

Analisis spasial infeksi *Cryptosporidium* SPP terhadap penggunaan sumber air bersih pada balita stunting di Kabupaten Jember

Wiwien Sugih Utami¹, Ahmad Yudho Hadi Pangestu², Azham Purwandhono³, Achmad Maududie⁴, Yunita Armiyanti⁵, Bagus Hermansyah⁶

^{1,2,3,5,6} Fakultas Kedokteran, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia

⁴ Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia

Email koresponden: ahmadyudhohadipangestu59@gmail.com

Submitted: 2024-01-22 Revisions: 2024-09-11 Accepted: 2024-09-25 Published: 2024-09-25

©2024 Fakultas Geografi UGM dan Ikatan Geograf Indonesia (IGI)

©2024 by the authors and Majalah Geografi Indonesia.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons

Attribution(CC BY SA) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Abstrak. *Cryptosporidium spp.* adalah parasit intestinal yang secara global ditularkan melalui air (*waterborne diseases*), dengan banyak kejadian wabah di dunia yang dilaporkan terkait dengan sumber air konsumsi. Mayoritas penyakit ini tidak bergejala (*asimtomatis*) pada orang dewasa dengan rute penularan dari orang-ke-orang, hewan-ke-orang, melalui air dan makanan. Namun infeksi ini menyebabkan diare kronis hingga malnutrisi pada kelompok rentan yaitu balita dan merupakan faktor risiko terjadinya stunting. Salah satu media transmisi *Cryptosporidium spp.* adalah air bersih yang dikonsumsi dan digunakan sehari-hari. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis risiko sumber air bersih yang digunakan sehari-hari terhadap infeksi *Cryptosporidium spp.* pada balita *stunting* secara spasial di Kabupaten Jember. Penelitian ini dilakukan pada populasi balita stunting di Kecamatan Kaliwates, Panti, Rambipuji dan Sukorambi Kabupaten Jember menggunakan desain *cross sectional*. Analisis spasial *moran index* dan *nearest neighbor index* (NNI) digunakan untuk mengetahui pola persebaran infeksi *Cryptosporidium spp.* terhadap suatu wilayah. Uji *chi-square* dilakukan untuk mengetahui hubungan faktor risiko sumber air bersih dengan infeksi *Cryptosporidium spp.* Hasil penelitian menunjukkan bahwa 18 dari 528 (3,41%) balita *stunting* diketahui terinfeksi *Cryptosporidium spp.* Nilai *moran index* menunjukkan adanya pola persebaran mengelompok (*clustered*) dengan autokorelasi positif di Kecamatan Sukorambi sedangkan daerah lainnya memiliki pola yang acak (*random*). Hasil NNI di Kecamatan Sukorambi menunjukkan pola yang acak, sedangkan 3 kecamatan lain menunjukkan pola menyebar (*dispersed*). Jenis sumber air bersih menunjukkan korelasi terhadap infeksi *Cryptosporidium spp.* Pola spasial infeksi *Cryptosporidium spp.* di Kecamatan Sukorambi dan korelasinya dengan jenis sumber air bersih ini menunjukkan bahwa pola infeksi ini cenderung mengelompok (*clustered*) karena penggunaan sumber air bersih yang sama pada penduduk di kecamatan ini yaitu sumber mata air alami yang digunakan bersama-sama seluruh warga, meskipun jarak antar penggunanya tidak berdekatan atau acak sesuai hasil NNI. Di 3 kecamatan lain, pola spasial cenderung menyebar (*dispersed*) karena penggunaan sumber air yang berbeda dan tidak digunakan secara bersama-sama. Kesimpulan, infeksi *Cryptosporidium spp.* cenderung meningkat pada sumber air bersih yang digunakan secara bersama-sama. Perlu edukasi pada kelompok masyarakat agar mengolah dulu air yang digunakan sebelum dikonsumsi untuk mengurangi risiko penyebarannya.

Kata kunci: Stunting; Infeksi *Cryptosporidium spp.*; Analisis Spasial; Moran Index; Nearest Neighbor Index

Abstract. *Cryptosporidium spp.* are intestinal parasites that are transmitted worldwide by water (*waterborne disease*), with many of the reported outbreaks in the world associated with sources of drinking water. Most cases of the disease are asymptomatic in adults, and transmission is person-to-person, animal-to-person, waterborne, and foodborne. However, the infection causes chronic diarrhea and malnutrition in vulnerable children under the age of five and is a risk factor for stunting. One of the modes of transmission of *Cryptosporidium spp.* is through clean water, which is consumed and used daily. The study aimed to spatially analyze the risk of daily clean water sources on *Cryptosporidium spp.* infection among stunted children in Jember Regency. This study was conducted on a population of stunted young children in Kaliwates, Panti, Rambipuji and Sukorambi sub-districts of Jember Regency using a cross-sectional design. The Moran and NNI index were used to determine the distribution pattern of infection in a region. Chi-squared test was conducted to determine relationship between risk factors of clean water source and *Cryptosporidium spp.* It was found that 18 out of 528 (3.41%) stunted infants were known to have *Cryptosporidium spp.* infection. The Moran index value shows a clustered distribution pattern with positive autocorrelation in the Sukorambi sub-district, while the other areas show a random pattern. The results of the NNI in Sukorambi sub-district show a random pattern, and 3 other sub-districts show a dispersed pattern. The spatial pattern of *Cryptosporidium spp.* infection in Sukorambi subdistrict and its correlation with the type of clean water source shows that this infection pattern tends to cluster because the population in this subdistrict uses the same clean water source, natural springs, which are shared by all residents, although the distance between users is not close or random according to NNI results. In the other three sub-districts, the spatial pattern tends to be more dispersed due to the use of different water sources that are not shared. In summary, there is a tendency for the incidence of *Cryptosporidium spp.* to increase in shared water supplies. There is a need to educate community groups to treat the water they use prior to consumption in order to reduce the risk of its spread.

