

**HUBUNGAN ANTARA KEBERADAAN TIKUS DAN FAKTOR LINGKUNGAN ABIOTIK TERHADAP INFEKSI *LEPTOSPIRA* DI TIKUS (STUDI *CROSS SECTIONAL* DI KABUPATEN KARANGANYAR, PROVINSI JAWA TENGAH)**

**Arief Nugroho<sup>a\*</sup>, Nur Hidayati<sup>a</sup>, Muhidin<sup>a</sup>, Ika Martiningsih<sup>b</sup>, Aprilia Safitri<sup>a</sup>, Esti Rahardianingtyas<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Vektor dan Reservoir Penyakit (B2P2VRP), Jl. Hasanudin No. 123, Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia*

<sup>b</sup>*Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP), Jln. Imogiri Timur Km.7,5, Grojogan, Wirokerten, Banguntapan, Bantul 55194*

\*email : [ariefnugroho12@gmail.com](mailto:ariefnugroho12@gmail.com)

**ABSTRAK**

Data Dinas Kesehatan Kabupaten Karanganyar mencatat tujuh kasus leptospirosis dengan lima kematian pada 2020 sejak Januari hingga Februari. Desa Gawan adalah salah satu desa yang ditemukan kasus dengan satu kasus kematian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat keberhasilan penangkapan tikus dan untuk menentukan hubungan antara keberadaan tikus dan faktor lingkungan abiotik terhadap infeksi *Leptospira*. Desain studi adalah deskriptif analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Penelitian dilakukan di Desa Gawan, Kecamatan Colomadu, pada Februari 2020. Penangkapan tikus dilakukan selama dua hari. Seratus perangkap hidup dipasang selama dua hari berturut-turut. *Leptospira* pada ginjal tikus dideteksi dengan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Variabel tikus yang tertangkap adalah spesies dan jenis kelaminnya. Faktor lingkungan abiotik yang diukur adalah pH air, suhu air, suhu udara, dan kelembaban udara. Data dianalisis menggunakan uji bivariat. Jumlah tikus yang tertangkap sebanyak 31 ekor. Jumlah keberhasilan penangkapan tikus adalah 15,5%. Proporsi *Rattus tanezumi* adalah 67,7% (4,8% positif infeksi *Leptospira*), dan *Rattus norvegicus* adalah 32,3% (10% positif infeksi *Leptospira*). Proporsi tikus jantan adalah 51,6% daripada tikus betina. Statistik menunjukkan bahwa keberadaan tikus dan faktor lingkungan abiotik tidak terkait secara signifikan pada infeksi *Leptospira*. Keberhasilan penangkapan tikus yang tinggi dapat menjadi risiko infeksi *Leptospira*.

**Kata kunci :** Karanganyar, Leptospirosis, Lingkungan, Tikus

**ABSTRACT**

Karanganyar District health officer recorded seven leptospirosis cases with five deaths in 2020 from January to February. Gawan village was a village with that one case of death. The aim of this study was to see trapping success and to determine the relationship between rat presence and abiotic environmental factors on *Leptospira* infection. The design of study was an analytic descriptive with a cross-sectional approach. The study located in Gawan Village, Colomadu Sub-district, conducted in February 2020. Rodent trapping conducted for two days. One hundred live traps were installed for two consecutive days. *Leptospira* in the rat kidney were detected with Polymerase Chain Reaction (PCR) test. The observed variable of rat that caught on, were its species and its gender. Abiotic environmental factors measured were water pH, water temperature, air temperature, and humidity. Data were analyzed using

the bivariate test. The number of rats caught was 31 rats. The number of trapping success was 15,5%. The proportion of *Rattus tanezumi* was 67,7% (4,8% positive *Leptospira* infection), and *Rattus norvegicus* was 32,3% (10% positive *Leptospira* infection). The proportion of male was 51,6% of the female. The statistics showed that the existence of rat and abiotic environmental factors were not significantly related on *Leptospira* infection. The high trapping success can become the risk of *Leptospira* infection.

