



Analisis Faktor Lingkungan Abiotik Sebagai Sumber Penularan Leptospirosis di Indonesia: *Literature Review*

Arief Nugroho^{1,2*}, Mateus Sakundarno Adi³, Nurjazuli³

¹Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit, Salatiga

³Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

Abstrak

Leptospirosis hingga saat ini masih menjadi problematika kesehatan di seluruh dunia terutama di negara tropis dan subtropis salah satunya Indonesia. Manusia dapat terjangkit leptospirosis akibat kontak dengan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh faktor lingkungan abiotik sebagai sumber penularan leptospirosis di Indonesia. Studi ini merupakan *literature review* dengan metode PRISMA. Kata kunci yang digunakan untuk penelusuran artikel adalah faktor lingkungan abiotik dan leptospirosis serta *abiotic environmental factors and leptospirosis*. Artikel yang berkaitan dengan topik ditelusuri menggunakan data base *google scholar*, *nature*, dan Pubmed dan ditemukan lima artikel yang relevan. Studi menunjukkan bahwa adanya faktor lingkungan abiotik yaitu curah hujan, suhu, dan kelembaban udara, serta pH berpengaruh dalam penularan leptospirosis di Indonesia. Masyarakat harus selalu menjaga kebersihan lingkungan serta terus berperilaku hidup bersih dan sehat untuk mencegah penularan leptospirosis di lingkungan.

Kata Kunci: Abiotik, leptospirosis, lingkungan, tikus.

Abstract

Leptospirosis is still a health problem worldwide, especially in tropical and subtropical countries, one of which is Indonesia. Humans can contract leptospirosis due to contact with the environment. This study aims to determine the influence of abiotic environmental factors as a source of leptospirosis transmission in Indonesia. This study is a literature review using the PRISMA method. The keywords used to search the article are "faktor lingkungan abiotik dan leptospirosis" as well as *abiotic environmental factors and leptospirosis*. Articles related to the topic were searched using *google scholar*, *nature*, and *pubmed* databases and found five relevant articles. Studies show that the presence of abiotic environmental factors namely rainfall, temperature, and air humidity as well as pH affects the transmission of leptospirosis in Indonesia. The community must always maintain a clean environment and continue to behave clean and healthy living behavior to prevent the leptospirosis transmission in the environment.

Keywords: Abiotic, leptospirosis, environmental, rats.

Korespondensi*: Arief Nugroho, Program Studi Magister Kesehatan Lingkungan, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang; Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit, Jl. Hasanudin No.123 Salatiga; E-mail: ariefnugroho12@gmail.com,

<https://doi.org/10.33221/jikm.v12i01.1821>

Received : 11 Mei 2022 / Revised : 11 Oktober 2022 / Accepted : 2 Desember 2022

Copyright © 2023, Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat, p-ISSN: 2252-4134, e-ISSN: 2354-8185

Pendahuluan

Leptospirosis telah menjadi masalah kesehatan di lingkup global terutama ditemukan di daerah perkotaan maupun di daerah-daerah yang kumuh. Penyakit ini dapat menyebabkan setidaknya 1,03 juta kasus dan kematian hingga 58.900 jiwa setiap tahun yang ada di seluruh dunia.¹ Leptospirosis merupakan salah satu penyakit *zoonosis* yang ditularkan oleh mikroorganisme bakteri patogen dari kelompok genus *Leptospira*. Saat ini genus *Leptospira* terdapat dua jenis yaitu paling sedikit 12 spesies yang bersifat patogen dan 4 spesies bersifat saprofit/ non-infeksius dengan jumlah yang ditemukan lebih dari 250 *serovar* bersifat patogen. Bakteri *Leptospira* dapat berada dalam tubuh manusia melalui kulit yang terluka ataupun masuk melalui membran mukosa. Manusia yang terkena leptospirosis akan mengalami gejala mulai dari gejala ringan seperti influenza hingga kondisi berat seperti gagal ginjal dan hati, gangguan paru hingga kematian.²