Keywords: Stunting, *Cryptosporidium spp.* infection, Spatial Analysis, Moran Index, Nearest Neighbor Index

PENDAHULUAN

Infeksi *Cryptosporidium spp.* merupakan infeksi parasit zoonosis yang menular melalui air dengan rute *fecal oral* kepada manusia maupun hewan akibat protozoa usus *Cryptosporidium spp.* (Maryanti, 2017; Tombang dkk., 2019; Wijayanti, 2017). Secara global, infeksi *Cryptosporidium spp.* menjadi penyebab 30-50% kematian dan etiologi kedua diare setelah rotavirus pada anak-anak (Khan dkk., 2019). Prevalensi infeksi *Cryptosporidium spp.* diperkirakan mencapai 154 ribu kasus dari 69 negara di dunia (Dong dkk., 2020). Di Rumah Sakit Kosti, Sudan, menunjukkan bahwa 19 dari 70 (27,1%) balita diare terinfeksi *Cryptosporidium spp.* (Khan dkk., 2019; Tamomh dkk., 2021). Pada studi terbaru, prevalensi infeksi *Cryptosporidium spp.* pada balita *stunting* di Desa Sugerkidul, Jember pada tahun 2023 mencapai 10% (Septian dkk., 2023).

Spesies *Cryptosporidium spp.* yang paling sering menginfeksi manusia adalah *Cryptosporidium parvum* dan *Cryptosporidium hominis* (Ryan, Zahedi, & Paparini, 2016). Berbagai faktor mampu menyebabkan infeksi terjadinya *Cryptosporidium spp.*, seperti faktor jenis sumber air bersih yang dikonsumsi dan digunakan sehari-hari (Korpe dkk., 2018; Wijayanti, 2017). Penelitian Khan dkk., (2019) dan Zheng dkk., (2018) menunjukkan bahwa jenis sumber air bersih yang digunakan sehari-hari berhubungan dengan adanya infeksi *Cryptosporidium spp.* Air bersih merupakan bagian penting dari masyarakat untuk kebutuhan minum, mandi, ataupun mencuci. Disisi lain, air merupakan media penularan utama *Cryptosporidium spp.* sehingga apabila terjadi kontaminasi sumber air dapat meningkatkan angka infeksi *Cryptosporidium spp.* Infeksi yang terjadi pada individu rentan yaitu individu dengan kondisi imunokompromis dan balita, mampu menyebabkan diare kronis dan malnutrisi. Diare kronis dan malnutrisi pada balita diduga memicu timbulnya keadaan *stunting* (Betancourt, 2019; Sutarto, Mayasari, & Indriyani, 2018).

Stunting merupakan keadaan dimana tinggi atau panjang badan anak tidak sesuai dengan umur mereka akibat kekurangan gizi kronis (Kemenkes RI, 2018). Presentase balita *stunting* di Indonesia berdasarkan hasil Studi Status Gizi Balita Indonesia (SSGBI) tahun 2022 mencapai 21,6% dan 19,2% balita di Jawa Timur juga mengalami *stunting*. Demikian pula Kabupaten Jember, menduduki presentase terbanyak balita *stunting* di Jawa Timur yaitu 34,9% yang masih belum sesuai dengan batas angka *stunting* menurut WHO yaitu 20% (Hamzah & B, 2020). Kondisi *stunting* mampu menyebabkan penurunan imunitas sehingga mempermudah terjadinya infeksi *Cryptosporidium spp.* baik simtomatik maupun asimtomatik dengan menunjukkan 2,69 kali (aOR 2,69 95% IK: 1,17-6,15) lebih sering pada anak *stunting* dibanding balita yang tidak mengalami *stunting* (Kemenkes RI, 2022).

Infeksi parasit usus dan *stunting* adalah dua hal yang saling berkaitan. Penelitian Yoseph & Beyene (2020) menunjukkan angka *stunting* pada balita dengan infeksi parasit usus sebanyak 59,4%. Penyakit infeksi parasit usus yang merupakan penyebab langsung terjadinya *stunting* dan paling sering menyerang anak-anak adalah diare yang merupakan salah satu penyakit yang menyumbangkan angka kesakitan dan angka kematian terbanyak di negara berkembang (Naghavi dkk., 2015). Anak yang sering terkena penyakit infeksi parasit usus lebih berisiko mengalami *stunting*, penyakit infeksi terutama yang menyerang saluran pencernaan seperti diare dapat menyebabkan hilangnya zat gizi secara langsung dan meningkatkan kebutuhan metabolik. Begitupun sebaliknya,

anak yang mengalami malnutrisi juga dapat meningkatkan risiko terkena penyakit infeksi. Selain menyebabkan diare kronis, infeksi parasit mampu menyebabkan adanya perubahan hormon. Balita yang mengalami infeksi parasit ditemukan memiliki kadar hormon leptin yang meningkat, hormon yang mengurangi nafsu makan. Akibatnya, balita akan merasa kenyang dan intake gizi tidak mencukupi kebutuhan harian. Gizi yang tidak terpenuhi ini akan memicu gangguan kesehatan yaitu *stunting*. Gangguan lain yang muncul adalah anemia dan perubahan flora normal pada sistem pencernaan balita (Gabain, Ramsteijn, & Webster, 2023). Tidak hanya itu, studi sistematis di Cambodia, Guatemala, dan Nepal menunjukkan adanya peningkatan presentase gangguan kesehatan di hari tua (DALYs) yang diakibatkan oleh infeksi *Cryptosporidium spp.* Infeksi ini menimbulkan efek jangka panjang seperti gangguan pertumbuhan atau *stunting*, gangguan kognitif hingga berpotensi menyebabkan gangguan metabolik dan kardiovaskular di masa tua (Khalil dkk., 2018). Berbagai dampak muncul akibat keadaan *stunting*, baik pada pertumbuhan anak, perkembangan kognitif, dan kerentanan kesehatan seorang anak. Oleh karena itu, infeksi *Cryptosporidium spp.* dan *stunting* berpotensi sebagai penyebab gangguan kesehatan dan sosial di masa depan sehingga perlu diatasi secara optimal.

