

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Kajian Leptospirosis

Leptospirosis merupakan penyakit zoonotik yang disebabkan oleh bakteri patogen dari genus *Leptospira*, terutama kelompok *Leptospira interrogans*. Penyakit ini ditularkan melalui kontak langsung maupun tidak langsung dengan urin hewan reservoir yang terinfeksi. Dalam konteks kesehatan masyarakat, leptospirosis termasuk penyakit menular berbasis lingkungan yang sangat dipengaruhi oleh faktor ekologis, perubahan penggunaan lahan, serta dinamika populasi hewan pembawa patogen (WHO, 2023).

Pada konteks kesehatan masyarakat, leptospirosis dikategorikan sebagai *acute febrile illness* yang dapat berkembang menjadi kondisi berat seperti gagal ginjal, ikterus, dan perdarahan paru. Literatur kedokteran kesehatan masyarakat (Stanhope & Lancaster, 2024) menekankan bahwa penyakit ini memiliki karakteristik lingkungan yang kuat serta keterkaitan dengan perilaku manusia.

Leptospira adalah bakteri berbentuk spiral yang memiliki motilitas tinggi, memungkinkan bakteri ini bergerak melalui jaringan lembut maupun media air. Karakteristik hidrofobik dan kemampuannya bertahan pada kondisi lembap membuat patogen ini mampu bertahan di lingkungan selama beberapa minggu hingga bulan (Adler & de la Peña Moctezuma, 2010). Spesies

patogen seperti *Leptospira interrogans* diketahui mempunyai lebih dari 200 serovar yang berbeda, yang masing masing memiliki asosiasi dengan reservoir tertentu.

Tikus merupakan reservoir utama leptospirosis di berbagai negara tropis, termasuk Indonesia. Spesies yang paling sering dilaporkan antara lain *Rattus norvegicus* (tikus got) dan *Rattus tanezumi* (tikus rumah). Kedua spesies tersebut dikategorikan sebagai hewan reservoir karena mampu membawa bakteri *Leptospira* sepanjang hidupnya tanpa menunjukkan gejala klinis. Selain itu keduanya juga dikategorikan sebagai spesies rodensia sinantropik yaitu hewan pengerat yang hidup berdampingan dengan aktivitas manusia sehingga meningkatkan potensi kontak. Konsep reservoir ini sangat penting dalam epidemiologi leptospirosis, karena peran mereka adalah mempertahankan siklus patogen di alam, sehingga keberadaan dan kepadatan tikus sangat berimplikasi terhadap risiko penularan pada manusia (Meerburg, Singleton, & Kijlstra, 2009). Selain tikus, beberapa hewan lain seperti anjing, sapi, dan babi juga dapat berperan sebagai reservoir, meskipun kontribusinya terhadap penularan bervariasi tergantung kondisi lingkungan dan pola interaksi manusia dengan hewan tersebut (Haake & Levett, 2015). Namun, dalam konteks wilayah permukiman dengan kondisi sanitasi yang terbatas, tikus menjadi reservoir yang paling dominan.

Penularan pada manusia terjadi melalui kontak dengan air atau tanah yang terkontaminasi urin hewan reservoir. Bakteri masuk melalui luka

terbuka, seperti kulit yang lecet, mukosa, atau luka kecil yang tidak terlihat. Aktivitas yang meningkatkan paparan seperti bekerja di lingkungan basah, membersihkan saluran air, aktivitas pertanian, hingga banjir sering dikaitkan dengan peningkatan kejadian leptospirosis (Levett, 2001). Dalam kondisi tertentu, penularan dapat terjadi secara langsung, misalnya melalui gigitan hewan, meskipun kasus ini lebih jarang. Setelah masuk ke tubuh, *Leptospira* mengalami fase *leptospiremia* yaitu penyebaran melalui aliran darah, diikuti fase imunologis yang ditandai pembentukan antibodi. Manifestasi klinis bervariasi dari gejala ringan seperti demam dan nyeri otot hingga bentuk berat seperti *Sindrom Weil* (Gouveia et al., 2008). Tingkat keparahan penyakit sering dipengaruhi oleh serovar yang menginfeksi, status imun host, serta kecepatan penanganan medis (Haake & Levett, 2015). WHO memperkirakan terdapat lebih dari 1 juta kasus leptospirosis secara global setiap tahun, dengan angka kematian mencapai lebih dari 50 ribu kasus (WHO, 2023).

Segitiga epidemiologi merupakan model dasar dalam analisis kejadian penyakit yang menekankan interaksi antara agen penyebab, pejamu, dan lingkungan. Model ini banyak digunakan dalam memahami penyakit menular, termasuk leptospirosis, karena memberikan kerangka analitis untuk menilai bagaimana ketiga komponen tersebut berkontribusi terhadap munculnya kasus baru di suatu wilayah (Notoatmodjo, 2012).

Dalam konteks leptospirosis, agen berupa bakteri patogen *Leptospira* yang mampu bertahan hidup di air dan tanah basah. Pejamu rentan meliputi

manusia dengan kondisi tertentu seperti status imun yang rendah, kebiasaan hidup berisiko, serta pekerjaan yang sering bersentuhan dengan sumber kontaminasi. Lingkungan tropis basah seperti Indonesia menyediakan media ideal bagi bakteri bertahan hidup sehingga meningkatkan risiko penularan (Kemenkes RI, 2024).