Berdasarkan data *International Leptospirosis Society* (ILS), leptospirosis menjadi penyumbang kematian terbesar ketiga di dunia dan Indonesia merupakan salah satu negara dengan insidens leptospirosis yang cukup tinggi.³ Indonesia hingga saat ini masih sering ditemukan kasus leptospirosis. Data dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia menyebutkan bahwa kasus leptospirosis di Indonesia selama tahun 2018 – 2020 cenderung mengalami kenaikan. Pada tahun 2018, terdapat 895 kasus dan 150 kematian (CFR = 16,76%). Pada tahun 2019 terdapat 920 kasus dan 122 kematian (CFR = 13,26%), serta pada tahun 2020 ditemukan 1.170 kasus dan 106 kematian (CFR = 9,1%). Adapun Provinsi yang sering melaporkan adanya kasus leptospirosis adalah DKI Jakarta, Yogyakarta, Jawa Tengah, Banten, Jawa Timur, dan Jawa Barat.⁴

Manusia dapat terjangkit bakteri *Leptospira* akibat adanya kontak secara tidak langsung dengan lingkungan baik air

maupun tanah yang telah tercemar oleh urin maupun bagian tubuh lain dari hewan atau lingkungan yang telah mengandung *Leptospira* patogen.^{5,6} Penularan leptospirosis dapat terjadi akibat pengaruh dari faktor lingkungan. Faktor lingkungan tersebut bisa berupa pengaruh dari lingkungan abiotik maupun biotik. Adanya indeks curah hujan, suhu dan kelembaban udara, suhu dan pH air maupun tanah, tingkat intensitas cahaya, dan badan air alami adalah faktor lingkungan abiotik yang memengaruhi penularan leptospirosis.⁷ Sedangkan jenis vegetasi, populasi tikus dan prevalensi *Leptospira* pada tikus merupakan faktor lingkungan biotik yang memengaruhi penularan leptospirosis.⁸

Kemampuan suatu bakteri *Leptospira* patogen untuk bertahan hidup dan tingkat virulensinya setelah diekskresikan ke lingkungan sangat penting untuk menentukan risiko lingkungan. Kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* di habitat alamnya dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya faktor abiotik. Faktor lingkungan abiotik berperan dalam memengaruhi kemampuan bakteri *Leptospira* untuk bertahan hidup sesuai kondisi ideal dan bertahan dalam kondisi lingkungan tertentu seperti di air maupun di tanah. Kemampuan kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* patogen di air maupun tanah selama jangka waktu tertentu dipengaruhi seperti pH basa, kadar oksigen yang tinggi, maupun konsentrasi salinitas yang rendah. Pengaruh dari lingkungan abiotik yang sesuai dengan kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* akan meningkatkan risiko infeksi penularan leptospirosis.^{5,9}

Penelitian yang ada saat ini lebih banyak membahas literatur terkait faktor risiko leptospirosis seperti keberadaan tikus, keberadaan sampah, saluran pembuangan yang buruk, adanya banjir, kebiasaan berisiko, adanya hewan peliharaan, maupun pekerjaan berisiko, dll.^{10,11} Penelitian terkait literatur faktor

lingkungan abiotik belum banyak dibahas. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka *literature review* ini bertujuan mengumpulkan dan menelaah artikel hasil penelitian terdahulu terkait pengaruh faktor lingkungan abiotik dalam penularan leptospirosis yang ada di Indonesia serta menggambarkan hal-hal dari adanya faktor lingkungan abiotik yang berkontribusi terhadap kejadian leptospirosis. Artikel ini diharapkan dapat digunakan sebagai gambaran dalam upaya pencegahan penularan leptospirosis yang berhubungan dengan lingkungan.

Metode

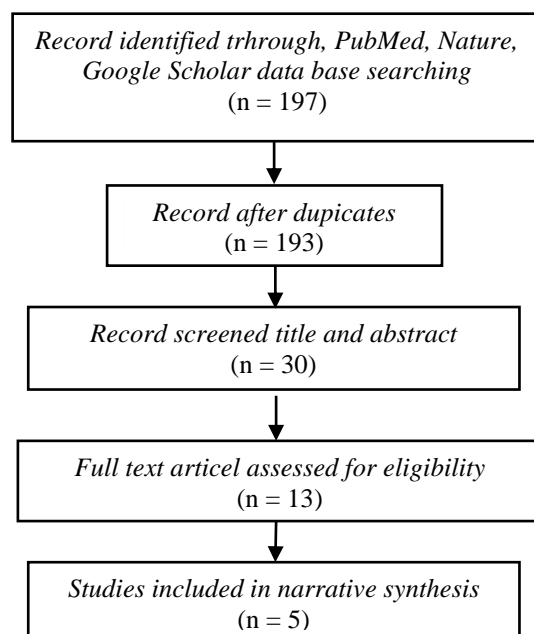
Metode pengumpulan data dalam penulisan artikel ini berupa *literature review* menggunakan metode PRISMA tetapi tidak dilakukan meta analisis dalam merangkum hasil penelitian sebelumnya. Sumber referensi yang digunakan diambil dari karya tulis ilmiah/artikel yang dipublikasikan dalam bentuk jurnal ilmiah, maupun prosiding ilmiah. Kriteria inklusi dalam pemilihan artikel adalah artikel memuat topik faktor lingkungan abiotik sebagai sumber penularan leptospirosis, susunan artikel lengkap, desain penelitian terbatas pada *cross sectional* dan *case-*