**Keywords :** Environmental, Karanganyar, Leptospirosis, Rat

## PENDAHULUAN

Leptospirosis adalah zoonosis yang ditularkan oleh genus *Leptospira*. Genus *Leptospira* terdiri dari dua spesies yaitu sedikitnya 12 spesies bersifat patogenik dan 4 spesies bersifat saprofit, dengan lebih dari 250 serovar patogenik (Adler and Moctezuma, 2010). Leptospirosis masih menjadi masalah kesehatan bagi manusia di daerah perkotaan dan daerah yang kumuh. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penyakit ini dapat menyebabkan setidaknya satu juta kasus dengan hampir 60.000 kematian setiap tahun di seluruh dunia (Costa *et al.*, 2015). *Leptospira* patogenik dapat masuk ke tubuh manusia melalui luka kulit yang terbuka atau selaput lendir (Allan *et al.*, 2015). Penyebaran *Leptospira* ke manusia dapat terjadi karena kontak langsung dengan urin hewan reservoir atau kontak tidak langsung melalui air atau tanah yang terkontaminasi oleh urin atau cairan tubuh lainnya dari hewan atau lingkungan yang telah terinfeksi oleh *Leptospira* (Lau *et al.*, 2016; Thibeaux *et al.*, 2017; Schneider *et al.*, 2018).

Pada tahun 2017-2020, terjadi peningkatan kasus Leptospirosis di Kabupaten Karanganyar. Pada 2017, ditemukan 7 kasus dengan 3 kematian (CFR = 29%), sedangkan pada 2018 ditemukan 10 kasus dengan 2 kematian (CFR = 30%). Pada 2019 ditemukan 14 kasus dengan 4 kematian (CFR = 40%), dan pada 2020 dari Januari hingga Februari ditemukan 7 kasus dengan 5 kematian (CFR = 71%). Desa Gawan adalah salah satu desa di Kabupaten Karanganyar yang melaporkan adanya kasus leptospirosis setiap tahun.

Kepadatan tikus sebagai inang utama untuk leptospirosis dan faktor lingkungan abiotik di suatu daerah mempengaruhi kejadian dan penularan leptospirosis. Hasil penelitian menyatakan bahwa keberadaan tikus dapat memberikan 6.234 kali risiko leptospirosis yang lebih besar (Maniiah, Raharjo and Astorina, 2016). *Leptospira* di lingkungan dapat ditemukan di air dan tanah (Bierque *et al.*, 2020). Faktor lingkungan abiotik seperti pH, suhu, kelembaban adalah beberapa faktor risiko yang mempengaruhi keberadaan *Leptospira* di lingkungan (Barragan *et al.*, 2017; Mendoza and Rivera, 2019).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan penangkapan tikus yang menggambarkan kepadatan tikus, hubungan keragaman spesies dan jenis kelamin tikus dengan infeksi *Leptospira* patogenik, serta faktor lingkungan abiotik terhadap infeksi *Leptospira* di Desa Gawan, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar.

## **METODE PENELITIAN**

### **Studi Desain**

Desain studi adalah deskriptif analitik dengan pendekatan cross sectional. Analisis data penelitian dilakukan secara deskriptif untuk menentukan proporsi distribusi setiap variabel. Analisis bivariat untuk menentukan hubungan antara kepadatan tikus dan faktor lingkungan abiotik terhadap infeksi *Leptospira* pada tikus dengan menggunakan uji Chi-square untuk menghitung nilai p value pada tingkat kepercayaan <0,05 dan interval kepercayaan 95%. Nilai *Odd ratio* (OR) ditentukan jika nilai p value memperlihatkan hubungan. Data dianalisis menggunakan software SPSS versi 22.0.

### **Tempat dan waktu studi**

Penelitian dilakukan di Desa Gawan RT 04 RW 02, Kelurahan Colomadu, Kecamatan Karanganyar, yang merupakan bagian dari wilayah kerja Puskesmas Gawan. Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2020. Pemeriksaan *Leptospira* patogenik pada tikus yang tertangkap dilakukan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) pada ginjal tikus. Pemeriksaan dilakukan di laboratorium B2P2VRP di Salatiga.

### **Populasi dan sampel studi**

Populasi penelitian adalah seluruh populasi tikus di lokasi penelitian, sementara sampel penelitian adalah tikus yang tertangkap di lokasi penelitian menggunakan perangkap hidup. Variabel dependen adalah tikus yang terinfeksi oleh *Leptospira* berdasarkan hasil PCR dari jumlah sampel tikus. Variabel independen adalah kepadatan tikus, yaitu spesies dan jenis kelamin tikus yang tertangkap, serta faktor lingkungan abiotik seperti pH air, suhu air, suhu udara, dan kelembaban udara.

