

## Research Article

# Pemetaan daerah kerawanan penyakit leptospirosis melalui metode *geographically weighted zero inflated poisson regression*

*Mapping leptospirosis vulnerable areas through a geographically weighted zero-inflated poisson regression*

Agus Salim Arsyad<sup>1</sup> & Hari Kusnanto<sup>1</sup>

**Dikirim:**

25 April 2018

**Diterbitkan:**

25 Juli 2018

### Abstract

**Purpose:** Gunung Kidul Health Office reported an increase of leptospirosis cases in 2017. There are many zero values in the data count, so the mean and variance values must not be met. Zero-Inflated Poisson regression is used for modeling data counts that are mostly zero. The study aims to map leptospirosis vulnerable areas. **Method:** A total of 144 villages were analyzed. The independent variables were percentages in paddy fields, residential land, settlement distance to rivers, population density, soil texture, altitude, and rainfall. The dependent variable was the number of leptospirosis cases in each village from 2011 to 2017. **Results:** The average of leptospirosis cases was 0.6 and the variance was 3.4. Observation data with value of zero was 81%. The Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression test was better than Zero-Inflated Poisson multivariate regression in mapping of leptospirosis vulnerable areas. The model brought up local variables in the percentage of paddy fields, percentage of residential land, percentage of settlement distance to river, place height, and rainfall and global variables in the form of population density and soil texture (R-Square = 55.9%). This vulnerability modeling was appropriate based on disease distribution and level of vulnerability. Only 5.5% of leptospirosis cases in the area were not vulnerable. **Conclusion:** The sentinel leptospirosis surveillance system should be applied in areas prone to early detection of leptospirosis cases.

**Keywords:** leptospirosis; mapping; vulnerability; count data; Geographically Weighted Zero Inflated Poisson Regression

<sup>1</sup>Departemen Biostatistik, Epidemiologi dan Kesehatan Populasi, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada (Email: harahara.nai@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Leptospirosis termasuk infeksi zoonosis dari bakteri (*spirochaeta*) dari genus leptospira. Leptospirosis pada manusia menyebabkan kerusakan hepar, ginjal, dan sistem saraf pusat. Manusia terpapar jika kontak air, tumbuhan atau tanah yang tercemar urin hewan terinfeksi (1). *Leptospira* hidup lama di air sehingga menjadi sumber penularan. *Leptospira* hidup dan bereproduksi di lingkungan yang lembab, suhu 25° C, dan pH netral. Sementara cuaca kering, sinar matahari kuat, air dan pH diatas 8,0 kurang mendukung pertumbuhan leptospira (2).

Leptospirosis merupakan masalah kesehatan masyarakat di negara iklim tropis dan sedang (3). Penyakit ini endemis di area kumuh dan di daerah dengan populasi petani atau pekerja yang kontak dengan air atau tanah. Leptospirosis mengancam jiwa dan menimbulkan banyak kerugian. Data mortalitas, morbiditas, dan kerugian ekonomi akibat leptospirosis masih minim sehingga sering disebut penyakit yang terabaikan atau *neglected infectious diseases* (4).

Insiden leptospirosis di negara iklim sedang antara 0,1- 1 kejadian setiap 100.000 penduduk, sedangkan negara iklim tropis antara 10-100 kejadian setiap 100.000 penduduk. Insiden meningkat jika terjadi wabah pada kelompok risiko tinggi (5). *International leptospirosis society* menyatakan Indonesia sebagai negara yang memiliki insiden leptospirosis tertinggi. Laporan insidensi dipengaruhi ketersediaan perangkat laboratorium diagnostik, indeks kecurigaan klinik, dan insiden penyakit. Puncak kasus di negara iklim sedang terjadi pada musim panas dan musim gugur, sementara insiden tertinggi di negara tropis pada musim hujan (5,6).