control, artikel dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, penelitian dilakukan di Indonesia, artikel ilmiah terbit mulai tahun 2016 – 2021.

Artikel ilmiah yang berkaitan dengan topik ditelusuri menggunakan peramban. Peramban yang digunakan menggunakan *data base* yang berasal dari *google scholar*, *Nature*, dan *Pubmed*. Kata kunci untuk penelusuran artikel di peramban adalah “faktor lingkungan abiotik dan leptospirosis” untuk artikel yang menggunakan Bahasa Indonesia, sedangkan untuk artikel Bahasa Inggris menggunakan kata kunci “*abiotic environmental factors and leptospirosis*”. Artikel yang muncul kemudian dipilah dan dipilih berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditentukan sehingga diperoleh artikel ilmiah yang relevan dengan tujuan penulisan artikel.

Hasil

Berdasarkan hasil penelusuran di database *google scholar*, *Nature*, dan *pubmed* menggunakan kata kunci yang telah ditentukan ditemukan artikel sebanyak 197, kemudian dilakukan seleksi artikel yang mirip ditemukan 193 artikel.



Gambar 1. Diagram Alir Pencarian dan Pemilihan Artikel

Tahap selanjutnya dilakukan screening dari judul dan abstrak ditemukan 30 artikel yang relevan. Selanjutnya dilakukan penilaian kelayakan artikel dan didapatkan sebanyak 13 artikel. Kemudian dilakukan skrining artikel berdasarkan

kriteria inklusi dan didapatkan artikel sesuai kriteria sebanyak 5 (lima) buah (**Gambar 1**). Artikel terpilih yang masuk kriteria kemudian digunakan untuk membuat *literature review* (**Tabel 1**).

Tabel 1. Analisis Artikel

No.	Penulis, Tahun	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
1.	Lirih Setyorini, Nurjazuli, Hanan Lanang Dangiran., 2017. ¹²	Kota Semarang	Desain penelitian adalah <i>cross sectional</i> . Jenis penelitian adalah studi observasional secara deskriptif	Hasil analisis deskriptif secara spasial menunjukkan kasus leptospirosis banyak ditemukan di wilayah dengan tingkat intensitas curah hujan sedang (101 – 300 mm/bulan) sebanyak 76 kasus (56,7%).
2.	Yanelza Supranelfy, Nungki Hapsari S, Reni Oktarina., 2019. ¹³	Kabupaten Lahat, Banyuasin dan Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan	Desain penelitian adalah deskriptif dengan pendekatan <i>cross sectional</i>	Hasil analisis deskriptif menunjukkan perbandingan tikus positif <i>Leptospira</i> dengan PCR banyak ditemukan di daerah dengan suhu antara 24,0-26,9°C dan pH 5 (18,3%), sedangkan hasil perbandingan tikus seropositif terhadap <i>Leptospira</i> berdasarkan pemeriksaan MAT banyak ditemukan di daerah dengan suhu 27-30°C (3,1%) dan pH 6 (2,3%).
3.	Cornelia Palmasari Ariesta Putri, Lintang Dian Saraswati, Mateus Sakundarno Adi, Retno Hestningsih., 2019. ¹⁴	Kabupaten Boyolali	Desain Penelitian analitik secara observasional dengan pendekatan <i>case control</i>	Secara deskriptif menunjukkan karakteristik sampel air yang diperiksa sebagian besar memiliki suhu (56,2%) dan pH (54,7%) optimal dengan nilai pH sampel air dalam rentang 7,06-8,10 dan suhu sampel air dalam rentang 28,1-32,7°C sehingga berpotensi menjadi tempat perkembangbiakan <i>Leptospira</i>
4.	Intan Tolistiawaty, Nurul Hidayah, Anis Nur Widayati., 2020. ¹⁵	Desa Lalombi Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah	Penelitian observasional dengan desain penelitian <i>cross sectional</i>	Analisis secara deskriptif menunjukkan bahwa tikus terinfeksi <i>Leptospira</i> ditemukan di lokasi pemukiman dengan pengukuran parameter lingkungan yaitu pH tanah 6, suhu 32,05°C, dan kelembaban 43%.
5.	Miftakhul Janah, Dwi Sarwani Sri Rejeki, Sri Nurlaela., 2021. ¹⁶	Kabupaten Banyumas	Studi observasional dengan desain <i>cross sectional</i>	Hasil analisis spasial menunjukkan kasus leptospirosis sebesar 63,57% berada di daerah dengan curah hujan rendah <100 mm/bulan yang membentuk pola cluster dengan nilai <i>p value</i> = 0,009