Penanggulangan dan pencegahan penyakit seperti infeksi *Cryptosporidium spp.* dapat dilakukan jika mengetahui pola persebaran kasus infeksi melalui analisis spasial berbasis wilayah dalam bentuk sistem informasi Geografis (SIG) (Simbolon, Mutiara, & Lubis, 2019). Analisis spasial digunakan untuk mengetahui pola persebaran kasus infeksi *Cryptosporidium spp.* dan mengidentifikasi adanya kelompok berisiko tinggi infeksi *Cryptosporidium spp.* guna keperluan penanggulangan penyakit infeksi. Namun, masih belum banyak penelitian terkait analisis spasial terhadap infeksi *Cryptosporidium spp.* pada balita *stunting* di Indonesia khususnya di Kabupaten Jember. Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis risiko infeksi *Cryptosporidium spp.* terhadap penggunaan sumber air pada balita *stunting* secara spasial di Kabupaten Jember.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian *cross-sectional* digunakan pada penelitian ini. Penelitian dilaksanakan bulan September hingga Desember 2023 dengan populasi balita *stunting* di Kabupaten Jember. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik *probability sampling* yaitu *cluster sampling*. Teknik sampling ini menggunakan dua tahapan proses, yaitu tahap penentuan area sampel dan tahap penentuan subjek dalam area sampel. Peneliti menggunakan *number generator* untuk melakukan pengacakan dalam pengambilan area sampel. Tahap pertama, masing-masing kecamatan di Kabupaten Jember diberikan penomoran dan kemudian dilakukan pengacakan untuk menentukan area sampel. Area sampel terpilih ialah Kecamatan Kaliwates, Panti, Rambipuji, dan Sukorambi. Jumlah populasi balita *stunting* yang diketahui berdasarkan data puskesmas setempat dan Dinas Kesehatan Kabupaten Jember adalah 2.103 balita. Berdasarkan jumlah populasi tersebut, sampel didapatkan berdasarkan perhitungan menggunakan rumus *Lemeshow*, sejumlah 528 sampel balita *stunting* yang tersebar di Kecamatan Kaliwates, Panti, Rambipuji, dan Sukorambi. Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah alat *Global Positioning System* (GPS), aplikasi ArcGIS, aplikasi JMP, dan kuesioner penelitian. Titik koordinat lokasi responden didapatkan

melalui kunjungan langsung dan pendataan koordinat menggunakan GPS dengan format UTM 49. Pemeriksaan infeksi *Cryptosporidium spp.* dilakukan di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Jember, teknik diagnostik yang digunakan adalah metode modifikasi *zeihl-neelsen* untuk mendeteksi adanya ookista *Cryptosporidium spp.* pada feses balita. Pada penelitian ini variabel *independen* yang digunakan yaitu jenis sumber air bersih, sedangkan variabel terikat adalah infeksi *Cryptosporidium spp.* Penelitian ini sudah mendapat persetujuan etik yang diterbitkan oleh Fakultas Kedokteran Universitas Jember dengan nomor 1814/H25.1.11/KE/2023.

Analisis spasial yang digunakan pada penelitian ini adalah *moran index* yang digunakan untuk mengetahui autokorelasi spasial balita yang terinfeksi *Cryptosporidium spp.* di Kabupaten Jember. Nilai $-1 \leq I < 0$ menunjukkan adanya autokorelasi spasial negatif, sedangkan nilai $0 < I \leq 1$ menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif, nilai *moran index* nol mengindikasikan tidak berkelompok atau acak (Abdulhafedh, 2017). Analisis spasial lain yang digunakan adalah *nearest neighbor index* (NNI), untuk mengetahui pola persebaran kasus berdasarkan jarak antar kasus dan luas wilayah (Hazrin dkk., 2016). Jika nilai indeks kurang dari 1, maka pola persebaran menunjukkan adanya pengelompokan. Jika nilai indeks lebih besar dari 1, maka pola persebaran kasus cenderung menyebar (*dispersed*) dan nilai sama dengan atau mendekati 1 menunjukkan pola persebaran yang acak (*random*) (Ruliansyah, Yuliasih, Ridwan, & Kusnandar, 2017). Uji analisis spasial ini menggunakan aplikasi ArcGIS. Selain itu, uji *chi-square* dengan alternatif uji *fisher exact* dilakukan untuk mengetahui hubungan jenis sumber air bersih terhadap infeksi *Cryptosporidium spp.* menggunakan aplikasi statistik SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Gambar 1 memperlihatkan peta wilayah penelitian dan distribusi kasus infeksi *Cryptosporidium spp.* Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Jember yang secara astronomis terletak di Kecamatan Panti (LU -8.0034814, LS 113.6442701), Kecamatan Sukorambi (LU -8.1189113, LS 113.6621236), Kecamatan Rambipuji (LU -8.2186257, LS 113.6085612), dan Kecamatan Kaliwates (LU -8.189193, LS 113.6740257). Sebanyak 18 kasus positif (3,41%) terinfeksi *Cryptosporidium spp.* ditemukan di wilayah penelitian. Karakteristik responden penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