Model ini membantu memetakan bagaimana faktor biologis, perilaku, dan kondisi fisik dapat memfasilitasi timbulnya kasus. Interaksi ketiganya menentukan tingkat kerentanan populasi serta intensitas paparan. Dalam konteks leptospirosis, keberadaan tikus sebagai host merupakan faktor paling menentukan, namun risiko meningkat ketika kondisi lingkungan mendukung kelangsungan hidup *Leptospira* dan mempermudah kontak manusia dengan sumber infeksi (Stanhope & Lancaster, 2024).

Faktor lingkungan yang berkaitan dengan risiko leptospirosis mencakup drainase buruk, genangan, kawasan dengan sanitasi rendah, dan kedekatan permukiman dengan habitat tikus seperti sawah, kebun, atau area persampahan. Kondisi iklim tropis dengan curah hujan tinggi turut meningkatkan peluang kontaminasi lingkungan (WHO, 2023).

Faktor perilaku seperti tidak menggunakan alas kaki saat beraktivitas di area basah, bekerja di sektor pertanian, penanganan limbah tanpa APD, dan intensitas kontak dengan hewan atau lingkungan berisiko telah tercatat sebagai determinan penting (Costa et al., 2015).

Indonesia termasuk negara endemis leptospirosis dengan pola kasus yang cenderung meningkat dalam dua dekade terakhir. Faktor pemicunya antara lain tingginya populasi tikus, perubahan iklim yang meningkatkan kejadian banjir, serta masih terbatasnya sistem sanitasi di beberapa wilayah. Daerah seperti Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Jawa Barat dilaporkan memiliki beban kasus relatif tinggi, sebagian besar terkait dengan aktivitas masyarakat yang sering bersentuhan dengan lingkungan lembap dan saluran air terbuka (Kemenkes RI, 2024).

Dalam pendekatan studi ekologis, interaksi antara populasi tikus, kondisi lingkungan, dan distribusi kasus manusia menjadi fokus analisis. Kepadatan tikus sebagai reservoir berperan langsung dalam mempertahankan keberadaan bakteri di lingkungan. Oleh karena itu, pemetaan distribusi tikus dan kasus leptospirosis menggunakan perangkat Sistem Informasi Geografis (SIG) sangat penting untuk memahami pola spasial penyakit serta mengidentifikasi area dengan risiko tinggi (Ellen K. Cromley and Sara L. McLafferty, 2011).

2. Daya Tahan *Leptospira* di Lingkungan

Bakteri *Leptospira* yang dikeluarkan melalui urin tikus memiliki kemampuan bertahan hidup di lingkungan luar inang dalam kondisi tertentu, sehingga berperan dalam penularan leptospirosis secara tidak langsung. Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Leptospirosis Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyebutkan bahwa *Leptospira* mampu bertahan pada media lingkungan yang lembap, seperti air tawar, tanah basah,

lumpur, dan genangan air, namun tidak tahan terhadap kondisi kering, paparan sinar matahari langsung, serta lingkungan dengan pH ekstrem (Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Leptospirosis, 2023).

Kondisi iklim tropis Indonesia yang ditandai dengan curah hujan tinggi dan kelembapan lingkungan yang relatif stabil berkontribusi terhadap meningkatnya peluang *Leptospira* bertahan di lingkungan. Laporan surveilans leptospirosis di Indonesia menunjukkan bahwa peningkatan kasus sering terjadi pada musim hujan, ketika genangan air dan kelembapan tanah meningkat, sehingga memperpanjang waktu bertahan bakteri di lingkungan permukiman maupun pertanian (Pedoman Pencegahan Dan Pengendalian Leptospirosis, 2023).

Hasil kajian Balai Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI menyatakan bahwa *Leptospira* dapat bertahan hidup di air tawar dan tanah lembap selama beberapa hari hingga beberapa minggu, bergantung pada suhu, kelembapan, dan paparan cahaya matahari. Lingkungan yang teduh dan minim aliran air memperbesar peluang bakteri tetap viabel dan infeksi (Balitbangkes Kemenkes RI, 2016).

Sejalan dengan itu, penelitian di berbagai wilayah endemis leptospirosis di Indonesia menunjukkan bahwa keberadaan genangan air di sekitar rumah, persawahan, saluran drainase terbuka, serta area dengan sanitasi lingkungan yang kurang baik berasosiasi dengan peningkatan risiko kejadian leptospirosis. Kondisi tersebut menciptakan media lingkungan yang

mendukung keberlangsungan *Leptospira* setelah dilepaskan dari urin tikus (Suhartono et al., 2018); (Widjajanti et al., 2020).

Studi epidemiologi lingkungan yang dilakukan di wilayah perdesaan dan peri-urban di Indonesia juga mengungkapkan bahwa paparan lingkungan tercemar urin tikus, terutama pada aktivitas sehari-hari masyarakat seperti bekerja di sawah, membersihkan saluran air, atau kontak dengan genangan air di sekitar rumah, menjadi jalur penting transmisi leptospirosis (Kusnanto et al., 2019). Temuan ini memperkuat peran lingkungan sebagai komponen pendukung dalam rantai penularan leptospirosis, bersama dengan reservoir utama yaitu tikus.