Dinas Kesehatan Kabupaten Gunung Kidul melaporkan peningkatan kasus leptospirosis di 2017. Sebanyak 64 kasus leptospirosis tersebar di delapan kecamatan, Gedangsari, Patuk, Nglipar, Ngawen, Semin, Ponjong, Tanjungsari, dan Semanu. Sebelas kasus diantaranya meninggal dengan *case fatality rate* (CFR) 17,2%. Keterlambatan deteksi dini menjadi faktor penting CFR tinggi.

Kajian sektor kesehatan selama ini hanya bertumpu pada data demografi, laporan dari Puskesmas, rumah sakit atau klinik, dan data sosial ekonomi yang belum memperhatikan spasial (7). Penelitian tentang pemodelan spasial leptospirosis telah banyak dilakukan. Studi dari Widayani *et al.* menggunakan metode *Geographically Weighted Regression* (GWR) untuk pemetaan daerah rawan leptospirosis di Kabupaten Bantul (8)

Laporan leptospirosis di Kabupaten Gunung Kidul berupa data *count* akibat keragaman populasi. Oleh karena itu penelitian ini mengembangkan pemodelan leptospirosis melalui metode regresi *Zero Inflated Poisson* (ZIP) dengan memperhitungkan faktor spasial atau *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression* (GWZIPR) (9). Pemodelan daerah kerawanan leptospirosis

untuk memetakan Puskesmas yang membutuhkan surveilans sentinel leptospirosis.

## METODE

Sebanyak 144 desa dianalisis. Penelitian ini menggunakan data penggunaan lahan, ketinggian, tekstur tanah, dan jarak permukiman terhadap sungai dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2010 sampai 2030, data kepadatan penduduk dari Badan Pusat Statistik (BPS), data curah hujan dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Yogyakarta, dan data tekstur tanah dari hasil turunan data jenis tanah dengan mempertimbangkan penggunaan lahan.

Data diuji multikolinearitas sebelum pemodelan dengan multivariat regresi ZIP dan GWZIPR. Uji *Koenker Basset* berguna untuk mengetahui heterogenitas spasial. Jika tidak ada heterogenitas spasial maka tidak dilakukan pemodelan dengan GWZIPR. Pemilihan model terbaik dari nilai AIC terkecil. Uji multikolinearitas memastikan tidak terjadi multikolinearitas pada tujuh variabel prediktor. Semua variabel prediktor memiliki nilai VIF < 10.