Hasil dari temuan artikel pada **tabel 1** kemudian dilakukan pengkajian untuk melihat kualitas maupun keterkaitan dari setiap literatur yang ditemukan. Data yang

diperoleh dari artikel kemudian direkap dan disajikan dalam bentuk tabel kesimpulan hasil. Analisis dibuat naratif dan disajikan dalam **tabel 2**.

Tabel 2. Matrik Kesimpulan Hasil

No.	Hasil utama	Kesamaan hasil	Pustaka
1.	Intensitas curah hujan	Hasil penelitian yang ada menunjukkan bahwa kasus leptospirosis terjadi pada daerah dengan intensitas curah hujan rendah hingga sedang	Sumber 1, dan 5
2.	Suhu	Hasil penelitian yang ada menunjukkan bahwa faktor abiotik yaitu suhu mendukung dalam kelangsungan hidup bakteri <i>Leptospira</i>	Sumber 2, 3, dan 4
3.	pH	Hasil penelitian yang ada menunjukkan bahwa faktor abiotik yaitu pH mendukung dalam kelangsungan hidup bakteri <i>Leptospira</i>	Sumber 2, 3, dan 4
4.	Kelembaban udara	Hasil penelitian yang ada menunjukkan bahwa faktor abiotik yaitu kelembaban udara mendukung dalam kelangsungan hidup bakteri <i>Leptospira</i>	Sumber 4

Pembahasan

Leptospirosis merupakan penyakit zoonosis yang penularannya salah satunya melalui lingkungan. Air dan tanah mempunyai peranan penting sebagai sumber dalam penularan tersebut karena bakteri *Leptospira* patogen yang dikeluarkan melalui urin atau cairan tubuh lain dari hewan yang terjangkit *Leptospira* dapat hidup di air dan tanah. Hasil studi menunjukkan bahwa *Leptospira* dapat bertahan hidup di lingkungan air dan tanah selama beberapa hari hingga beberapa minggu tergantung pada kondisi lingkungannya tersebut.¹⁷ Tikus merupakan hewan reservoir utama dari bakteri *Leptospira* patogen. Bakteri ini akan keluar dari urin tikus saat tikus menjelajahi habitatnya untuk mencari makan sehingga bakteri akan menyebar dan mencemari air dan tanah.¹⁸

Bakteri *Leptospira* dapat bertahan hidup dan berkembangbiak di lingkungan salah satunya dipengaruhi oleh kondisi faktor abiotik dari lingkungan tersebut. Adanya faktor derajat keasaman (pH) sangat menunjang dalam pertumbuhan bakteri *Leptospira*. Hasil artikel yang dikaji menunjukkan nilai pH air di dapat berada pada rentang 7,06 – 8,10 dan pH tanah berada pada rentang 6 – 6,5. Bakteri *Leptospira* mampu bertahan hidup di lingkungan dengan pH optimal antara 5,4-7,5 dan bahkan mampu bertahan hidup hingga 129 hari dengan pH ≥ 7 saat dilakukan pengujian di laboratorium.^{19,20}