Seratus perangkap hidup digunakan untuk menangkap tikus di lokasi penelitian. Sebanyak 64 perangkap dipasang di 32 rumah (dalam ruangan) dan 36 perangkap dipasang di luar area perumahan (kebun). Umpan yang digunakan adalah kelapa bakar. Pemasangan perangkap tikus dimulai dari jam 2 siang hingga 5 sore. Pengambilan tikus dari perangkap positif dilakukan dari jam 6 pagi keesokan harinya sampai jam 9 pagi. Pemasangan perangkap di lokasi penelitian dilakukan selama dua malam berturut-turut sehingga total

perangkap adalah 200 perangkap. Angka keberhasilan penangkapan tikus (*trap success*) dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\text{Trap success} = \frac{\text{Jumlah tikus tertangkap}}{\text{Total perangkap yang dipasang}} \times 100 \% \quad (1)$$

Tikus yang telah tertangkap dimasukkan ke dalam kantong blacu dan dibawa ke laboratorium lapangan untuk diidentifikasi dan diambil sampel ginjalnya.

### **Prosedur kerja**

Pertama, sampel ginjal tikus diambil dengan prosedur anestesi pada tikus dengan menggunakan ketamin dan xylazine. Tikus yang telah dianestesi kemudian ditempatkan dalam posisi terlentang dan dilakukan pembedahan mulai dari perut menggunakan gunting tajam tumpul. Sampel ginjal kiri dan kanan diambil secara aseptik kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca yang mengandung 70% etanol dan disimpan pada suhu kamar (Balai Besar Litbang Vektor dan Reservoir Penyakit, 2015).

Kondisi lingkungan abiotik yang diukur meliputi pH air, suhu air, suhu udara, dan kelembaban udara. Pemeriksaan lingkungan di lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan alat ukur. Untuk menentukan pH air dan suhu air, menggunakan pH air meter digital, sementara termohigrometer digunakan untuk mengukur suhu udara dan kelembaban udara. Pengukuran faktor lingkungan dilakukan secara langsung di lapangan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Lokasi pengambilan sampel adalah Desa Gawan, Kecamatan Colomadu, Kabupaten Karanganyar (Gambar 1)



**Gambar 1.** Lokasi penelitian di Desa Gawan, Kabupaten Karanganyar, 2020

Jumlah tikus yang tertangkap sebanyak 31 ekor. Keberhasilan penangkapan tikus di lokasi penelitian sebesar 15,5%. Angka keberhasilan penangkapan tikus adalah indikator

kepadatan relatif tikus di suatu daerah. Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 50 Tahun 2017, standar mutu untuk keberhasilan penangkapan tikus adalah <1% (Kemenkes RI, 2017). Berdasarkan hal tersebut, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan tikus di lokasi penelitian sangat tinggi (> 1%), sehingga berpotensi terjadi penularan leptospirosis. Angka keberhasilan penangkapan tikus yang tinggi dalam penelitian ini dikarenakan jarak antar rumah yang saling berdekatan satu sama lain. Kondisi sanitasi yang buruk adalah kondisi yang mendukung tikus untuk mudah berkembang biak di rumah (Mwachui *et al.*, 2015; Sumanta *et al.*, 2015). Hasil penelitian oleh Samekto, dkk, menyebutkan bahwa adanya tikus di daerah perumahan, baik di rumah maupun di sekitar rumah memiliki risiko 4,51 kali lebih besar terkena leptospirosis (Samekto *et al.*, 2019).

Tikus yang tertangkap di lokasi penelitian terdiri dari dua spesies, yaitu *Rattus tanezumi* dan *Rattus norvegicus*. Spesies dominan yang tertangkap adalah *Rattus tanezumi* (67,7%). Beberapa penelitian menyebutkan bahwa kedua spesies tikus tersebut adalah spesies dominan yang ditemukan di daerah perumahan (Benacer *et al.*, 2016; Widiastuti *et al.*, 2016). Kedua spesies tikus tersebut adalah jenis tikus “komensal” yang berarti segala aktivitas hidupnya berdekatan dan tergantung pada lingkungan pemukiman manusia (Tung *et al.*, 2013; Feng and Himsworth, 2014).