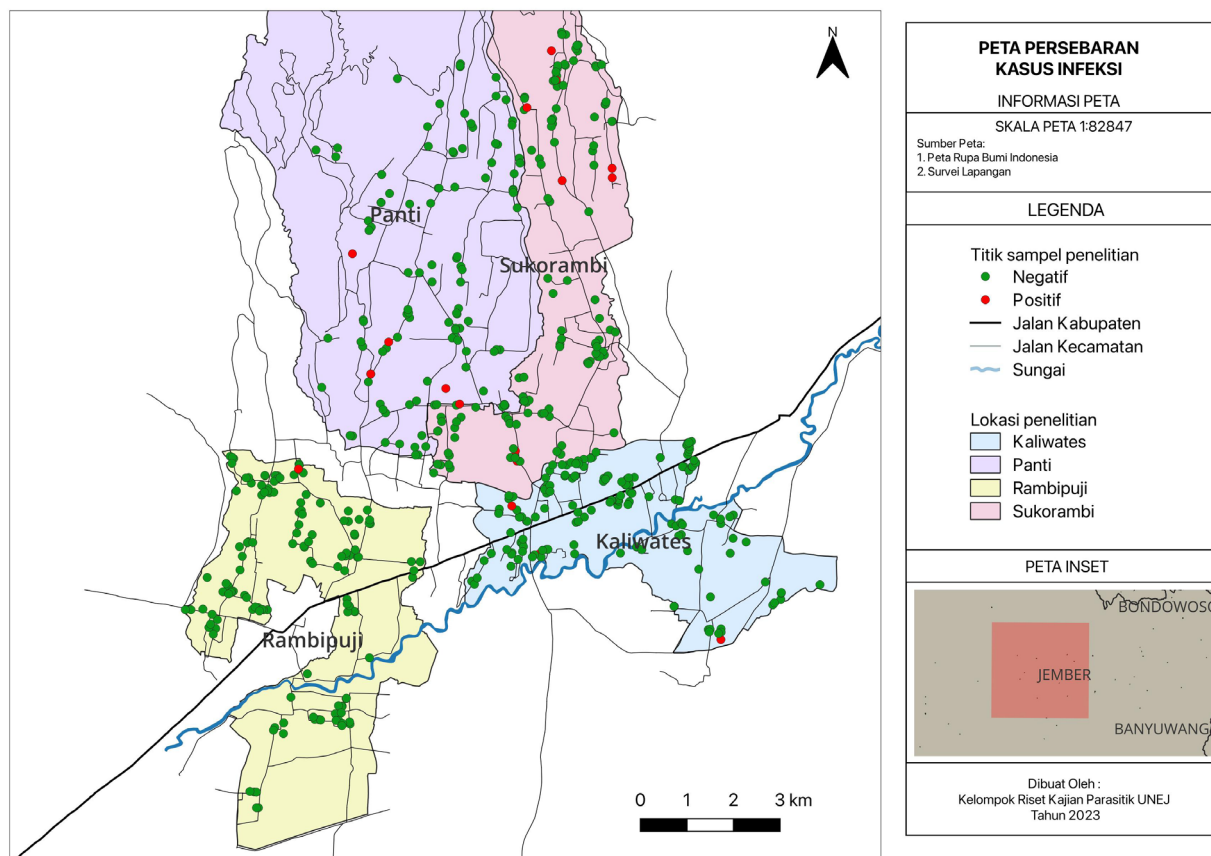
Analisis Bivariat

Berdasarkan hasil kuesioner, mayoritas responden menggunakan sumber air berupa sumur sebanyak 64,39%, sedangkan responden yang menggunakan sumber air berupa PDAM dan mata air alami sebanyak 19,89% dan 15,72%. Karakteristik responden berdasarkan jenis sumber air bersih yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis bivariat pada Tabel 2 menunjukkan bahwa jenis sumber air bersih yang digunakan memiliki hubungan yang bermakna terhadap infeksi *Cryptosporidium spp.* dengan nilai $p=0,034$ ($p<0,05$). Hasil penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian sebelumnya oleh (Taghipour dkk., 2021). Sebagian besar infeksi *Cryptosporidium spp.* terjadi pada responden yang menggunakan jenis sumber air langsung dari alam berupa sumur dan mata air alami atau *natural spring water*. Hasil ini juga sesuai dengan penelitian Murugesan dkk., (2017) yang mengatakan bahwa air sumur memiliki angka kontaminasi *Cryptosporidium spp.* yang tinggi. Hal ini disebabkan karena sumur, terutama yang tidak terlindungi dapat dengan mudah terkontaminasi oleh kotoran hewan dan manusia. Selain itu, pada penelitian ini responden yang

Tabel 1. Karakteristik responden penelitian

Karakteristik	Jumlah (n)	Presentase (%)
Jenis Kelamin		
- Laki-laki	248	46,97
- Perempuan	280	53,03
Tingkat Pendidikan Ibu		
- Tidak lulus SD	11	2,08
- SD	132	25
- SMP	141	26,71
- SMA	186	35,22
- Sarjana	58	10,99
Tingkat Pendidikan Ayah		
- Tidak lulus SD	14	2,65
- SD	166	31,44
- SMP	111	21,02
- SMA	184	34,85
- Sarjana	53	10,04
Pendapatan per bulan		
- $\geq$ UMK (Rp 2.555.662,91)	132	25
- $<$ UMK (Rp 2.555.662,91)	396	75
Sumber air bersih		
- Sumur bor	340	64,39
- PDAM	105	19,89
- Mata air alami	83	15,72
Total	528	100

Gambar 1. Wilayah penelitian dan distribusi kasus infeksi *Cryptosporidium spp.*Tabel 2. Hasil analisis bivariat faktor risiko infeksi *Cryptosporidium spp.*