Hasil ini sejalan dengan penelitian di daerah urban Pau da Lima, Salvador, Brazil terhadap 284 sampel air menyebutkan bahwa pengaruh pH berhubungan dengan konsentrasi *Leptospira* di air ($P\text{-value} < 0,001$). Peningkatan kadar pH berpengaruh dengan peningkatan konsentrasi *Leptospira* patogen.²¹ Penelitian lain menyebutkan bahwa prediktor penting yang potensial dalam penyebaran sebagian besar serovar *Leptospira* patogen adalah pH tanah (31,7%) dan suhu tahunan rata-rata (24,2%).²²

Kelembaban udara berpengaruh terhadap kelangsungan hidup *Leptospira* di lingkungan air dan tanah. Hasil artikel yang dikaji menunjukkan nilai kelembaban udara yang didapat sebesar 48,5%. Ketahanan hidup bakteri *Leptospira* berada pada kondisi kelembaban udara di lingkungan yang tidak terlalu kering atau dalam kondisi lembab serta lingkungan air dan tanah tersebut tidak terkena sinar matahari langsung. Kelembaban udara yang cocok untuk kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* adalah pada kondisi yang basah/lembab dengan nilai kelembaban udara lebih dari 31,4%.¹⁸ Hasil ini sejalan dengan penelitian di Manila bahwa selama puncak siklus 1 tahun kejadian leptospirosis berkorelasi dengan kelembaban udara relatif.²³ Penelitian lain di Sri Lanka menyebutkan bahwa rata-rata kelembaban udara selama

2006-2015 berpengaruh dengan puncak kejadian leptospirosis.²⁴

Faktor curah hujan juga dapat memengaruhi kejadian leptospirosis. Hal ini dikarenakan intensitas curah hujan yang tinggi berdampak pada munculnya banjir di suatu tempat. Kondisi banjir akan membuat sarang tikus menjadi tergenang air sehingga tikus akan keluar dari tempat persembunyian dan pindah ke lingkungan pemukiman manusia sehingga hal ini berpeluang terjadinya risiko penularan leptospirosis karena adanya kontak dengan tikus. Pasca selesai turun hujan yang tinggi akan banyak memunculkan genangan-genangan air, lumpur, maupun tanah yang becek sehingga dapat menjadi faktor risiko manusia terkena oleh air maupun tanah yang telah mengandung bakteri *Leptospira*.⁹ Intensitas curah hujan yang tinggi menjadi kondisi yang cocok bagi tikus untuk berkembangbiak sehingga akan meningkatkan jumlah populasi tikus di lingkungan. Populasi tikus yang banyak di lingkungan akan berpotensi terjadinya penularan leptospirosis.²⁵ Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kasus leptospirosis banyak dipengaruhi oleh intensitas curah hujan. Studi di Bantul menunjukkan sebanyak 90,22% kasus berada pada curah hujan sedang.²⁶ Studi di Kabupaten Sampang juga menemukan bahwa kejadian leptospirosis tertinggi berada di Kecamatan Sampang dengan curah hujan > 177,6 mm.²⁷ Penelitian di Korea Republik menunjukkan setiap ada peningkatan 1 mm curah hujan harian dihubungkan dengan peningkatan kasus leptospirosis mingguan setelah 6 minggu kemudian sebesar 2.0% (95% CI: 1.2, 2.8%).²⁸

Pada pengukuran suhu berdasarkan artikel yang dikaji didapatkan nilai suhu berada pada rentang nilai 28,1 – 32,0,5°C. Suhu yang optimal untuk kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* berkisar antara 28-30°C.²⁹ Akan tetapi, dalam kondisi tertentu bakteri *Leptospira* dapat tumbuh di luar suhu optimalnya. Beberapa penelitian menunjukkan bakteri *Leptospira*

mampu hidup pada suhu antara 4-40°C. Bakteri *Leptospira* mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup selama 130 hari pada suhu 4°C, sedangkan pada suhu 40°C mempunyai kemampuan untuk bertahan hidup hanya selama 4 jam.^{20,30} Hasil ini sejalan dengan penelitian di Malaysia yang menunjukkan hubungan signifikan antara suhu lingkungan dan jumlah kasus leptospirosis yang berkisar antara 27-28°C (27,5°C) dengan *p value* < 0,05.³¹ Penelitian lain di Manila menunjukkan selama puncak siklus 1 tahun adanya pengaruh suhu diikuti dengan munculnya konfirmasi kasus leptospirosis.²³

Kesimpulan

Berdasarkan hasil *literature review* dari berbagai studi yang relevan menunjukkan bahwa pengaruh faktor lingkungan abiotik yang terdiri dari suhu, pH, curah hujan, dan kelembaban udara mendukung dalam penularan leptospirosis di Indonesia. Perlu untuk selalu menjaga kebersihan lingkungan, melakukan desinfektan pada genangan-genangan air maupun tanah yang becek, memakai alat pelindung diri (APD) saat kontak di tempat-tempat berisiko, serta selalu melakukan perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) untuk mencegah penularan leptospirosis di lingkungan.