## HASIL

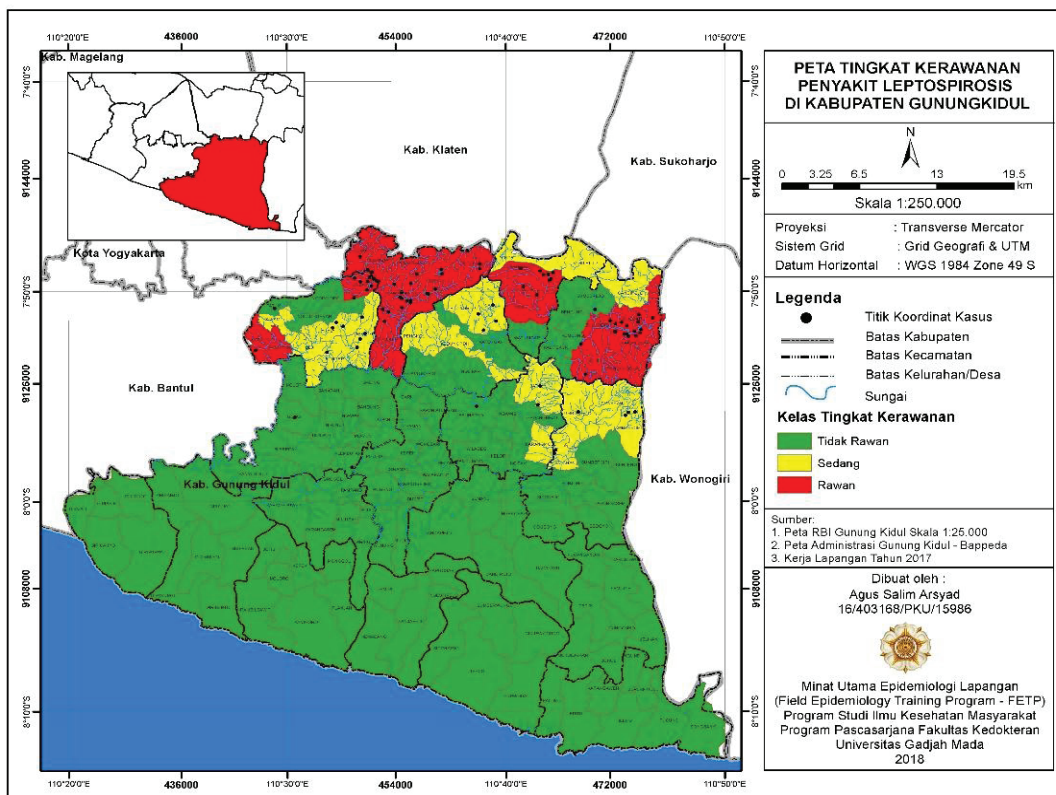
Pemodelan kasus leptospirosis dengan multivariat regresi ZIP tersaji pada Tabel 1. Variabel persentase lahan sawah, persentase lahan permukiman, persentase jarak permukiman terhadap sungai, dan tekstur tanah signifikan pada model ln (parameter  $\beta$ ). Sedangkan pada model logit (parameter  $\gamma$ ) hanya dimasukkan tiga variabel prediktor, persentase lahan sawah, ketinggian tempat, curah hujan. Ketiga variabel prediktor tersebut di model logit tidak ada yang signifikan. Nilai AIC pada pemodelan regresi ZIP adalah 196,3436. Berikut ini persamaan pemodelan regresi ZIP kasus leptospirosis.

$$\begin{aligned} \ln = & \text{EXP} (-5,59284 + 0,06727 (\text{persentase lahan sawah}) \\ & - 0,07516 (\text{persentase lahan permukiman}) + 0,12198 \\ & (\text{persentase jarak permukiman terhadap sungai}) + \\ & 0,01850 (\text{kepadatan penduduk}) + 3,60019 (\text{tekstur} \\ & \text{tanah}) + 0,07038 (\text{ketinggian tempat}) - 0,37577 (\text{curah} \\ & \text{hujan}). \end{aligned}$$

Tabel 1 menginterpretasikan model ln, (1) setiap kenaikan 1% lahan sawah maka melipatkan rata-rata jumlah kasus leptospirosis sebesar  $\exp(0,07) = 1,1$  kali, (2) setiap kenaikan 1% lahan permukiman maka melipatkan rata-rata jumlah kasus leptospirosis sebesar  $\exp(-0,07) = 0,9$  kali, (3) setiap kenaikan 1% jarak permukiman terhadap sungai maka melipatkan rata-rata jumlah kasus leptospirosis sebesar  $\exp(0,12) = 1,13$  kali, (4) tekstur tanah halus maka melipatkan rata-rata jumlah kasus leptospirosis sebesar  $\exp(3,60) = 36,61$  kali dibanding tekstur tanah sedang dan kasar.

Tabel 1. Taksiran multivariat regresi ZIP

Parameter	Taksiran	Standard Error	Z	P-Value
$\beta_0$	-5,59284	1,56949	-3,563	0,000366
$B_1$ (persentase lahan sawah)	0,06727	0,01797	3,743	0,000182
$B_2$ (persentase lahan permukiman)	-0,07516	0,02495	-3,012	0,002595
$B_3$ (persentase jarak permukiman terhadap sungai)	0,12198	0,04116	2,964	0,003041
$B_4$ (kepadatan penduduk)	0,01850	0,02029	0,912	0,361863
$B_5$ (tekstur tanah)	3,60019	0,80512	4,472	7,76e-06
$B_6$ (ketinggian tempat)	0,07038	0,29383	0,240	0,810706
$B_7$ (curah hujan)	-0,37577	0,2551	-1,488	0,136721
$\hat{Y}_0$	-0,110669	1,813758	-0,061	0,9513
$\hat{Y}_1$ (sawah)	-0,005447	0,059248	-0,092	0,9267
$\hat{Y}_2$ (ketinggian tempat)	-1,585358	0,919027	-1,725	0,0845
$\hat{Y}_3$ (curah hujan)	1,175052	0,877162	1,340	0,1804