Faktor Risiko	+		-		p-value
	n	%	n	%	
Sumber air bersih					
- Sumur	9	1,70	331	62,69	0,034*
- PDAM	2	0,38	103	19,51	
- Mata air alami	7	1,33	76	14,39	
Total	18	3,41	510	96,59	

menggunakan air PDAM cenderung lebih sedikit mengalami infeksi *Cryptosporidium spp.* Adanya pengolahan dan penyaringan air sebelum proses distribusi yang baik melalui pipa tertutup kemungkinan meningkatkan keamanan dan menurunkan risiko kontaminasi ookista pada air (Murugesan dkk., 2017). Kontaminasi ookista lebih jarang terjadi pada air dengan tingkat perlindungan yang baik seperti penggunaan pipa dalam mengalirkan air dan penyimpanan air secara tertutup dengan benar (Yulfi dkk., 2017). Proses penyimpanan yang terbuka dan tidak rutin membersihkan tempat penyimpanan air juga berisiko menyebabkan kontaminasi dibandingkan dengan tempat penyimpanan yang tertutup dan rutin dibersihkan (Murugesan dkk., 2017).

Kebersihan air dan kualitas mikrobiologis diperkirakan juga memengaruhi proses terjadinya infeksi ini (Bouzid, Kintz, & Hunter, 2018). Air dari sumur dan mata air alami cenderung lebih mudah terkontaminasi dan tidak terjaga kualitasnya. Mayoritas responden tidak melakukan filtrasi dan pengolahan sebelum menggunakan air sehingga hal tersebut mampu meningkatkan risiko terinfeksi *Cryptosporidium spp.* yang gejala utamanya adalah diare. Air yang mudah terkontaminasi

cenderung tidak memenuhi kualitas fisik seperti air yang suhunya di bawah standar suhu air, dapat meningkatkan perkembangbiakan *Cryptosporidium spp.* dikarenakan kondisi optimum perkembangannya pada kondisi lingkungan yang lembab. Selain itu, adanya kontaminan didekat sumber air seperti letak *septic tank* yang dekat mampu menyebabkan air memiliki kualitas fisik air yang buruk yaitu air yang berbau, hal ini memungkinkan adanya aktivitas dari bakteri dan mikroorganisme sehingga juga berbahaya bila dikonsumsi (Suryani, 2023).

Selain terjadinya diare, kontaminasi sumber air oleh parasit *Cryptosporidium spp.* pada saluran cerna menyebabkan jumlah probiotik di saluran cerna menurun, kondisi inilah yang menyebabkan terjadinya inflamasi (peradangan) dan malabsorpsi zat gizi. Pada balita *stunting* diketahui memiliki komposisi mikrobiota usus yang menyebabkan inflamasi atau peradangan, berbeda dengan anak yang tidak *stunting* ditemukan spesies bakteri probiotik (Durda-Masny dkk, 2022). Beberapa mikrobiota enterik memiliki kemampuan untuk memfermentasi karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Oleh karena itu, kelainan dalam usus balita *stunting* akibat

infeksi parasit *Cryptosporidium spp* memiliki konsekuensi yang luas yang dimanifestasikan oleh peningkatan kepekaan terhadap infeksi atau penyakit inflamasi yang dapat mengganggu pertumbuhan fisik (Durda-Masny dkk, 2022).

Analisis Spasial

Berdasarkan hasil uji autokorelasi spasial, nilai *moran index* ($0 < I \leq 1$), *p-value* < 0.05 dan nilai $Z > 1.96$ memiliki interpretasi yaitu autokorelasi positif dan terjadi pengelompokan (*clustered*) infeksi *Cryptosporidium spp*. Hasil ini ditemukan di Kecamatan Sukorambi, sedangkan di Kecamatan Rambipuji, Kaliwates, dan Panti menunjukkan hasil autokorelasi negatif dan cenderung acak (*random*) karena nilai *moran index* < 0 , *p-value* > 0.05 dan $Z < 1.96$ (Sutarga, 2022). Hasil autokorelasi spasial dapat dilihat pada Tabel 3.

Pada penelitian ini, hasil *moran index* dengan autokorelasi positif ($0 < I \leq 1$) ditemukan di Kecamatan Sukorambi, sedangkan nilai *moran index* Kecamatan Rambipuji, Kaliwates, dan Panti menunjukkan hasil adanya autokorelasi negatif ($-1 \leq I < 0$). Autokorelasi positif mengindikasikan lokasi yang berdekatan mempunyai karakteristik yang cenderung mirip dan berkelompok, namun nilai *moran index* negatif mengindikasikan autokorelasi negatif, dengan interpretasi kasus infeksi yang ada mempunyai karakteristik yang cenderung tidak mirip dan menyebar atau acak. Nilai *moran index* di Kecamatan Sukorambi, menunjukkan bahwa kasus infeksi cenderung mengelompok dan memiliki kesamaan karakteristik pada lokasi yang berdekatan (Retno dkk., 2018; Ruliansyah dkk., 2017).

Pola persebaran mengelompok di Kecamatan Sukorambi meningkatkan terjadinya infeksi *Cryptosporidium spp*. Hal ini didukung dengan responden yang mayoritas memiliki kemiripan yaitu penggunaan sumber mata air alami untuk kebutuhan sehari-hari. Hasil ini mendukung analisis spasial yang ada, yaitu pola mengelompok didapatkan karena kesamaan menggunakan mata air alami. Selain itu, pola mengelompok juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor kepadatan penduduk dan luas wilayah. Semakin tinggi kepadatan penduduk dengan luas wilayah yang sempit bersamaan dengan angka infeksi *Cryptosporidium spp*. yang banyak dapat meningkatkan terjadinya pola persebaran mengelompok pada wilayah tertentu (Ruliansyah dkk., 2017). Pada kecamatan lain, penggunaan sumber air yang berbeda-

beda memungkinkan terjadinya pola persebaran infeksi yang acak (*random*).