Dengan demikian, lingkungan diposisikan sebagai faktor kontekstual dalam kerangka konsep penelitian, yang menjelaskan mekanisme bertahannya *Leptospira* di wilayah penelitian tanpa menggeser fokus utama penelitian pada kepadatan dan keberadaan tikus. Pendekatan ini relevan dengan desain studi ekologis yang menempatkan karakteristik wilayah sebagai dasar interpretasi risiko leptospirosis secara spasial.

3. Peran Tikus sebagai Reservoir Utama

Tikus dari genus *Rattus* dan *Bandicota* dikenal sebagai reservoir utama *Leptospira patogenik*. Reservoir didefinisikan sebagai spesies hewan yang mampu membawa dan mengeluarkan bakteri melalui urin dalam jangka waktu lama tanpa menunjukkan gejala klinis yang berat (Meerburg, Singleton, & Kijlstra, 2009). Di Indonesia, beberapa spesies yang dominan sebagai

reservoir meliputi *Rattus norvegicus*, *Rattus tanezumi*, *Rattus exulans*, dan *Bandicota indica* (Purbaningsih & Widyanto, 2023).

Penelitian lapangan menunjukkan tikus peridomestik seperti *Rattus norvegicus* banyak ditemukan di permukiman padat penduduk dengan kondisi sanitasi rendah, sedangkan *Rattus tanezumi* cenderung lebih adaptif dan dapat hidup di berbagai lingkungan termasuk domestik, pasar, serta area pertanian (Kusumajaya et al., 2023). Sementara itu, tikus sawah seperti *Rattus argentiventer* berpotensi membawa serovar tertentu yang umum ditemukan di daerah agrikultur (Rohman et al., 2019).

4. Peran Lingkungan sebagai Determinan Geografis Risiko

Lingkungan fisik dan sosial memainkan peran besar dalam menentukan risiko leptospirosis. Faktor seperti curah hujan tinggi, kelembaban, banjir musiman, pengelolaan limbah yang buruk, dan keberadaan genangan air merupakan kondisi yang memfasilitasi kelangsungan hidup bakteri dan meningkatkan peluang kontak manusia dengan sumber infeksi (Suryani & Suharto, 2016).

Kajian epidemiologi lingkungan di Indonesia menunjukkan peningkatan kasus leptospirosis setelah periode hujan intens, terutama di wilayah dengan sanitasi buruk, sistem drainase tidak memadai, serta kepadatan penduduk tinggi (Kemenkes RI, 2021). Selain itu, karakteristik tapak seperti aliran air, ruang terbuka basah, saluran irigasi, dan sawah dapat menjadi media transport bagi *Leptospira* yang terbawa aliran permukaan.

Wilayah dengan keberadaan tikus tinggi, sanitasi rendah, dan lingkungan basah cenderung memiliki pola spasial kasus leptospirosis yang mengelompok. Fenomena ini mendasari pentingnya penggunaan pendekatan spasial dalam penelitian epidemiologi berbasis wilayah, khususnya dalam studi ekologis yang menganalisis hubungan pola keberadaan tikus dengan distribusi kasus manusia.

5. Ekologi dan Perilaku Tikus dalam Dinamika Risiko Leptospirosis

Tikus merupakan reservoir utama leptospirosis yang memiliki kemampuan adaptasi ekologis tinggi terhadap berbagai tipe lingkungan, khususnya lingkungan yang dipengaruhi aktivitas manusia. Menurut Balai Besar Litbang Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP), tikus mampu bertahan dan berkembang pada lingkungan permukiman, lahan pertanian, serta area peralihan (*peri-urban*) yang menyediakan makanan, air, dan tempat berlindung secara kontinu (B2P2VRP, 2018)

Dari sudut pandang ekologi perilaku, tikus merupakan hewan nokturnal dengan tingkat mobilitas harian yang tinggi. Studi lapangan di beberapa wilayah endemis leptospirosis di Indonesia menunjukkan bahwa tikus melakukan aktivitas mencari makan dan menjelajah habitat setiap malam dengan radius jelajah yang bervariasi, bergantung pada jenis tikus dan karakteristik lingkungan sekitarnya (Widjajanti et al., 2016). Dalam satu periode aktivitas malam, tikus dapat berpindah dari sarang ke beberapa titik

berbeda seperti dapur rumah, tempat sampah, saluran air, serta lahan terbuka, sehingga meningkatkan frekuensi dan luasan pencemaran urin di lingkungan.

Perilaku tersebut menjadi faktor kunci dalam penyebaran bakteri *Leptospira* di lingkungan. Santoso et al. (2017) menjelaskan bahwa kontaminasi urin tikus tidak hanya terkonsentrasi di sekitar sarang, tetapi menyebar mengikuti jalur aktivitas tikus, terutama pada area lembap seperti selokan, tanah basah, dan genangan air. Kondisi ini menyebabkan risiko leptospirosis tidak selalu berbanding lurus dengan lokasi sarang tikus, melainkan dipengaruhi oleh pola pergerakan dan intensitas aktivitas tikus di suatu wilayah.