Berdasarkan jenis kelamin, sebanyak 16 ekor tikus jantan (51,6%) tertangkap dibandingkan dengan tikus betina sebanyak 15 ekor (48,4%). Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa jumlah tikus jantan yang tertangkap sebesar 57% dibandingkan dengan tikus betina 43%. Ini dimungkinkan karena tikus jantan memiliki mobilitas yang lebih tinggi daripada tikus betina. Tikus jantan mampu menjelajahi di luar jangkauan tempat tinggalnya. Apabila disekitar rumah sudah terdapat tikus spesies lain, tikus jantan akan mencari tempat tinggal yang lain. Kurangnya makanan yang tersedia dan untuk menemukan pasangan juga merupakan faktor yang menyebabkan tikus jantan sering berkeliaran di rumah dan di sekitar rumah (Desi Rini Astuti, 2013).

Hasil pemeriksaan PCR menunjukkan terdapat 2 (dua) ekor tikus yang positif terinfeksi *Leptospira* patogenik. Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa dua variabel, yaitu spesies tikus dan jenis kelamin, tidak menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap infeksi *Leptospira* patogenik pada tikus (tabel 1). Meskipun tidak menunjukkan hubungan, keberadaan tikus yang tertangkap di pemukiman padat penduduk masih perlu mendapat perhatian dikarenakan ditemukan adanya tikus yang positif *Leptospira* patogenik. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa spesies tikus yang sering terinfeksi oleh

*Leptospira* patogenik adalah *Rattus tanezumi* dan *Rattus norvegicus* (Loan *et al.*, 2015; Ristiyanto *et al.*, 2015; Setiyani, Martini and Saraswati, 2018).

**Tabel 1.** Hasil tikus yang tertangkap di lokasi penelitian, hasil pemeriksaan laboratorium, dan hasil analisis bivariat berdasarkan spesies dan jenis kelamin tikus pada tahun 2020

Variabel	Hasil PCR						95% CI	Ket.
	N	Positif	%	Negatif	%	p value		
<b>Spesies tikus</b>								
- <i>Rattus tanezumi</i>	21	1	4,8	20	95,2	0,579	0,125-39,638	Tidak sig.
- <i>Rattus norvegicus</i>	10	1	10,0	9	90			
<b>Jenis kelamin</b>								
- Jantan	16	1	6,2	15	93,8	0,962	0,061-18,820	Tidak sig.
- Betina	15	1	6,7	14	93,3			

Catatan : \*p-value <0,05 signifikan

Tikus yang terinfeksi oleh *Leptospira* patogenik di pemukiman manusia dapat menyebarkan infeksi ke manusia dan lingkungan. Penelitian sebelumnya di Yogyakarta menyatakan bahwa seseorang memiliki risiko leptospirosis 1,727 kali lebih tinggi jika ada lebih dari 5 (lima) tikus di sekitar rumah. Studi lain menunjukkan bahwa orang yang sering kontak dengan tikus memiliki risiko 13,9 kali lebih tinggi untuk mendapatkan hasil IgG *Leptospira* positif daripada orang yang jarang/tidak pernah kontak dengan tikus, sehingga ini dapat menjadi faktor penting dalam penyebaran *Leptospira* patogenik ke manusia (Brockmann *et al.*, 2016).

Dari hasil pemeriksaan faktor lingkungan abiotik, Dari hasil analisis bivariat, faktor lingkungan abiotik semua variabelnya tidak menunjukkan hubungan yang signifikan terhadap infeksi *Leptospira* patogenik di tikus (tabel 2).

**Tabel 2.** Distribusi tikus positif *Leptospira* patogenik dan hasil analisis bivariat berdasarkan parameter lingkungan di lokasi penelitian 2020

Parameter lingkungan	Hasil PCR					p value	95%CI	Ket.
	N	Positif	%	Negatif	%			
<b>pH air</b>								
Optimal	7	0	0	7	100	0,274	0,937-1,490	Tidak sig.
Tidak optimal	13	2	15,4	11	84,6			
<b>Suhu air</b>								
Optimal	8	1	12,5	7	87,5	0,762	0,034-11,909	Tidak sig.
Tidak optimal	12	1	8,3	11	91,7			
<b>Suhu Udara</b>								
Optimal	13	1	7,7	12	92,3	0,644	0,106-37,830	Tidak sig.
Tidak optimal	7	1	14,3	6	85,7			
<b>Kelembaban udara</b>								
Optimal	16	1	6,3	15	93,7	0,299	0,240-104,147	Tidak sig.