Hasil analisis *Nearest Neighbor Index* (NNI) di Kecamatan Kaliwates, Panti, dan Rambipuji menunjukkan nilai $NNI > 1$ yang artinya pola kasus infeksi di lokasi penelitian cenderung menyebar atau *dispersed*. Pada area tersebut didapatkan juga nilai *observed mean distance* yang lebih besar dibanding nilai *expected mean distance* yang semakin mendukung adanya pola persebaran kasus yang menyebar, sehingga bila terdapat kasus infeksi *Cryptosporidium spp*. pada balita stunting penyebarannya tidak mengelompok pada satu tempat tertentu tetapi cenderung menyebar pada seluruh tempat (Hazrin dkk., 2016). Pola persebaran yang menyebar terjadi karena jarak antar kasus yang berjauhan. Dalam hal ini, kasus infeksi cenderung tidak menyebabkan penularan pada lingkungan sekitar meskipun jenis sumber air yang digunakan berhubungan secara signifikan menyebabkan infeksi. Nilai NNI di Kecamatan Sukorambi menunjukkan adanya pola kasus infeksi yang cenderung acak. Hal ini dibuktikan dengan nilai NNI yang mendekati 1 dan nilai *expected mean distance* yang lebih besar dibanding *observed mean distance*. Adanya pola acak menandakan bahwa persebaran kasus yang ada di Kecamatan Sukorambi cenderung tidak menentu dan merata pada seluruh lokasi. Namun, tidak adanya pola persebaran cluster tidak berarti bahwa risiko penularan nol (Hazrin dkk., 2016).

Berdasarkan analisis bivariat faktor jenis sumber air berhubungan secara signifikan dengan infeksi *Cryptosporidium spp*. yang dibuktikan dengan nilai $p < 0.05$. Jika dihubungkan dengan hasil analisis spasial *moran index*, adanya autokorelasi positif di Kecamatan Sukorambi menandakan bahwa responden memiliki karakteristik yang mirip yaitu menggunakan air yang berasal dari mata air alami. Pada penelitian oleh Lestari dkk. (2023) mengatakan bahwa pola persebaran yang cenderung mengelompok pada kasus tuberkulosis dapat mempercepat penularan antar individu. Dapat diasumsikan bahwa adanya pola mengelompok pada kasus infeksi *Cryptosporidium spp*. menyebabkan peningkatan risiko penularan yang lebih cepat. Pada penelitian Sarkar dkk., (2013) di India Selatan tidak menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara konsumsi air kemasan dan air keran dengan terjadinya infeksi *Cryptosporidium spp*. Diduga adanya infeksi terjadi melalui transmisi lain seperti lewat makanan yang

Tabel 3. Hasil analisis *moran index*

Kecamatan	Z-score	Moran Index	p-value	Distribusi
Panti	-0,192655	-0,004354	0,847229	Random
Kaliwates	-0,172756	-0,008827	0,862843	Random
Sukorambi	4,554136	0,118823	0,000005	Clustered
Rambipuji	-0,469252	-0,002604	0,638890	Random

Tabel 4. Hasil analisis *Nearest Neighbor Index* (NNI)

Kecamatan	OMD (m)	EMD (m)	N	Z-score	p-value	Distribusi
Panti	907,441	485,169	1,870361	3,723191	0,000197	Dispersed
Kaliwates	2235,300	496,7585	4,499772	11,596617	0,000000	Dispersed
Sukorambi	510,885	723,026	0,706594	-1,587614	0,112374	Random
Rambipuji	118,848	5,450	21,80388	56,284705	0,000000	Dispersed

*OMD=Observed Mean Distance, EMD=Expected Mean Distance, N=Nearest Neighbor Index

terkontaminasi, kontak dengan hewan, atau penularan dari orang ke orang. Pada penelitian Dangiran & Dharmawan (2020) di Semarang menunjukkan bahwa keberadaan kontaminan yang dekat dengan sumber air mampu memengaruhi kualitas air dan menyebabkan diare pada masyarakat di sekitar sumber air. Selain itu, kebiasaan mencuci alat makan dan minum menggunakan air keran yang terkontaminasi menjadi penyebab adanya infeksi pada balita (Sarkar dkk., 2013). Faktor lain juga mungkin dapat berpengaruh seperti faktor-faktor lingkungan seperti kualitas air, jarak antara sumber air bersih dengan pemukiman, sanitasi, serta kesehatan dan gizi.

Pola yang acak di Kecamatan Kaliwates, Rambipuji, dan Panti cenderung tidak menentu dalam proses penularan infeksi *Cryptosporidium spp.* Selain itu, kecenderungan penggunaan sumber air yang berbeda dapat memengaruhi infeksi. Pola infeksi berdasarkan nilai NNI juga cenderung menyebar pada seluruh tempat karena jarak antar kasus yang berjauhan berdasarkan nilai *observed mean distance* yang besar. Penyebab adanya pola yang menyebar kemungkinan akibat faktor risiko infeksi yang beragam tidak hanya dipengaruhi oleh jenis sumber air. Faktor yang mungkin bisa berkontribusi adalah perilaku higiene dan sanitasi yang buruk. Pada penelitian selanjutnya, analisis spasial perlu melibatkan faktor kedekatan jarak sumber air dan kontaminan guna mengetahui penyebab infeksi.

