena bakteri membutuhkan waktu tertentu untuk berkembang di lingkungan setelah hujan, dan masyarakat mulai

terpapar melalui air permukaan yang terkontaminasi. Dengan demikian, analisis temporal tidak hanya menggambarkan tren kejadian penyakit dari waktu ke waktu, tetapi juga menilai bagaimana variasi curah hujan bulanan atau musiman mempengaruhi risiko infeksi (Govan dkk., 2025).

2. *Trend Analysis*

Trend Analysis merujuk pada kecenderungan jangka panjang peningkatan atau penurunan jumlah kasus leptospirosis dalam satu periode waktu tertentu. *Trend Analysis* dilakukan untuk melihat apakah penyakit menunjukkan kecenderungan kronis memburuk, menurun, atau stabil dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, melalui model deret waktu (*time series*), peneliti dapat mengidentifikasi apakah terkait dengan perubahan iklim, urbanisasi, atau intervensi pengendalian. Ini sangat penting dalam pembuatan kebijakan kesehatan masyarakat jangka panjang (Zain & Utami, 2020).

3. *Seasonal Pattern Analysis*

Seasonal Pattern Analysis merupakan pendekatan analitis yang digunakan untuk mengidentifikasi pola musiman pada suatu kejadian, seperti munculnya penyakit, perubahan variabilitas iklim, atau dinamika populasi vektor. Bertujuan untuk mengetahui suatu peristiwa menunjukkan fluktuasi teratur yang berulang, serta bagaimana faktor lingkungan seperti curah hujan, suhu, kelembaban, maupun kondisi hidrometeorologi memengaruhi perubahan tersebut (Safera dkk., 2023). Dalam konteks penyakit berbasis lingkungan seperti leptospirosis, analisis pola musiman

penting karena kejadian penyakit umumnya meningkat pada periode tertentu yang berkaitan dengan dinamika faktor risiko. Analisis *time series* di Kabupaten Bantul (2010–2018) menunjukkan hubungan positif yang signifikan antara curah hujan tiga bulan sebelumnya (lag 3) dengan kejadian leptospirosis (Syakbanah dkk., 2018).

E. Analisis Spasial

1. Pengertian Analisis Spasial

Analisis spasial merupakan pendekatan analitis dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) yang berfokus pada pengkajian fenomena berdasarkan dimensi keruangan. Analisis spasial berfungsi untuk mengidentifikasi struktur, pola, asosiasi, dan dependensi antar objek atau kejadian di permukaan bumi melalui evaluasi terhadap posisi geografis, kedekatan, keterjangkauan, dan hubungan topologis (Zain & Utami, 2020). Dalam penelitian kesehatan masyarakat, analisis spasial sangat penting karena kejadian penyakit biasanya tidak tersebar secara acak, melainkan dipengaruhi oleh kondisi ekologis, lingkungan fisik, dan faktor risiko yang tersebar secara tidak merata dalam ruang.

2. *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Menurut Ajvazi (2019), metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) merupakan salah satu teknik interpolasi spasial dalam Sistem Informasi Geografis yang digunakan untuk memperkirakan nilai suatu variabel pada lokasi yang tidak memiliki data pengamatan berdasarkan nilai titik-titik di sekitarnya. Prinsip dasar IDW menyatakan bahwa pengaruh suatu titik

pengamatan terhadap lokasi estimasi akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya jarak, sehingga titik yang lebih dekat memiliki bobot yang lebih besar dibandingkan titik yang lebih jauh (Karimah dkk., 2024). Dalam penelitian ini, metode IDW dimanfaatkan untuk memetakan sebaran spasial curah hujan sebagai salah satu faktor risiko lingkungan yang diduga berkontribusi terhadap distribusi kasus leptospirosis, sehingga mampu menggambarkan variasi keruangan faktor lingkungan secara kontinu pada wilayah kajian.

3. *Digital Elevation Model (DEM)*

Digital Elevation Model (DEM) merupakan representasi digital permukaan bumi yang menyajikan informasi ketinggian suatu wilayah dalam bentuk raster (Ajvazi dkk., 2019). Data DEM digunakan untuk menggambarkan variasi topografi, termasuk perbedaan elevasi antarwilayah, yang berperan dalam proses aliran air, pembentukan genangan, serta kondisi lingkungan yang mendukung keberlangsungan bakteri *Leptospira*. Menurut Sejati (2019), DEM dimanfaatkan untuk menganalisis pengaruh ketinggian tempat terhadap distribusi spasial kasus leptospirosis, sehingga membantu mengidentifikasi wilayah dengan potensi risiko yang lebih tinggi berdasarkan karakteristik topografinya.