Gambar 1. Peta kerawanan leptospirosis metode GWZIPR

Penelitian ini menemukan tidak ada variabel yang signifikan pada model logit. Hanya 55,91% variabel respon dijelaskan variabel prediktor. Nilai AIC pada pemodelan GWZIPR memiliki rentang nilai 80.319-133.21. Berikut contoh persamaan model kerawanan leptospirosis di Desa Sawahan,

$$\ln = \text{EXP} (-5,34759 + 0,084158 (\text{persentase lahan sawah}) - 0,06875 (\text{persentase lahan permukiman}) + 0,128058 (\text{persentase jarak permukiman terhadap sungai}) + 0,02056 (\text{kepadatan penduduk}) + 3,1176 (\text{tekstur tanah}) + 0,207706 (\text{ketinggian tempat}) - 0,51074 (\text{curah hujan}))$$

Gambar 1 menunjukkan peta sebaran wilayah kerawanan leptospirosis. Sebagian besar luas wilayah

terkategori tidak rawan (115887 Ha), sementara luas wilayah rawan mencapai 14969 Ha.

## BAHASAN

Setiap perubahan 1% lahan sawah maka meningkatkan jumlah rata-rata kasus leptospirosis. Tikus adalah reservoir utama untuk penyebaran leptospira di sawah. Leptospira berada di air yang terkontaminasi urin tikus dengan bakteri leptospira (10). Tikus bereproduksi cepat sehingga kepadatan populasi tinggi di sawah (11). Sawah merupakan tempat favorit untuk kelangsungan hidup tikus karena terdapat sumber makanan yang cukup (10).

Kajian faktor risiko penyakit di BBTKL Yogyakarta di Kecamatan Semin Kabupaten Gunung Kidul tahun 2017

menemukan bakteri leptospira patogen di ginjal tikus (12). Isfandyari melaporkan peningkatan kasus pada bulan Januari-April 2017 (13). Sebagian besar kasus leptospirosis terjadi pada petani. Setiap perubahan 1% lahan permukiman maka mengurangi jumlah rata-rata kasus leptospirosis. Jika perubahan tata guna lahan sawah menjadi pemukiman maka mengurangi lahan sawah sebagai habitat favorit tikus dan mengurangi jumlah petani sebagai kelompok yang berisiko terhadap leptospirosis.

Persentase jarak permukiman terhadap sungai merupakan faktor risiko kejadian leptospirosis, semakin dekat jarak rumah terhadap sungai meningkatkan risiko leptospirosis. Sungai tergenang dekat pemukiman sebagai faktor risiko karena habitat reservoir (14). Persentase jarak permukiman terhadap sungai dengan radius  $\leq 100$  meter secara statistik signifikan di uji multivariat regresi ZIP. Robertson *et al.* menyatakan korelasi yang positif antara peningkatan kasus leptospirosis dengan kedekatan jarak rumah terhadap sungai (15). Ferreira *et al.* menjelaskan bahwa kasus leptospirosis berhubungan dengan kedekatan jarak pemukiman dari sungai (16). Lau *et al.* mengemukakan temuan serupa, rumah yang memiliki jarak kurang dari atau sama dengan 100 meter dengan sungai maka berisiko 1,41 kali lebih besar terpapar leptospira dibanding rumah yang berjarak lebih dari 100 meter dari sungai (17).

Kepadatan penduduk tidak signifikan secara statistik di uji multivariat regresi ZIP. Temuan ini didukung penelitian dari Schneider *et al.*, tidak ada hubungan secara spasial dan statistik antara kepadatan penduduk dengan kejadian leptospirosis (18). Kepadatan penduduk yang tinggi dengan sanitasi yang buruk merupakan faktor risiko leptospirosis. Penelitian Oliveira *et al.* menemukan kasus lebih terkonsentrasi di kota karena pemukiman tidak teratur, kepadatan penduduk tinggi, dan sanitasi buruk (19).