Selain perilaku, dinamika populasi tikus juga berperan penting dalam peningkatan risiko leptospirosis. Tikus memiliki laju reproduksi yang tinggi dan siklus hidup yang relatif singkat, sehingga populasi dapat meningkat pesat dalam waktu singkat apabila kondisi lingkungan mendukung. Hadi dan Soviana (2015) menyebutkan bahwa ketersediaan makanan dari aktivitas manusia, sanitasi lingkungan yang kurang baik, serta sistem drainase terbuka merupakan faktor yang berkontribusi terhadap peningkatan kepadatan tikus di wilayah permukiman dan pertanian.

Penelitian epidemiologi berbasis lingkungan di Indonesia menunjukkan bahwa wilayah dengan kepadatan tikus tinggi cenderung memiliki risiko leptospirosis yang lebih besar, terutama ketika kepadatan tersebut dianalisis pada skala wilayah administratif seperti desa atau kelurahan (Widjajanti et al.,

2016) ; (Kemenkes RI, 2023). Hal ini menegaskan bahwa kepadatan populasi tikus tidak hanya berfungsi sebagai indikator keberadaan reservoir, tetapi juga mencerminkan intensitas interaksi antara tikus, lingkungan, dan manusia.

Populasi tikus dapat berubah mengikuti faktor lingkungan seperti musim, curah hujan, suhu, serta ketersediaan sumber pakan. Siklus reproduksi tikus yang cepat menyebabkan populasi dapat meningkat signifikan dalam waktu singkat terutama pada musim hujan ketika kondisi lingkungan lembap dan ideal bagi keberlangsungan hidup tikus serta bakteri *Leptospira* (Kusumajaya et al., 2023) Perilaku jelajah tikus juga menentukan peluang penyebaran bakteri. Tikus peridomestik biasanya memiliki jarak jelajah relatif dekat dengan sumber makanan, sedangkan tikus sawah dapat berpindah mengikuti pola tanam. Pola persebaran spasial tikus yang cenderung mengelompok pada habitat optimal memungkinkan terbentuknya hotspot risiko penularan.

6. Kepadatan Populasi Tikus dan Indikator Pengukurannya

Kepadatan populasi merupakan ukuran jumlah individu dalam satu unit area tertentu. Dalam ekologi hewan, konsep ini digunakan untuk menggambarkan tingkat keberlimpahan spesies pada suatu habitat dan menjadi indikator penting dalam memahami dinamika populasi, kompetisi, serta potensi interaksi antarspesies (Odum & Barrett, 2005). Pada penelitian *zoonosis*, termasuk leptospirosis, kepadatan populasi tikus menjadi variabel kunci karena peningkatan populasi dapat meningkatkan peluang kontak hewan dengan lingkungan dan lingkungan dengan manusia. Peningkatan

kepadatan reservoir berpotensi meningkatkan kontaminasi lingkungan melalui ekskresi urin yang mengandung *Leptospira*, sehingga memperbesar kemungkinan paparan pada manusia.

Metode *trapping* atau penangkapan tikus merupakan teknik standar dalam ekologi populasi untuk mendapatkan data keberadaan, jumlah, jenis kelamin, ukuran tubuh, status reproduksi, serta parameter biologis lainnya. Perangkap yang banyak digunakan meliputi *Sherman trap* dan *live trap* yang meminimalkan stres serta memungkinkan pelepasan kembali hewan (Aplin et al., 2003)

Penentuan lokasi penangkapan biasanya mempertimbangkan tipe habitat seperti permukiman, saluran air, kebun, atau area pertanian. Intensitas perangkap (*trap effort*), misalnya jumlah perangkap dikali jumlah hari pengamatan, menjadi faktor penting untuk memastikan data yang terkumpul representatif terhadap dinamika populasi di wilayah tersebut.

Dalam surveilans tikus sebagai reservoir leptospirosis, metode *trapping* digunakan untuk memperoleh data jumlah individu tertangkap, spesies, jenis kelamin, serta karakteristik biologis lainnya. Pada penelitian epidemiologi berbasis wilayah, pengukuran kepadatan populasi sering menggunakan pendekatan kepadatan relatif, karena estimasi populasi absolut mensyaratkan asumsi populasi tertutup dan prosedur penandaan yang ketat yang tidak selalu sesuai dalam studi lapangan komunitas (Meerburg, Singleton, & Leirs, 2009; Morgenstern, 1982b)

Salah satu indikator yang umum digunakan dalam survei *rodent* adalah *Trap success*, yaitu persentase keberhasilan penangkapan tikus berdasarkan total upaya penangkapan (*trap effort*). *Trap success* dihitung dengan rumus:

$$\text{Trap Success (\%)} = \frac{\text{Jumlah Tikus Tertangkap}}{\text{Jumlah Trap Terpasang} \times \text{Periode Pengamatan}} \times 100$$

Indikator ini mencerminkan tingkat aktivitas dan keberlimpahan tikus relatif terhadap upaya penangkapan pada suatu wilayah. Nilai *Trap success* yang lebih tinggi menunjukkan intensitas populasi yang lebih besar dan potensi risiko lingkungan yang meningkat (Centers for Disease Control and Prevention, 2021). Meskipun tidak menggambarkan ukuran populasi absolut, indikator ini efektif untuk membandingkan intensitas reservoir antar wilayah dengan upaya penangkapan yang terstandar.

Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan (SBMKL), indikator *success trap* digunakan sebagai salah satu parameter keberadaan binatang pembawa penyakit. Nilai *success trap* yang memenuhi baku mutu adalah kurang dari 1%, sedangkan nilai yang melebihi batas tersebut menunjukkan kondisi populasi tikus yang tidak memenuhi standar kesehatan lingkungan dan memerlukan upaya pengendalian. Dengan demikian, kategori rendah dalam penelitian ini tidak dapat diartikan sebagai kondisi yang memenuhi standar kesehatan lingkungan,

melainkan hanya menunjukkan tingkat kepadatan relatif yang lebih rendah dibandingkan kategori lainnya dalam distribusi data penelitian.

Dalam penelitian epidemiologi leptospirosis berbasis studi ekologis, penggunaan indikator kepadatan relatif lebih relevan dibanding estimasi populasi absolut, karena analisis difokuskan pada perbandingan antar wilayah berdasarkan karakteristik agregat, bukan pada penghitungan individu per satuan luas secara presisi (Cromley & McLafferty, 2012; Morgenstern, 1982a). Pendekatan ini selaras dengan penggunaan Sistem Informasi Geografis dalam pemetaan distribusi reservoir penyakit untuk mendukung klasifikasi risiko spasial (WHO, 2022). Dalam penelitian ini, indikator kepadatan relatif digunakan untuk menggambarkan intensitas populasi tikus pada tingkat kelurahan sebagai dasar analisis spasial hubungan dengan kasus leptospirosis manusia.

7. Keberadaan Tikus Berdasarkan Tipe Lokasi

a. Preferensi Habitat Tikus

Tikus memiliki fleksibilitas habitat yang tinggi, namun setiap spesies menunjukkan kecenderungan habitat yang berbeda. Tikus rumah seperti *Rattus rattus* dan *Rattus tanezumi* lebih sering ditemukan pada lingkungan domestik, termasuk dapur, gudang, dan area penyimpanan makanan. Tikus got *Rattus norvegicus* memiliki preferensi kuat terhadap habitat peridomestik seperti saluran drainase, area limbah, dan tepian sungai yang lembap (Purbaningsih & Widyanto, 2023).

Di sisi lain, spesies agrikultur seperti *Rattus argentiventer* dominan pada area persawahan, kebun, dan lahan terbuka. Pola preferensi habitat ini dipengaruhi oleh ketersediaan makanan, struktur tempat berlindung, dan kondisi lingkungan mikro seperti kelembapan dan suhu (Kusumajaya et al., 2023). Oleh karena itu, pendokumentasian tipe lokasi menjadi indikator penting dalam memetakan karakter ekologis reservoir pada dua wilayah penelitian.

b. Relevansi Lokasi Temuan Tikus terhadap Risiko Penyakit

Keberadaan tikus pada lokasi tertentu memiliki implikasi epidemiologis yang signifikan. Tikus pada lingkungan domestik meningkatkan peluang kontaminasi langsung pada aktivitas manusia sehari-hari, terutama pada area penyimpanan makanan, dapur, atau kamar mandi. Tikus pada saluran air mampu mempercepat penyebaran *Leptospira* melalui aliran air permukaan, sementara tikus agrikultur pada area sawah berkontribusi pada risiko paparan bagi pekerja pertanian yang sering bersentuhan dengan tanah basah atau genangan air (Ahmadi et al., 2023). Penelitian di Semarang oleh Husni et al. (2022) menunjukkan bahwa lokasi penangkapan tikus yang berdekatan dengan genangan air atau saluran drainase memiliki peluang lebih besar untuk membawa *Leptospira* dibandingkan dengan lokasi yang jauh dari sumber air. Sementara itu, studi di Banyumas mengonfirmasi bahwa habitat peridomestik dengan sanitasi buruk dan kelembapan tinggi merupakan

lokasi utama ditemukannya tikus yang membawa bakteri patogen (Niza, 2022). Oleh karena itu, tipe lokasi temuan tikus bukan hanya informasi ekologis, tetapi juga indikator risiko yang dapat diintegrasikan dalam pemetaan spasial untuk menentukan zona prioritas pengendalian leptospirosis.

c. Studi Empiris Keberadaan Tikus di Indonesia

Berbagai studi di Indonesia mendokumentasikan pola keberadaan tikus pada tipe habitat yang berbeda. Penelitian di Banjarpanepen oleh Purbaningsih & Widyanto (2023) menunjukkan bahwa mayoritas tikus domestik ditemukan di dalam rumah dan bangunan dengan ventilasi terbatas. Penelitian lain di Banyumas mengidentifikasi keberadaan tikus peridomestik yang tinggi di sekitar saluran air, gudang, dan tumpukan sampah (Kusumajaya et al., 2023).