Daftar Pustaka

1. Costa F, Hagan JE, Calcagno J, Kane M, Torgerson P, Martinez-Silveira MS, et al. Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. Small PLC, editor. PLoS Negl Trop Dis [Internet]. 2015 Sep 17;17(september):1–19. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0003898>
2. Adler B, de la Peña Moctezuma A. *Leptospira* and leptospirosis. Vet Microbiol [Internet]. 2010 Jan;140:287–96. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378113509001163>
3. Pratamawati DA, Widjajanti W, Handayani FD, Trapsilowati W, Lestari WD. Strategi Penguatan Peran Lintas Sektor untuk Intervensi Lingkungan dalam Sistem

- Kewaspadaan Dini Leptospirosis di Kota Semarang Tahun 2017-2018. *Media Penelit dan Pengemb Kesehat* [Internet]. 2020 May 31;30(1):75–88. Available from: <https://ejournal2.litbang.kemkes.go.id/index.php/mpk/article/view/1665>
4. Kementerian Kesehatan RI. Profil Kesehatan Indonesia 2020. 2021.
 5. Thibeaux R, Geroult S, Benezech C, Chabaud S, Soupé-Gilbert M-E, Girault D, et al. Seeking the environmental source of Leptospirosis reveals durable bacterial viability in river soils. Munoz-Zanzi C, editor. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2017 Feb 27;11(2):1–14. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0005414>
 6. Schneider AG, Casanovas-Massana A, Hacker KP, Wunder EA, Begon M, Reis MG, et al. Quantification of pathogenic *Leptospira* in the soils of a Brazilian urban slum. Caimano MJ, editor. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2018 Apr 6;12(4):1–15. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0006415>
 7. Tunissea A. Faktor lingkungan abiotik pada kejadian leptospirosis. *Balaba*. 2008;7(2):23.
 8. Tunissea A. Faktor Lingkungan Biotik Pada Kejadian Leptospirosis. *Balaba*. 2009;5(2):26–7.
 9. Barragan V, Olivás S, Keim P, Pearson T. Critical knowledge gaps in our understanding of environmental cycling and transmission of *Leptospira* spp. *Appl Environ Microbiol*. 2017;83(19):1–10.
 10. Haq A, Anggraini S, Masnarivan Y. Environmental Factors Related to Leptospirosis in Indonesia: A Systematic Review. In: *Proceedings of the Third Andalas International Public Health Conference, AIPHC 2019*. 2020. p. 1–6.
 11. Sakundarno M, Bertolatti D, Maycock B, Spickett J, Dhaliwal S. Risk factors for leptospirosis infection in humans and implications for public health intervention in Indonesia and the Asia-Pacific region. *Asia-Pacific J Public Heal*. 2014;26(1):15–32.
 12. Setyorini L, Dangiran HL. Analisis Pola Persebaran Penyakit Leptospirosis Di Kota Semarang Tahun 2014-2016. *J Kesehat Masy*. 2017;5(5):706–16.
 13. Supranelfy Y, Suryaningtyas NH, Oktarina R. Analisis Faktor Lingkungan terhadap Distribusi Jenis Tikus yang Terkonfirmasi sebagai reservoir Leptospirosis di Tiga Kabupaten di Provinsi Sumatera Selatan. *Vektora*. 2019;11(1):31–8.
 14. Putri CPA, Saraswati LD, Adi MS, Hestingsih R. Analisis Karakteristik Air, Bakteri *Leptospira*, Dan Faktor Lingkungan Pada Kasus Leptospirosis Di Kabupaten Boyolali. *J Kesehat Masy* [Internet]. 2019;7(4):195–201. Available from: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
 15. Tolistiawaty I, Hidayah N, Widayati AN. Faktor Lingkungan Abiotik dan Kejadian Leptospirosis pada Tikus di Desa Lalombi Kabupaten Donggala Sulawesi Tengah. In: *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS) ke-V 2020*. 2020. p. 119–23.
 16. Janah M, Rejeki DSS, Nurlaela S. Analisis Kondisi Lingkungan pada Kejadian Leptospirosis di Kabupaten Banyumas dengan Pendekatan Spasial. *ASPIRATOR - J Vector-borne Dis Stud*. 2021;13(2):89–100.
 17. Bierque E, Thibeaux R, Girault D, Soupé-Gilbert ME, Goarant C. A systematic review of *Leptospira* in water and soil environments. *PLoS One*. 2020;15(1):1–22.
 18. Sumanta H, Wibawa T, Hadisusanto S, Nuryati A, Kusnanto H. Spatial Analysis of *Leptospira* in Rats, Water and Soil in Bantul District Yogyakarta Indonesia. *Open J Epidemiol*. 2015;5(1):22–31.
 19. Saito M, Villanueva SYAM, Chakraborty A, Miyahara S, Segawa T, Asoh T. Comparative Analysis of *Leptospira* Strains Isolated from Environmental Soil and Water in the Philippines and Japan. *Appl Environ Microbiol*. 2013;79(2):601–9.
 20. Andre-Fontaine G, Aviat F, Thorin C. Waterborne Leptospirosis: Survival and Preservation of the Virulence of Pathogenic *Leptospira* spp. in Fresh Water. *Curr Microbiol*. 2015;71(1):136–42.
 21. Oliveira D De, Querino VA, Lee YS, Cunha M, Nery N, Perelo LW, et al. Relationship between Physicochemical Characteristics and Pathogenic *Leptospira* in Urban Slum Waters. *Trop Med Infect Dis*. 2020;5(146):1–8.
 22. Jara M, Escobar LE, Rodrigues RO, Frias-De-Diego A, Sanhueza J, Machado G. Spatial distribution and spread potential of sixteen *Leptospira* serovars in a subtropical region of Brazil. Vol. 66, *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019. 2482–2495 p.
 23. Sumi A, Telan EFO, Chagan-Yasutan H, Piolo MB, Hattori T, Kobayashi N. Effect of temperature, relative humidity and rainfall on dengue fever and leptospirosis infections in Manila, the Philippines. *Epidemiol Infect*. 2017;145(1):78–86.
 24. Ehelepola NDB, Ariyaratne K, Dissanayake WP. The correlation between local weather and leptospirosis incidence in Kandy district, Sri Lanka from 2006 to 2015. *Glob Health Action* [Internet]. 2019;12(1):1–12. Available from: <https://doi.org/10.1080/16549716.2018.1553283>