Tekstur tanah merupakan faktor utama dalam kerentanan wilayah terhadap leptospirosis. Jenis tanah *rendzina*, *litosol*, campuran latosol merah dengan *litosol*, dan *grumusol* hitam merupakan jenis tanah dengan tekstur halus sedangkan jenis tanah campuran *litosol* dengan mediteran merah dan campuran mediteran merah dengan *rendzina* merupakan jenis tanah dengan tekstur sedang dan kasar. Komposisi tanah dan karakteristik drainase tanah merupakan faktor penting yang memengaruhi leptospirosis (20). Tanah dengan kandungan air 71% atau lebih merupakan habitat yang cocok untuk leptospira, sedangkan tanah dengan kandungan air kurang dari atau sama dengan 20% bakteri leptospira tidak akan bertahan hidup (21,22). Leptospira bertahan di tanah yang basah pada musim kering dan muncul di permukaan air pada musim hujan. Berdasarkan hal ini, tanah dapat dianggap sebagai reservoir leptospira di lingkungan dan faktor yang relevan dalam penularan penyakit. Selain itu, drainase

tanah dapat mempengaruhi kemungkinan genangan air permukaan setelah hujan (20,22). Rood *et al* di Belanda menunjukkan bahwa leptospirosis dikaitkan dengan tingginya cakupan tanah lempung (23).

Ketinggian tempat tidak signifikan di uji multivariat regresi ZIP. Sebanyak 68,8% kasus di ketinggian 200-400 mdpl karena penggunaan lahan sawah lebih besar di daerah tersebut. Sebelumnya diketahui sawah merupakan faktor risiko kejadian leptospirosis. Berbeda dari penelitian Rahmawati *et al.*, di Kulon Progo, sebagian besar kasus di ketinggian 0-100 mdpl (24). Mayoritas kasus terjadi di dataran rendah karena banyak air menggenang sebagai media transmisi.

Curah hujan tidak signifikan di uji multivariat regresi ZIP. Sebanyak 56,6% kasus pada curah hujan 1000-2000 mm/thn dan sisanya pada curah hujan lebih dari 2000 mm/thn. Penelitian Robertson *et al.*, tidak menemukan korelasi antara curah hujan dengan peningkatan leptospirosis, sementara peningkatan kasus dilaporkan meningkat dramatis (15). Curah hujan memengaruhi leptospirosis, namun curah hujan tinggi tidak selalu menyebabkan risiko leptospirosis karena faktor lokal lain seperti drainase tanah (20).

Pemodelan matematika yang baik ditunjukkan dari nilai AIC terkecil. Jika perbedaan nilai AIC kedua model kurang dari atau sama dengan dua maka tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua model (25). Nilai AIC untuk pemodelan multivariat regresi ZIP adalah 196,3436 dan nilai AIC untuk pemodelan GWZIPR adalah 80,319-133,21. Perbedaan nilai AIC antara multivariat regresi ZIP dan model GWZIPR lebih dari dua sehingga disimpulkan ada perbedaan antara kedua model. Pemodelan metode GWZIPR lebih baik dalam memetakan kerawanan leptospirosis berdasarkan nilai AIC terkecil. Pemodelan daerah kerawanan leptospirosis Kabupaten Gunung Kidul dikategori tiga kelas. Kerawanan tinggi dan sedang di daerah yang memiliki tekstur tanah halus dan jumlah persentase sawah tinggi. Temuan ini sesuai dengan tekstur tanah halus dan sawah merupakan faktor risiko utama leptospirosis. Wilayah tidak rawan didominasi Pegunungan Seribu (daerah karst) dan Plateau Wonosari. Daerah tidak rawan berada di daerah yang tidak menggunakan lahan sawah dan tekstur tanah kasar tidak menyimpan air. Bakteri leptospirosis tidak mampu bertahan pada kondisi tanah dengan kandungan air kurang dari 20%. Hasil pemodelan kerawanan sudah sesuai jika dilihat dari distribusi penyakit dengan tingkat kerawanan, hanya 5,55% kasus leptospirosis di daerah tidak rawan. Walaupun sudah sesuai tetapi memperhatikan nilai *R-Square* hanya 55,91% yang berarti hanya 55,91% variabel respon dijelaskan oleh variabel prediktor dan sisanya 44,09% dijelaskan oleh variabel di luar model. Rendahnya nilai *R-Square* berdampak pada akurasi dalam menentukan prediksi. Kejanggalaan terdapat pada wilayah tidak rentan yang berada di