Studi lapangan di Semarang oleh Husni et al (2022) menambahkan bahwa lokasi dengan genangan air, drainase tersumbat, dan area pasar tradisional memiliki intensitas keberadaan tikus yang lebih tinggi serta peluang deteksi *Leptospira* yang lebih besar. Penelitian di Denpasar Selatan oleh Wijaya (2023) juga menemukan bahwa lingkungan padat penduduk dengan kelembapan tinggi menjadi hotspot keberadaan tikus sekaligus area dengan risiko paparan leptospirosis yang lebih tinggi.

Pola-pola ini menunjukkan bahwa distribusi keberadaan tikus di Indonesia tidak merata antar tipe lokasi, melainkan mengikuti karakteristik

lingkungan mikro dan kondisi sanitasi. Pengetahuan mengenai lokasi temuan tikus memberikan landasan penting untuk analisis spasial dan pemetaan risiko leptospirosis.

8. Variasi Spasial dan Temporal Kasus Leptospirosis

Distribusi kasus leptospirosis pada manusia menunjukkan variasi spasial dan temporal yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, musim, serta karakteristik permukiman. Pola musiman biasanya dipengaruhi oleh curah hujan tinggi, banjir, dan suhu lembap yang memungkinkan bakteri bertahan lebih lama pada air dan tanah basah. Di Indonesia, peningkatan kasus sering terjadi pada puncak musim hujan dan pascabanjir, terutama pada wilayah dengan sanitasi lingkungan yang kurang memadai (Kemenkes RI, 2024).

Secara spasial, kasus leptospirosis cenderung terkonsentrasi pada wilayah dengan kepadatan penduduk tinggi, drainase buruk, serta keberadaan sungai atau saluran air sebagai jalur penyebaran bakteri. Penelitian di berbagai kota seperti Banyumas, Yogyakarta, Semarang, dan Denpasar menunjukkan bahwa distribusi kasus manusia berkaitan erat dengan karakter lingkungan sekitar, termasuk tipe permukiman, kondisi sanitasi, dan keberlimpahan reservoir pada ekosistem domestik maupun peridomestik (Niza, 2022; Wijaya, 2023).

9. Hubungan antara Keberadaan Tikus dan Kasus Manusia

Keberadaan dan kepadatan populasi tikus berperan penting dalam risiko penularan leptospirosis pada manusia. Urin tikus yang mengandung *Leptospira* dapat mencemari air permukaan, saluran drainase, tanah basah,

dan barang-barang di sekitar permukiman. Tingginya populasi tikus akan meningkatkan intensitas kontaminasi lingkungan, sehingga memperbesar peluang paparan manusia melalui kulit yang lecet atau mukosa pada aktivitas sehari-hari.

Penelitian lokal mendukung hubungan antara reservoir tikus dan kejadian leptospirosis. Ahmadi, Mufida, dan Syafriadi (2023) melaporkan bahwa daerah dengan tikus terkonfirmasi *Leptospira* menunjukkan risiko penularan yang lebih tinggi, terutama pada wilayah dengan sanitasi buruk dan kelembapan tinggi. Penelitian di Semarang oleh Husni et al. (2022) juga menemukan keterkaitan antara *trap success* tikus yang tinggi dengan deteksi *Leptospira* pada sampel air dan tanah.

Sementara itu, studi di Denpasar Selatan oleh Wijaya (2023) menunjukkan bahwa permukiman padat dan drainase tidak memadai menjadi lokasi dengan prevalensi reservoir tertinggi sekaligus konsentrasi kasus manusia. Temuan-temuan ini menunjukkan bahwa analisis spasial hubungan reservoir dan kasus manusia sangat penting dalam memahami rantai penularan penyakit.

Integrasi data kepadatan tikus, keberadaan berdasarkan tipe lokasi, dan sebaran kasus manusia memungkinkan pemetaan area risiko secara lebih komprehensif. Pendekatan ini sesuai dengan tujuan epidemiologi spasial untuk mengidentifikasi kluster kasus, pola geografis penyakit, dan determinan lingkungan yang berkontribusi pada kejadian leptospirosis.

10. Studi Ekologis sebagai Desain Penelitian

Studi ekologis merupakan desain penelitian observasional yang menggunakan unit analisis berupa kelompok atau wilayah, bukan individu. Unit analisis tersebut dapat berupa desa, kelurahan, kecamatan, atau wilayah geografis lain yang relevan. Pendekatan ini digunakan untuk menilai hubungan antara variabel lingkungan, faktor populasi, dan distribusi penyakit pada tingkat agregat (Morgenstern, 1982a).