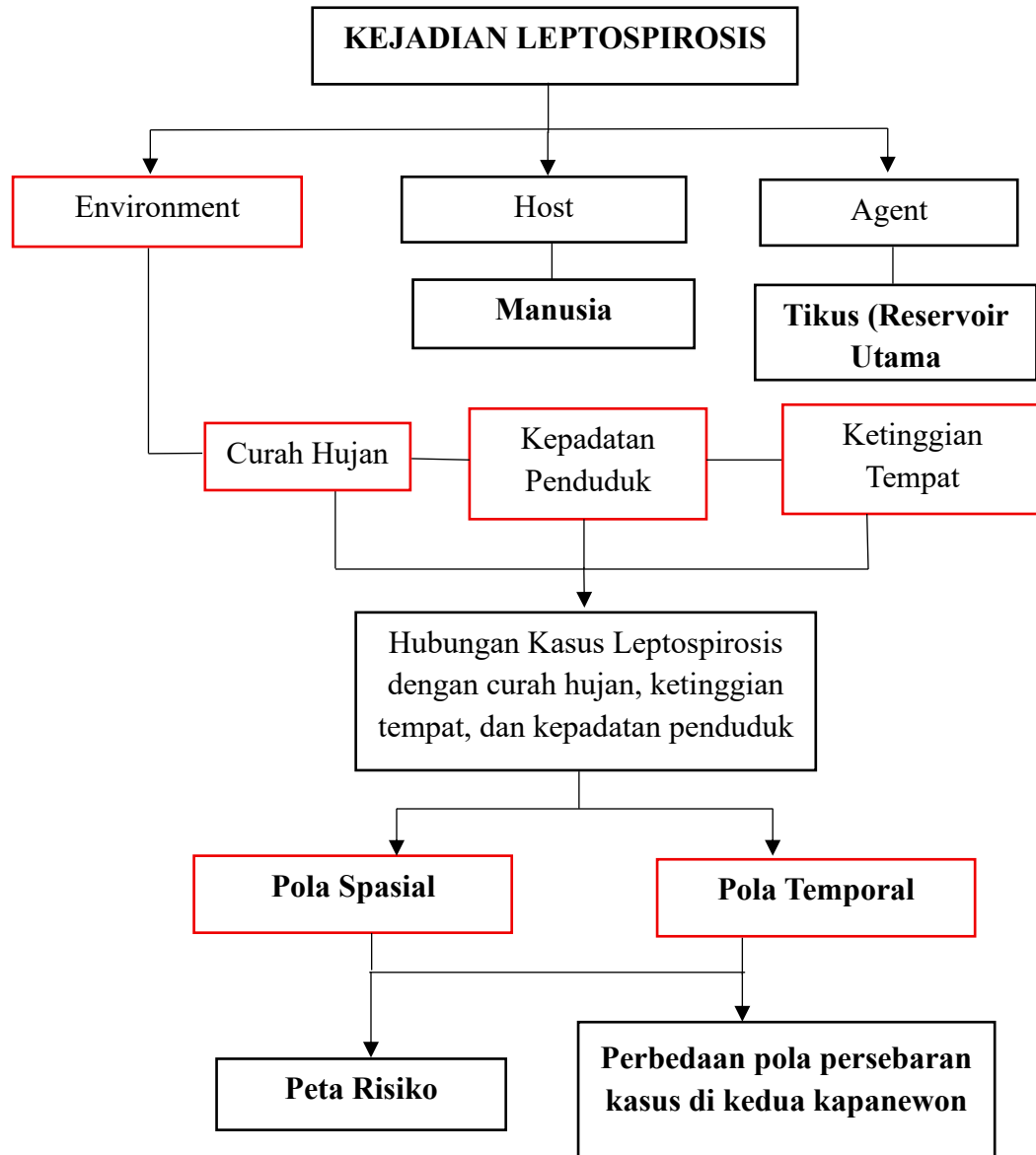
F. Hubungan Leptospirosis, Kesehatan Lingkungan, dan Curah Hujan

Bakteri *Leptospira* mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang lembap dengan kondisi tanah yang basah atau genangan air, sehingga media ini berpotensi menjadi reservoir bagi bakteri dan meningkatkan peluang kontak

dengan manusia. Penelitian menunjukkan bahwa *Leptospira* dapat bertahan dalam tanah yang jenuh air cukup lama dan kasus leptospirosis cenderung meningkat setelah musim hujan atau banjir, yang menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung survival bakteri di luar inangnya (Yanagihara dkk., 2022).

Curah hujan yang tinggi dapat memicu terbentuknya genangan air dan tanah basah yang memperpanjang masa keberlangsungan bakteri di lingkungan, serta meningkatkan distribusi bakteri melalui aliran permukaan. Hal ini selanjutnya mempengaruhi risiko paparan masyarakat terhadap *Leptospira*, terutama mereka yang melakukan aktivitas di lingkungan tergenang atau basah. Faktor lingkungan seperti genangan air, saluran pembuangan yang buruk, dan kondisi sanitasi yang kurang mendukung merupakan determinan penting dalam kejadian leptospirosis (Rejeki dkk., 2013)

G. Kerangka Konsep



Gambar 1. Kerangka Konsep

H. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana distribusi spasial kasus leptospirosis di Kapanewon Bantul dan Kapanewon Kasihan, Kabupaten Bantul Tahun 2022-2025?
2. Bagaimana pola temporal kejadian leptospirosis, mencakup pola musiman dan tahunan, di Kapanewon Bantul dan Kapanewon Kasihan pada periode 2022–2025?
3. Bagaimana hubungan antara faktor lingkungan, yaitu curah hujan bulanan, kepadatan penduduk, dan ketinggian tempat, dengan jumlah kasus leptospirosis di Kapanewon Bantul dan Kapanewon Kasihan pada periode 2022–2025?
4. Apakah terdapat perbedaan distribusi spasial dan temporal kasus leptospirosis di Kapanewon Bantul dan Kapanewon Kasihan mengenai variasi karakteristik epidemiologis antarwilayah?