Kecamatan Patuk Desa Nglanggeran, Patuk, Ngoro-oro yang dikelilingi oleh desa-desa dengan tingkat kerawanan yang rawan dan sedang. Hal tersebut juga terjadi Desa Sumberejo, Bendung Kemejing, Kalitekuk, Watusigar, Katongan. Kejanggalan terjadi karena proses generalisasi karena unit pemetaan berupa unit administrasi desa. Oleh sebab itu, rekomendasi untuk penelitian selanjutnya mengenai pemodelan daerah kerawanan leptospirosis sebaiknya menggunakan SMCE, *Neural Network*, dan logika *Fuzzy*.

Wilayah zona rawan harus menjadi perhatian serius pemerintah daerah dan masyarakat di sekitar wilayah tersebut karena angka CFR leptospirosis tahun 2017 di Kabupaten Gunung Kidul mencapai 17,8%. Pemerintah tidak hanya Dinas Kesehatan Kabupaten Gunung Kidul tetapi pihak terkait yang relevan dalam pengendalian penyakit leptospirosis seperti Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Gunung Kidul. Pengendalian leptospirosis sebaiknya mengacu kepada konsep *One Health* yang mengedepankan upaya kolaboratif dari berbagai disiplin untuk mencapai kesehatan yang optimal bagi manusia, hewan, dan lingkungan. Penanganan dan intervensi leptospirosis harus diprioritaskan pada zona-zona tertentu yang merupakan daerah dengan klasifikasi sedang dan rawan. Peran sentral secara teknis dalam dalam deteksi dini kasus leptospirosis merupakan peran dari Dinas Kesehatan Kabupaten Gunung Kidul dan Puskesmas. Dinas Kesehatan Kabupaten Gunung Kidul sebaiknya menerapkan sistem surveilans sentinel di daerah dengan

klasifikasi sedang dan rawan untuk mencegah CFR yang tinggi dari leptospirosis. Surveilans sentinel diharapkan mampu mendeteksi kasus leptospirosis secara dini dengan menggunakan RDT atau dengan membuat definisi kasus leptospirosis yang sesuai dengan kondisi kondisi daerah setempat. Deteksi dini leptospirosis diharapkan mampu mencegah tingginya CFR dari leptospirosis.

## SIMPULAN

Persentase penggunaan lahan sawah, persentase penggunaan lahan permukiman, persentase jarak permukiman terhadap sungai, dan tekstur tanah menentukan kejadian leptospirosis. Ada perbedaan antara pemodelan multivariat regresi ZIP dengan GWZIPR jika dilihat dari selisih nilai AIC lebih dari sama dengan dua. Pemodelan kerawanan leptospirosis menggunakan GWZIPR lebih baik daripada multivariat regresi ZIP.

Penelitian tentang pemodelan kerawanan leptospirosis di Kabupaten Gunung Kidul diharapkan dengan metode yang lain dan menambahkan variabel prediktor agar lebih akurat dalam menentukan zona rawan leptospirosis. Sistem surveilans sentinel leptospirosis sebaiknya diterapkan di daerah-daerah rawan dengan mempertimbangkan tekstur tanah halus (*rendzina*, *litosol*, campuran latosol merah dengan *litosol*, dan *grumusol* hitam), ada persentase lahan persawahan, dan persentase jarak permukiman terhadap sungai.