KESIMPULAN

Terdapat korelasi antara jenis air yang digunakan dengan resiko infeksi *Cryptosporidium spp.* dan terdapat pola persebaran mengelompok disertai autokorelasi positif pada kasus infeksi *Cryptosporidium spp.* pada populasi balita stunting di Kabupaten Jember. Pola persebaran infeksi *Cryptosporidium spp.* ini akan meningkat sesuai karakteristik penduduk di wilayah tersebut, salah satunya adalah perilaku dalam menggunakan sumber air bersih secara bersama-sama. Penggunaan air secara bersama-sama, apabila terjadi kontaminasi pada air tersebut mampu meningkatkan risiko terjadi infeksi *Cryptosporidium spp.* Risiko ini akan bertambah luas bila terjadi pada balita stunting karena memiliki kepekaan terhadap infeksi usus yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan fisiknya. Oleh karena itu, penguatan kebijakan perlu mengadakan edukasi untuk pengolahan air bersih pada penduduk di daerah yang tinggi faktor risiko transmisi infeksi parasit ini sebelum mengonsumsi dan menggunakan sumber air bersih yang dipakai secara bersama-sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan oleh Kelompok Riset (Keris) Kajian Parasitologi pada tahun 2023. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dinas Kesehatan Kabupaten Jember beserta kader dan bidan desa yang telah membantu mengumpulkan data di lapangan, serta asisten laboratorium dan asisten peneliti lain yang telah membantu pemeriksaan sampel dan mengolah data penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis Pertama merancang metode penelitian, analisis data, membuat dan mereview naskah publikasi; **Penulis Kedua** melakukan analisis data, review naskah publikasi, dan interpretasi hasil; **Penulis Ketiga** melakukan analisis data dan naskah publikasi; Penulis Keempat membantu mengolah data spasial dan membuat peta; **Penulis Kelima** membantu

interpretasi hasil; **Penulis keenam** mereview naskah publikasi dan interpretasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulhafedh, A. (2017). A novel hybrid method for measuring the spatial autocorrelation of vehicular crashes: combining moran's index and getis-ord statistic. *Open Journal of Civil Engineering*, 07(02), 208–221. <https://doi.org/10.4236/ojce.2017.72013>
- Betancourt, W. (2019). *Cryptosporidium spp.* Dalam *Water and Sanitation for the 21st Century: Health and Microbiological Aspects of Excreta and Wastewater Management (Global Water Pathogen Project)* (hlm. 1–50). Tucson: Unesco. <https://doi.org/10.14321/waterpathogens.33>
- Bouzd, M., Kintz, E., & Hunter, P. R. (2018). Risk factors for cryptosporidium infection in low and middle income countries: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 12(6), 1–13. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0006553>
- Dangiran, H. L., & Dharmawan, Y. (2020). Analisis spasial kejadian diare dengan keberadaan sumur gali di kelurahan Jabungan kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(1), 68. <https://doi.org/10.14710/jkli.19.1.68-75>
- Dong, S., Yang, Y., Wang, Y., Yang, D., Yang, Y., Shi, Y., ... Zhou, Y. (2020). Prevalence of cryptosporidium infection in the global population: a systematic review and meta-analysis. *Acta Parasitologica*, 65(4), 882–889. <https://doi.org/10.2478/s11686-020-00230-1>
- Durda-Masny, M., Ciomborowska-Basheer, J., Makalowska, I., & Szwed, A. (2022, Februari 1). The Mediating Role of the Gut Microbiota in the Physical Growth of Children. *Life*, Vol. 12. MDPI. <https://doi.org/10.3390/life12020152>
- Gabain, I. L., Ramsteijn, A. S., & Webster, J. P. (2023, Maret 1). Parasites and childhood stunting – a mechanistic interplay with nutrition, anaemia, gut health, microbiota, and epigenetics. *Trends in Parasitology*, Vol. 39, hlm. 167–180. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2022.12.004>
- Hamzah, St. R., & B, H. (2020). Gerakan pencegahan stunting melalui edukasi pada masyarakat di desa muntoi kabupaten bolaang mongondow. *JPKMI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Indonesia)*, 1(4), 229–235. <https://doi.org/10.36596/jpkmi.v1i4.95>
- Hazrin, M., Hiong, H. G., Jai, N., Yeop, N., Hatta, M., Pawai, F., ... Othman, W. (2016). Spatial distribution of dengue Incidence: a case study in putrajaya. *Journal of Geographic Information System*, 08(01), 89–97. <https://doi.org/10.4236/jgis.2016.81009>
- Kemendes RI. (2018). Situasi balita pendek (stunting) di indonesia. Dalam *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI* (1 ed.). Jakarta.
- Kemendes RI. (2022). *Keputusan menteri kesehatan republik indonesia tentang pedoman nasional pelayanan kedokteran tata laksana stunting tahun 2022*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Khalil, I. A., Troeger, C., Rao, P. C., Blacker, B. F., Brown, A., Brewer, T. G., ... Mokdad, A. H. (2018). Morbidity, mortality, and long-term consequences associated with diarrhoea from *Cryptosporidium* infection in children younger than 5 years: a meta-analyses study. *The Lancet Global Health*, 6(7), e758–e768. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(18\)30283-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(18)30283-3)
- Khan, A., Shams, S., Khan, S., Khan, M. I., Khan, S., & Ali, A. (2019). Evaluation of prevalence and risk factors associated with *Cryptosporidium* infection in rural population of district buner, pakistan. *PLoS ONE*, 14(1), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209188>
- Korpe, P. S., Valencia, C., Haque, R., Mahfuz, M., McGrath, M., Houpt, E., ... Duggal, P. (2018). Epidemiology and risk factors for cryptosporidiosis in children from 8 low-income sites: results from the mal-ed study. *Clinical Infectious Diseases*, 67(11), 1660–1669. <https://doi.org/10.1093/cid/ciy355>