Ruang lingkup studi ekologis meliputi analisis pola geografis penyakit, pemetaan faktor risiko lingkungan, serta evaluasi hubungan antara karakteristik wilayah dengan kejadian penyakit. Desain ini banyak digunakan dalam epidemiologi spasial, terutama untuk penyakit berbasis lingkungan seperti leptospirosis, malaria, dan dengue.

a. Unit Analisis Wilayah

Unit analisis dalam studi ekologis ditentukan berdasarkan batas administratif atau batas spasial tertentu. Pada penelitian leptospirosis, unit analisis umumnya memakai skala kelurahan atau desa karena skala ini cukup representatif untuk menangkap variasi lingkungan dan distribusi reservoir, serta memungkinkan integrasi data kasus dan data ekologi (Ellen K. Cromley & Sara L. McLafferty, 2011)

Penggunaan unit analisis wilayah memberikan gambaran makro mengenai faktor risiko yang tidak dapat diamati pada level individu,

seperti kondisi drainase, keberadaan habitat tikus, struktur permukiman, dan tata guna lahan.

b. Kelebihan, Kelemahan, dan Bias Ekologis

Studi ekologis memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

- 1) Efisien dalam sumber daya, karena data yang digunakan biasanya berasal dari instansi resmi seperti dinas kesehatan, dinas lingkungan, atau survei wilayah.
- 2) Memungkinkan analisis spasial, terutama ketika variabel lokasi berperan penting dalam penularan penyakit.
- 3) Cocok untuk penyakit berbasis lingkungan, karena dapat menggambarkan interaksi faktor lingkungan, populasi hewan reservoir, dan kejadian penyakit pada wilayah tertentu.

Namun, studi ekologis juga memiliki keterbatasan. Kelemahan utama adalah risiko *ecological fallacy*, yaitu kesalahan penalaran ketika hubungan pada tingkat populasi dianggap berlaku pula pada tingkat individu. Selain itu, desain ini dapat dipengaruhi oleh bias klasifikasi wilayah, perbedaan kualitas data antar wilayah, dan ketidakseragaman sistem pencatatan kasus (Morgenstern, 1998).

c. Relevansi Studi Ekologis dalam Pemetaan Penyakit

Studi ekologis sangat relevan untuk pemetaan penyakit berbasis lingkungan karena desain ini memungkinkan integrasi data spasial dari berbagai sumber, seperti sebaran kasus manusia, kepadatan reservoir,

karakteristik penggunaan lahan, kondisi drainase atau badan air, variabel lingkungan berbasis wilayah.

Dalam konteks leptospirosis, pendekatan ini membantu mengidentifikasi area risiko tinggi melalui analisis kedekatan spasial, pengelompokan reservoir, dan pola sebaran kasus manusia. Dengan demikian, desain ekologis berfungsi sebagai dasar metodologis yang kuat untuk analisis spasial dalam epidemiologi dan mendukung pengambilan keputusan berbasis wilayah.

11. Teori Analisis Spasial dalam Epidemiologi

a. Konsep Dasar Analisis Spasial

Menurut Cromley dan McLafferty (2011), analisis spasial merupakan pendekatan kuantitatif dalam epidemiologi yang digunakan untuk mempelajari distribusi kejadian penyakit berdasarkan lokasi geografis serta hubungan keruangan antar titik kejadian. Analisis ini tidak hanya menggambarkan lokasi kasus, tetapi juga mengevaluasi pola, hubungan, dan dinamika spasial yang berkaitan dengan faktor risiko lingkungan.

WHO (2022) menegaskan bahwa analisis spasial berperan penting dalam penyakit berbasis lingkungan karena memungkinkan identifikasi kluster penyakit, area risiko tinggi, dan jalur penularan berdasarkan konteks spasial.

b. Pola Spasial

Menurut Bailey dan Gatrell (1995) pola spasial dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama:

- 1) *Clustered* (mengelompok): titik kejadian menumpuk pada lokasi tertentu; biasanya terjadi ketika ada sumber paparan atau kondisi lingkungan yang serupa.
- 2) *Random* (acak): distribusi titik tidak menunjukkan pola tertentu.
- 3) *Dispersed* (menyebar): titik saling berjauhan akibat batas fisik atau kompetisi ruang.

Dalam kajian penyakit berbasis lingkungan, seperti yang dijelaskan oleh Elliott dan Wartenberg (2004) pola *clustered* merupakan pola yang paling sering ditemukan karena faktor lingkungan dan reservoir hewan cenderung tidak tersebar secara seragam.

c. *Nearest Neighbor Analysis (NNA)*

Konsep *Nearest Neighbor Analysis* diperkenalkan oleh Clark dan Evans (1954) untuk menentukan apakah distribusi titik mengikuti pola mengelompok, acak, atau menyebar. Rumus indeks tetangga terdekat (R) membandingkan jarak rata-rata antar titik terdekat yang teramati dengan jarak yang diharapkan berdasarkan pola acak teoretis. Interpretasi menurut Clark dan Evans (1954) :

- 1) $R < 1$ menunjukkan pola mengelompok,
- 2) $R = 1$ menunjukkan pola acak,

3) $R > 1$ menunjukkan pola menyebar.