---

### Abstrak

**Tujuan:** Dinas Kesehatan Kabupaten Gunung Kidul melaporkan peningkatan kasus leptospirosis di 2017. Karena banyak nilai nol di data count, maka harus kesamaan nilai *mean* dan *variance* tidak terpenuhi. Regresi *Zero-Inflated Poisson* digunakan untuk pemodelan data *count* yang sebagian besar bernilai nol. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah kerawanan leptospirosis. **Metode:** Sebanyak 144 desa dianalisis. Variabel bebas adalah persentase dalam lahan sawah, lahan permukiman, jarak permukiman terhadap sungai, kepadatan penduduk, tekstur tanah, ketinggian tempat, dan curah hujan. Variabel terikat adalah jumlah kejadian leptospirosis di setiap desa selama 2011 sampai 2017. **Hasil:** Rata-rata kasus leptospirosis adalah 0,6 dan variansnya 3,4. Data observasi dengan nilai nol adalah 81%. Uji GWZIPR lebih baik dalam memodelkan kerawanan leptospirosis dibanding multivariat regresi ZIP. Model memunculkan variabel lokal berupa persentase lahan sawah, persentase lahan permukiman, persentase jarak permukiman terhadap sungai, ketinggian tempat, dan curah hujan dan variabel global berupa kepadatan penduduk dan tekstur tanah (*R-Square* = 55,9%). Pemodelan kerawanan ini sudah sesuai berdasarkan distribusi penyakit dan tingkat kerawanan. Hanya 5,5% kasus leptospirosis di daerah tidak rawan. **Simpulan:** Sistem surveilans sentinel leptospirosis sebaiknya diterapkan di daerah-daerah yang rawan untuk deteksi dini kasus leptospirosis.

**Kata kunci:** leptospirosis; pemetaan; kerawanan; *count data*; *Geographically Weighted Zero-Inflated Poisson Regression*