- Lestari, A. A., Makful, M. R., & Okfriani, C. (2023). Analisis spasial kepadatan penduduk terhadap kasus tuberkulosis di provinsi jawa barat 2019-2021. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 3(2), 577–585.
- Maryanti, E. (2017). Epidemiologi kriptosporidiosis. *Jurnal Ilmu Kedokteran*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.26891/jik.v5i1.2011.1-6>
- Murugesan, K. N., Agoes, R., Yusnita, S., & Sari, I. (2017). Identification of pathogen protozoans (cryptosporidium spp and giardia lamblia) from canteen's water-sources at jatinangor, west java, indonesia. *Althea Medical Journal*, 4(3), 309–314.
- Naghavi, M., Wang, H., Lozano, R., Davis, A., Liang, X., Zhou, M., ... Temesgen, A. M. (2015). Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 385(9963), 117–171. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61682-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61682-2)
- Retno, D., Saputro, S., Widyaningsih, P., Kurdi, N. A., Susanti, A., Sutami, J. I., ... Tengah, J. (2018). Proporsionalitas autokorelasi spasial dengan indeks global (indeks moran) dan indeks lokal (local indicator of spatial association (lisa)). *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika dan Pembelajarannya (KNPMP) III 2018*, 702–709.
- Ruliansyah, A., Yuliasih, Y., Ridwan, W., & Kusnandar, A. J. (2017). Analisis spasial sebaran dbd di kota tasikmalaya tahun 2011-2015. *Aspirator*, 9(2), 85–90.
- Ryan, U., Zahedi, A., & Paparini, A. (2016). Cryptosporidium in humans and animals—a one health approach to prophylaxis. *Parasite Immunology*, 38(9), 535–547. <https://doi.org/10.1111/pim.12350>
- Sarkar, R., Ajjampur, S. S. R., Prabakaran, A. D., Geetha, J. C., Sowmyanarayanan, T. V., Kane, A., ... Kang, G. (2013). Cryptosporidiosis among children in an endemic semiurban community in southern India: Does a protected drinking water source decrease infection? *Clinical Infectious Diseases*, 57(3), 398–406. <https://doi.org/10.1093/cid/cit288>
- Septian, H. N., Sulistyaningsih, E., Raharjo, A. M., Utami, W. S., & Armiyanti, Y. (2023). Environmental sanitation as risk factors for intestinal protozoa infection among stunted children in sukerkidul village , indonesia. *Al-Sihah : Public Health Science Journal*, 15(69), 44–52. <https://doi.org/10.24252/al>
- Simbolon, D. R., Mutiara, E., & Lubis, R. (2019). Analisis spasial dan faktor risiko tuberkulosis paru di kecamatan sidikalang, kabupaten dairi - sumatera utara tahun 2018. *Berita Kedokteran Masyarakat*, 35(2), 65. <https://doi.org/10.22146/bkm.42643>
- Suryani, F. A. (2023). Uji kualitas air sumur berdasarkan kandungan bakteri Coliform non fecal sebagai sumber belajar mata kuliah mikrobiologi: Studi kasus di Perumahan Taman Gading, Kecamatan Kaliwates, Kabupaten Jember. *JERNIH: Journal of Environmental Engineering and Hygiene*, 1(01), 12–24.
- Sutarga, I. K. (2022). Analisis pola spasial sebaran covid-19 kota bogor berdasarkan indek moran. *Media Komunikasi Geografi*, 23(2), 265–276. <https://doi.org/10.23887/mkg.v23i2.55183>
- Sutarto, Mayasari, D., & Indriyani, R. (2018). Stunting, faktor resiko dan pencegahannya. *Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*, 5(1), 540–545. <https://doi.org/10.1201/9781439810590-c34>
- Taghipour, A., Khazaei, S., Ghodsian, S., Shajarizadeh, M., Olfatifar, M., Foroutan, M., ... Karanis, P. (2021). Global prevalence of Cryptosporidium spp. in water: A systematic review and meta-analysis. *Research in Veterinary Science*, 137, 77–85. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2021.04.015>
- Tamomh, A. G., Agena, A. E. M., Elamin, E., Suliman, M. A., Elmadani, M., Omara, A. B., & Musa, S. A. (2021). Prevalence of cryptosporidiosis among children with diarrhoea under five years admitted to kosti teaching hospital, kosti city, sudan. *BMC Infectious Diseases*, 21(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s12879-021-06047-1>
- Tombang, A. N., Ambe, N. F., Bobga, T. P., Nkfusai, C. N., Collins, N. M., Ngwa, S. B., ... Cumber, S. N. (2019). Prevalence and risk factors associated with cryptosporidiosis among children within the ages 0-5 years attending the limbe regional hospital, southwest region, cameroon. *BMC Public Health*, 19(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7484-8>
- Wijayanti, T. (2017). Kriptosporidiosis di indonesia. *Jurnal Litbang Pengendalian Penyakit Bersumber Binatang Banjarnegara*, 13(1), 73–82.
- Yoseph, A., & Beyene, H. (2020). The high prevalence of intestinal parasitic infections is associated with stunting among children aged 6-59 months in Boricha Woreda, Southern Ethiopia: A cross-sectional study. *BMC Public Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09377-y>
- Yulfi, H., Masyithah Darlan, D., Wandra, T., Elisabeth Purba, I., Purba, Y., M. Saragih, J., & Ito, A. (2017). Intestinal protozoa infections and associated risk factors in rural community of samosir island indonesia. *Public Health International Conference (PHICo)*, 1, 102–107. <https://doi.org/10.2991/phico-16.2017.79>
- Zheng, H., He, J., Wang, L., Zhang, R., Ding, Z., & Hu, W. (2018). Risk factors and spatial clusters of cryptosporidium infection among school-age children in a rural region of eastern china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(5), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050924>