25. Ramadhan MM, Devi S, Mahrani Ismail TC, Mulyani Z, Tosepu R. Hubungan Iklim Dengan Kejadian Penyakit Leptospirosis Di Indonesia: Literatur Review. *J Kesehat Lingkungan J dan Apl Tek Kesehat Lingkungan*. 2020;17(1):57.
26. Nurbeti M, Kusnanto H, Nugroho WS. Kasus-Kasus Leptospirosis Di Perbatasan Kabupaten Bantul, Sleman, Dan Kulon Progo: Analisis Spasial. *J Kesmas*. 2016;10(1):1–14.
27. Rahim A, R.Yudhastuti. Pemetaan dan analisis faktor risiko lingkungan kejadian leptospirosis berbasis sistem informasi geografi (SIG) di Kabupaten Sampang. *J Kesehat Lingkungan*. 2015;8(1):48–56.
28. Joshi YP, Kim EH, Cheong HK. The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: An ecologic study. *BMC Infect Dis*. 2017;17(1):1–11.
29. Widiastuti D, Djati RAP. Kontaminasi Leptospira Patogenik pada Air Konsumsi di Pemukiman Kabupaten Demak. *Balaba*. 2015;11(2):89–96.
30. Parker J, Walker M. Survival of a pathogenic Leptospira serovar in response to combined in vitro pH and temperature stresses. *Vet Microbiol* [Internet]. 2011;152(1–2):146–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.04.028>
31. Benacer D, Thong KL, Min NC, Verasahib K Bin, Galloway RL, Hartskeerl RA, et al. Epidemiology of human leptospirosis in Malaysia, 2004-2012. *Acta Trop* [Internet]. 2016;157:162–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2016.01.031>