---

## PUSTAKA

1. Anonim. *Pedoman aplikasi hard skill one health: bab manajemen penyakit infeksi*. Indohun National Coordinating Office, 2014.
2. 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 Journal of Epidemiology*. 2015;05(01): 22–31.
3. Jha S, Ansari MK. Leptospirosis presenting as acute meningoencephalitis. *Journal of infection in developing countries*. 2010;4(3): 179–182.
4. Costa F, Hagan JE, Calcagno J, Kane M, Torgerson P, Martinez-Silveira MS, et al. Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. *PLoS neglected tropical diseases*. 2015;9(9): e0003898.
5. Anonim. *Leptospirosis situation in the WHO South-East Asia region*. World Health Organization, 2009.
6. Direktorat Pengendalian Penyakit Dan. *Buku Pedoman Penyelidikan dan Penanggulangan Kejadian Luar Biasa Penyakit Menular dan Keracunan Pangan*. Kementerian Kesehatan; 2011.
7. Widayani P. *Pemodelan Spasial Kerentanan Wilayah Terhadap Penyakit Menular Terkait Lingkungan Berbasis Penginderaan Jauh (Kasus Malaria, Leptospirosis dan Tuberkulosis di Sebagian Wilayah Provinsi Jawa Tengah dan DIY)*. [Doktoral] Universitas Gadjah Mada; 2016.
8. Widayani P, Gunawan T, Danoedoro P, Mardihusodo SJ. Application of Geographically Weighted Regression for Vulnerable Area Mapping of Leptospirosis in Bantul District. *The Indonesian journal of geography*. 2017;48(2): 168.
9. Purhadi, Purhadi, Dewi YS, Amaliana L. Zero Inflated Poisson and Geographically Weighted Zero- Inflated Poisson Regression Model: Application to Elephantiasis (Filariasis) Counts Data. *Journal of Mathematics and Statistics*. 2015;11(2): 52–60.
10. Vedhagiri K, Natarajaseenivasan K, Prabhakaran SG, Selvin J, Narayanan R, Shouche YS, et al. Characterization of leptospira borgpetersenii isolates from field rats (*rattus norvegicus*) by 16s rRNA and lipL32 gene sequencing. *Brazilian journal of microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*. 2010;41(1): 150–157.
11. Fadzlina AS, Department of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine and Health Sciences, Serdang UPM, Selangor. Detection of PLC- $\alpha$  From Testis of *Rattus Argentiventer* (Rice Field Rat) Using RT-PCR and qRT-PCR. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 2013;8(3): 65–74.
12. Sumanta H, Sutopo M, N. K, Subagiyo N. *Kajian Faktor Risiko Penyakit Leptospirosis di Kabupaten Gunung Kidul Tahun 2017*. BBTCLP2 Yogyakarta, 2017.
13. Isfandyari A. *Laporan Penyelidikan Peningkatan Kasus Leptospirosis di Kabupaten Gunung Kidul Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2017*. [Master] Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan Universitas Gadjah Mada; 2017.
14. Rejeki DSS, Nurlaela S, Octaviana D. Pemetaan dan Analisis Faktor Risiko Leptospirosis. *Kesmas: National Public Health Journal*. 2013; 179.
15. Robertson C, Nelson TA, Stephen C. Spatial epidemiology of suspected clinical leptospirosis in Sri Lanka. *Epidemiology and infection*. 2012;140(4): 731–743.
16. Ferreira MC, Ferreira MFM. Influence of Topographic and Hydrographic Factors on The Spatial Distribution of Leptospirosis Disease in São Paulo County, Brazil: An Approach Using Geospatial Techniques and Gis Analysis. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*. 2016;
17. Lau CL, Watson CH, Lowry JH, David MC, Craig SB, Wynwood SJ, et al. Human Leptospirosis Infection in Fiji: An Eco-epidemiological Approach to Identifying Risk Factors and Environmental Drivers for Transmission. *PLoS neglected tropical diseases*. 2016;10(1): e0004405.
18. Schneider MC, Nájera P, Aldighieri S, Bacallao J, Soto A, Marquiño W, et al. Leptospirosis outbreaks in Nicaragua: identifying critical areas and exploring drivers for evidence-based planning. *International journal of environmental research and public health*. 2012;9(11): 3883–3910.
19. AssunçãoOliveira MA, AparecidaLealÉ, AssunçãoCorreia M, Filho JC, SouzaDias R, CarlosSerufo J. Human leptospirosis: occurrence of serovars of *Leptospira* spp. in the state of Minas Gerais, Brazil, from 2008 to 2012. *Brazilian journal of microbiology: [publication of the Brazilian Society for Microbiology]*. 2017;48(3).
20. Vega-Corredor M, Opadeyi J. Hydrology and public health: linking human leptospirosis and local hydrological dynamics in Trinidad, West Indies. *Earth Perspectives*. 2014;1(1): 3.
21. Henry RA, Johnson RC. Distribution of the genus *Leptospira* in soil and water. *Applied and environmental microbiology*. 1978;35(3).
22. Saito M, Villanueva SYAM, Chakraborty A, Miyahara S, Segawa T, Asoh T, et al. Comparative analysis of *Leptospira* strains isolated from environmental soil and water in the Philippines and Japan. *Applied and environmental microbiology*. 2013;79(2): 601–609.
23. Rood EJJ, Goris MGA, Pijnacker R, Bakker MI, Hartskeerl RA. Environmental risk of leptospirosis infections in the Netherlands: Spatial modelling of environmental risk factors of leptospirosis in the Netherlands. *PloS one*. 2017;12(10): e0186987.
24. Rahmawati. Analisis Spasial Kejadian Luar Biasa (KLB) Kasus Leptospirosis di Kabupaten Kulonprogo Tahun 2011. *BALABA*. 2013;9(2).
25. Cheng EMY, Atkinson PM, Shahani AK. Elucidating the spatially varying relation between cervical cancer and socio-economic conditions in England. *International journal of health geographics*. 2011;10: 51.