Tidak optimal            4     1            25   3            75

---

Catatan : \*p-value <0,05 signifikan

Keberadaan dan kelangsungan hidup bakteri *Leptospira* di lingkungan dipengaruhi oleh faktor abiotik. Meskipun faktor lingkungan abiotik tidak memiliki hubungan secara statistik, perlu tetap dilakukan kewaspadaan. Manusia dapat terinfeksi *Leptospira* patogenik dari lingkungan yang terkontaminasi. Kehadiran *Leptospira* patogenik dapat ditemukan dalam berbagai kondisi lingkungan. Hal ini tergantung pada beberapa hal seperti kondisi lokasi di masing-masing wilayah yang berbeda, keberadaan sumber media di lingkungan dan juga dipengaruhi oleh kondisi musiman di setiap lokasi. Interaksi berbagai faktor mempengaruhi kemampuan *Leptospira* untuk tetap hidup dan menjadi sumber infeksi di lingkungan. Kondisi abiotik di lingkungan, baik di air maupun di tanah, adalah salah satu faktor pendukung tersebut (Barragan *et al.*, 2017). *Leptospira* dapat hidup optimal di air dengan rentang pH air 7,0 - 7,4 dan pada suhu optimal berkisar antara 28°C - 30°C (Tangkanakul *et al.*, 2000). Kelembaban optimal untuk pertumbuhan *Leptospira* berkisar antara 76-90% (Arumsari, Sutiningsih and Hestiningih, 2012).

## **KESIMPULAN**

Kepadatan relatif tikus di lokasi penelitian tinggi berdasarkan hasil keberhasilan penangkapan tikus sebesar 15,5%. Berdasarkan analisis bivariat, faktor keberadaan tikus (spesies tikus dan jenis kelamin) dan faktor lingkungan abiotik (pH air, suhu air, suhu udara, dan kelembaban udara) tidak signifikan terhadap infeksi *Leptospira* patogenik pada tikus.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan vektor dan reservoir penyakit, Kepala Dinas Kesehatan Kabupaten Karanganyar beserta seluruh staf, kepala desa Gawan, kepala puskesmas Gawan bersama seluruh staf, peneliti dan teknisi B2P2VRP.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Adler, B. and Moctezuma, A. la P. (2010) 'Leptospira and leptospirosis', *Veterinary Microbiology*, pp. 287–296. doi: 10.1016/j.vetmic.2009.03.012.
- Allan, K. J. *et al.* (2015) 'Epidemiology of leptospirosis in Africa: A systematic review of a neglected zoonosis and a paradigm for "one health" in Africa', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 9(9), pp. 1–25. doi: 10.1371/journal.pntd.0003899.
- Arumsari, W., Sutiningsih, D. and Hestiningih, R. (2012) 'Analisis Faktor Lingkungan Abiotik yang Mempengaruhi Keberadaan Leptospirosis pada Tikus di Kelurahan Sambiroto, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 1(2), pp. 514–524.