Dalam epidemiologi lingkungan, Elliott dan Wartenberg (2004) menjelaskan bahwa *NNA* sangat efektif untuk mengidentifikasi pengelompokan reservoir hewan atau kasus penyakit, terutama pada penyakit yang ditularkan melalui lingkungan seperti leptospirosis.

d. *Ripley's K Function*

Ripley's K Function merupakan metode analisis spasial yang digunakan untuk mengevaluasi pola distribusi titik berdasarkan berbagai skala jarak. Metode ini mampu mengidentifikasi kecenderungan pola mengelompok (clustered), acak (random), atau menyebar (dispersed) secara lebih rinci dibandingkan analisis tetangga terdekat. Dalam epidemiologi spasial, *Ripley's K Function* digunakan untuk menilai pola distribusi kasus penyakit maupun reservoir pada suatu wilayah berdasarkan hubungan antar titik kejadian (Bailey & Gatrell, 1995).

e. *Kernel Density Estimation (KDE)*

Kernel Density Estimation (KDE) merupakan metode analisis spasial yang digunakan untuk menggambarkan tingkat kepadatan suatu fenomena berdasarkan konsentrasi titik pada wilayah tertentu. Dalam epidemiologi, *KDE* digunakan untuk mengidentifikasi area dengan konsentrasi kasus atau reservoir yang tinggi sehingga membantu visualisasi wilayah berisiko secara spasial (Mitchell, 2018).

f. Analisis Buffer

Analisis buffer digunakan untuk menggambarkan zona kedekatan atau jangkauan pengaruh suatu objek spasial terhadap area di sekitarnya. Dalam epidemiologi lingkungan, buffer digunakan untuk mengidentifikasi potensi area paparan berdasarkan kedekatan spasial antara kasus penyakit, reservoir, maupun faktor lingkungan tertentu (Longley, 2015).

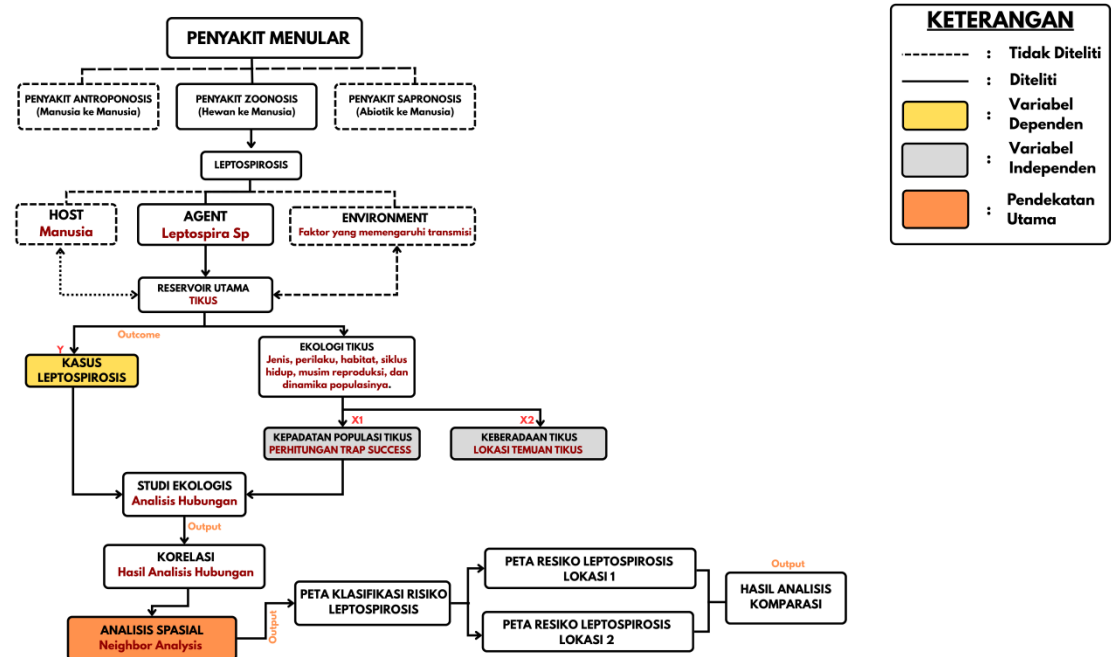
g. Integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk Analisis Risiko

Menurut Longley et al. (2015) Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan alat utama dalam analisis spasial yang memungkinkan integrasi data lokasi, atribut, dan parameter lingkungan dalam satu platform analitis. SIG mendukung proses *overlay*, analisis kedekatan, kernel density estimation, dan pemodelan risiko berbasis spasial.

WHO (2022) menekankan bahwa SIG sangat efektif untuk penyakit *zoonosis* karena memungkinkan penggabungan data reservoir (tikus), faktor lingkungan (saluran air, genangan, penggunaan lahan), dan kasus manusia untuk menghasilkan peta risiko yang lebih komprehensif.

Cromley dan McLafferty (2011) juga menambahkan bahwa SIG membantu peneliti menilai hubungan spasial yang tidak dapat diamati melalui pendekatan konvensional, termasuk kluster penyakit dan pola interaksi lingkungan.

B. Kerangka Konsep



Gambar 2. 1. Kerangka Konsep Penelitian

C. Hipotesis Penelitian

Tingkat risiko leptospirosis di Kalurahan Bangunjiwo dan Kalurahan Tlirenggo diperkirakan dipengaruhi oleh variasi sebaran kasus leptospirosis pada manusia, kepadatan populasi tikus relatif berbasis nilai *Trap success*, serta penemuan keberadaan tikus berdasarkan karakteristik lokasi habitat. Perbedaan karakteristik ketiga variabel tersebut pada masing-masing wilayah diduga menghasilkan tingkat risiko leptospirosis yang berbeda antara kedua wilayah penelitian.