- Balai Besar Litbang Vektor dan Reservoir Penyakit (2015) *Pedoman Pengumpulan Data Reservoir (Tikus) di Lapangan Riset Khusus Vektor dan Reservoir Penyakit*. Available at: <http://www.b2p2vrp.litbang.kemkes.go.id/publikasi/download/61>.
- Barragan, V. *et al.* (2017) 'Critical knowledge gaps in our understanding of environmental cycling and transmission of *Leptospira* spp.', *Applied and Environmental Microbiology*, 83(19), pp. 1–10. doi: 10.1128/AEM.01190-17.
- Benacer, D. *et al.* (2016) 'Determination of *Leptospira borgpetersenii* serovar Javanica and *Leptospira interrogans* serovar Bataviae as the persistent *Leptospira* serovars circulating in the urban rat populations in Peninsular Malaysia', *Parasites and Vectors*, 9(1), pp. 1–11. doi: 10.1186/s13071-016-1400-1.
- Bierque, E. *et al.* (2020) 'A systematic review of *Leptospira* in water and soil environments', *PLoS ONE*, 15(1), pp. 1–22. doi: 10.1371/journal.pone.0227055.
- Brockmann, S. O. *et al.* (2016) 'Risk factors for human *Leptospira* seropositivity in South Germany', *SpringerPlus*, 5(1), pp. 2–8. doi: 10.1186/s40064-016-3483-8.
- Costa, F. *et al.* (2015) 'Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 17(September), pp. 1–19. doi: 10.1371/journal.pntd.0003898.
- Desi Rini Astuti (2013) 'Keefektifan Rodentisida Racun Kronis Generasi II Terhadap Keberhasilan Penangkapan Tikus', *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), pp. 183–189.
- Feng, A. Y. T. and Himsworth, C. G. (2014) 'The secret life of the city rat: A review of the ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*)', *Urban Ecosystems*, 17(1), pp. 149–162. doi: 10.1007/s11252-013-0305-4.
- Kemkes RI (2017) 'Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 50 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan dan Persyaratan Kesehatan Untuk Vektor dan Binatang Pembawa Penyakit serta Pengendaliannya.', *Berita Negara Republik Indonesia*, pp. 1–83. doi: DOI:
- Lau, C. L. *et al.* (2016) 'Human Leptospirosis Infection in Fiji: An Eco-epidemiological Approach to Identifying Risk Factors and Environmental Drivers for Transmission', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(1), pp. 1–25. doi: 10.1371/journal.pntd.0004405.
- Loan, H. K. *et al.* (2015) 'How important are rats as vectors of leptospirosis in the mekong delta of vietnam?', *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 15(1), pp. 56–64. doi: 10.1089/vbz.2014.1613.
- Maniihah, G., Raharjo, M. and Astorina, N. (2016) 'Faktor lingkungan yang berhubungan dengan kejadian leptospirosis di kota semarang', *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(3), pp. 792–798.
- Mendoza, M. V. and Rivera, W. L. (2019) 'Identification of *Leptospira* spp. from environmental sources in areas with high human leptospirosis incidence in the Philippines', *Pathogens and Global Health*, 113(3), pp. 109–116. doi: 10.1080/20477724.2019.1607460.
- Mwachui, M. A. *et al.* (2015) 'Environmental and Behavioural Determinants of Leptospirosis Transmission: A Systematic Review', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, September(17), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pntd.0003843.
- Ristiyanto *et al.* (2015) 'Prevalensi tikus terinfeksi *Leptospira interrogans* di Kota Semarang, Jawa Tengah', *Vektora*, 7(2), pp. 85–92.
- Samekto, M. *et al.* (2019) 'Faktor-Faktor yang Berpengaruh terhadap Kejadian Leptospirosis (Studi Kasus Kontrol di Kabupaten Pati)', *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 4(1), pp. 27–34. doi: 10.14710/jekk.v4i1.4427.

- Schneider, A. G. *et al.* (2018) 'Quantification of pathogenic *Leptospira* in the soils of a Brazilian urban slum', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(4), pp. 1–15. doi: 10.1371/journal.pntd.0006415.
- Setiyani, E., Martini, M. and Saraswati, L. D. (2018) 'The Presence of Rat and House Sanitation Associated with *Leptospira* sp. Bacterial Infection in Rats (A Cross Sectional Study in Semarang, Central Java Province, Indonesia)', in *E3S Web of Conferences*, pp. 1–4. doi: 10.1051/e3sconf/20183106008.
- Sumanta, H. *et al.* (2015) 'Spatial Analysis of *Leptospira* in Rats, Water and Soil in Bantul District Yogyakarta Indonesia', *Open Journal of Epidemiology*, 5(1), pp. 22–31.
- Tangkanakul, W. *et al.* (2000) 'Risk factors associated with leptospirosis in Northeastern Thailand, 1998', *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 63(3–4), pp. 204–208. doi: 10.4269/ajtmh.2000.63.204.
- Thibeaux, R. *et al.* (2017) 'Seeking the environmental source of Leptospirosis reveals durable bacterial viability in river soils', *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 11(2), pp. 1–14. doi: 10.1371/journal.pntd.0005414.
- Tung, K. C. *et al.* (2013) 'Study of the endoparasitic fauna of commensal rats and shrews caught in traditional wet markets in Taichung City, Taiwan', *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 46(2), pp. 85–88. doi: 10.1016/j.jmii.2012.01.012.
- Widiastuti, D. *et al.* (2016) 'Identification of Pathogenic *Leptospira* in Rat and Shrew Populations Using *rpoB* Gene and Its Spatial Distribution in Boyolali District', *Kesmas: National Public Health Journal*, 11(1), pp. 32–38. doi: 10.21109/kesmas.v11i1.798.