

ANALISIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM FAKTOR RISIKO BAYI BERAT BADAN LAHIR RENDAH (BBLR) PADA IBU HAMIL DENGAN MALARIA: STUDI KASUS

Geographic Information System Analysis of Risk Factors Low Birth Weight (LBW) Infant in Pregnant Women with Malaria: A Case Study

Heni Voni Rerey^{1*}, Ika Wijayanti¹, Andreas Ayomi²

¹Jurusan Kebidanan, Poltekkes Kemenkes Jayapura, Papua

²Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Jayapura, Papua

*Email:hvonirerey@gmail.com

ABSTRACT

Papua has the highest rate of malaria cases among all provinces in Indonesia. Malaria is a scourge, especially among vulnerable groups, including pregnant women. Pregnant women with malaria increase the risk of giving birth to Low Birth Weight (LBW). This study aimed to analyze geographic information system risk factors for LBW in pregnant women with malaria. This research method was observational analytics using a matched case-control design. The study encompassed pregnant women residing in the Sentani health center working area, who were both afflicted with and unaffected by malaria, and sought outpatient care at the health center. With a population of 104 pregnant woman, and the sample used was the Total sampling technique. This study found that the distribution of LBW cases tends to increase if there are many malaria incidents in the area. The distribution pattern of malaria cases shows a tendency to gather in areas with high rainfall, areas with low air humidity and areas with high air temperatures, namely Nolakla and Asei Villages. To maintain the health of mothers and babies and avoid possible risks, it is necessary to increase supervision and vigilance in the months where the intensity of rain increases, namely from November to March, where rainfall is also related to humidity and temperature so that it affects the sustainability of mosquito larvae habitat.

Keywords: *geographic information system, low birth weight, malaria, pregnant women*

ABSTRAK

Papua adalah provinsi di Indonesia yang memiliki tingkat kejadian malaria paling tinggi. Ibu hamil dengan malaria meningkatkan risiko melahirkan Berat Badan Lahir Rendah (BBLR). Penelitian ini bertujuan untuk analisis *geographic information system* faktor risiko BBLR pada ibu hamil dengan malaria. Metode penelitian yang digunakan adalah analitik observasional dengan menggunakan desain *matched case control*. Populasi penelitian ini terdiri atas seluruh ibu hamil yang menderita dan tidak menderita malaria yang tinggal di wilayah kerja Puskesmas Sentani. Jumlah populasi sebanyak 104 ibu hamil dan sampel yang digunakan yakni teknik total sampling. Penelitian ini menemukan bahwa sebaran kejadian BBLR cenderung menguat apabila banyak ditemukan insidensi malaria di wilayah tersebut. Pola distribusi kejadian malaria menunjukkan kecenderungan untuk berkumpul di area dengan tingkat curah hujan yang tinggi, wilayah dengan kelembaban udara rendah dan wilayah dengan suhu udara tinggi yaitu Kampung Nolakla dan Asei. Untuk menjaga kesehatan ibu dan bayi serta menghindari risiko yang mungkin terjadi perlu adanya peningkatan pengawasan dan kewaspadaan pada bulan dimana intensitas hujan meningkat yaitu pada bulan November sampai Maret, dimana curah hujan juga berkaitan dengan kelembaban dan suhu sehingga berpengaruh terhadap kelangsungan habitat jentik nyamuk .

Kata Kunci: *berat badan lahir rendah, geographic information system, ibu hamil, malaria*

PENDAHULUAN

Papua adalah wilayah di Indonesia yang memiliki tingkat endemis malaria yang tinggi, menyumbang sebanyak 79% kasus dari total kasus di negara ini. Kabupaten Jayapura juga termasuk dalam tiga kabupaten dengan tingkat *Annual Parasite Incidence* (API) tertinggi di Indonesia. Malaria masih menjadi masalah kesehatan di Indonesia dengan 222.085 kasus tercatat pada tahun 2018. Lima provinsi di bagian timur Indonesia, termasuk Papua, Papua Barat, Maluku, Maluku Utara, dan Nusa Tenggara Timur menjadi penyumbang kasus malaria tertinggi. Papua menjadi provinsi dengan jumlah kasus tertinggi di Indonesia mencapai 176.070 kasus. Pada tahun 2018, Kabupaten Jayapura bersama dengan Kabupaten Keerom, Sarmi, Mimika dan Boven Digoel memiliki tingkat API > 100. Meskipun angka kematian akibat malaria telah menurun selama bertahun-tahun, namun penularannya masih cukup tinggi dan diperlukan upaya pengendalian yang lebih efektif untuk mencapai tujuan eliminasi malaria di Indonesia pada 2030 [1].

Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Kementerian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2018 mayoritas kasus malaria terjadi pada kelompok usia produktif yaitu 15-64 tahun sebesar 57%, sementara jumlah kasus terendah tercatat pada kelompok usia 0-11 bulan dan diatas 64 tahun, masing-hanya sebesar 2%. Salah satu kelompok yang rentan terkena malaria adalah ibu hamil, dimana pada tahun 2018 terdapat sebanyak 1769 ibu hamil yang terkena malaria dan sebagian besar berasal dari Papua. Perbandingan proporsi kejadian malaria pada ibu hamil dengan seluruh kejadian malaria adalah sebesar 0,8% [1]. Fakta ini menunjukkan betapa pentingnya pemetaan kejadian malaria pada wilayah fokus daerah eliminasi dan pemeliharaan.

Terdapat faktor risiko yang dapat menyebabkan malaria, diantaranya adalah faktor lingkungan tempat tinggal. Berdasarkan penelitian Susi Lestari [2] bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara lingkungan rumah dan kasus malaria pada ibu hamil. Sementara penelitian oleh Hironimus [3] menjelaskan bahwa ada hubungan antara perilaku dan kondisi lingkungan dengan kejadian malaria di Indonesia karena adanya korelasi antara perilaku manusia yang cenderung negatif yang ditunjang dengan kondisi lingkungan yang mendukung perkembangbiakan nyamuk *anopheles* betina sehingga meningkat populasi nyamuk. Lingkungan atau alam sekitar merupakan tempat dimana semua makhluk hidup melangsungkan kehidupannya yang didukung oleh suhu, kelembaban, cahaya, dll. Kondisi lingkungan yang sesuai dengan tempat perindukan nyamuk akan berkembang biak dengan cepat. Penelitian lain yang dilakukan oleh Hermanto [4] mengungkapkan bahwa ada pengaruh faktor genangan air, jarak rumah, keberadaan kandang hewan, dinding rumah, penggunaan obat nyamuk, penyuluhan dan pengobatan terhadap kejadian malaria. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *geographic information system* faktor risiko BBLR pada ibu hamil dengan malaria di Puskesmas Sentani Kabupaten Jayapura.

METODE

Penelitian ini adalah penelitian analitik observasional yang menggunakan desain *matched case control*. Penelitian dilaksanakan di Distrik Sentani Timur pada Maret hingga Juni 2023. Populasi penelitian ini terdiri atas ibu hamil yang menderita dan tidak menderita malaria dan berdomisili di wilayah kerja Puskesmas Sentani. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 104 ibu hamil dengan menggunakan teknik total sampling.

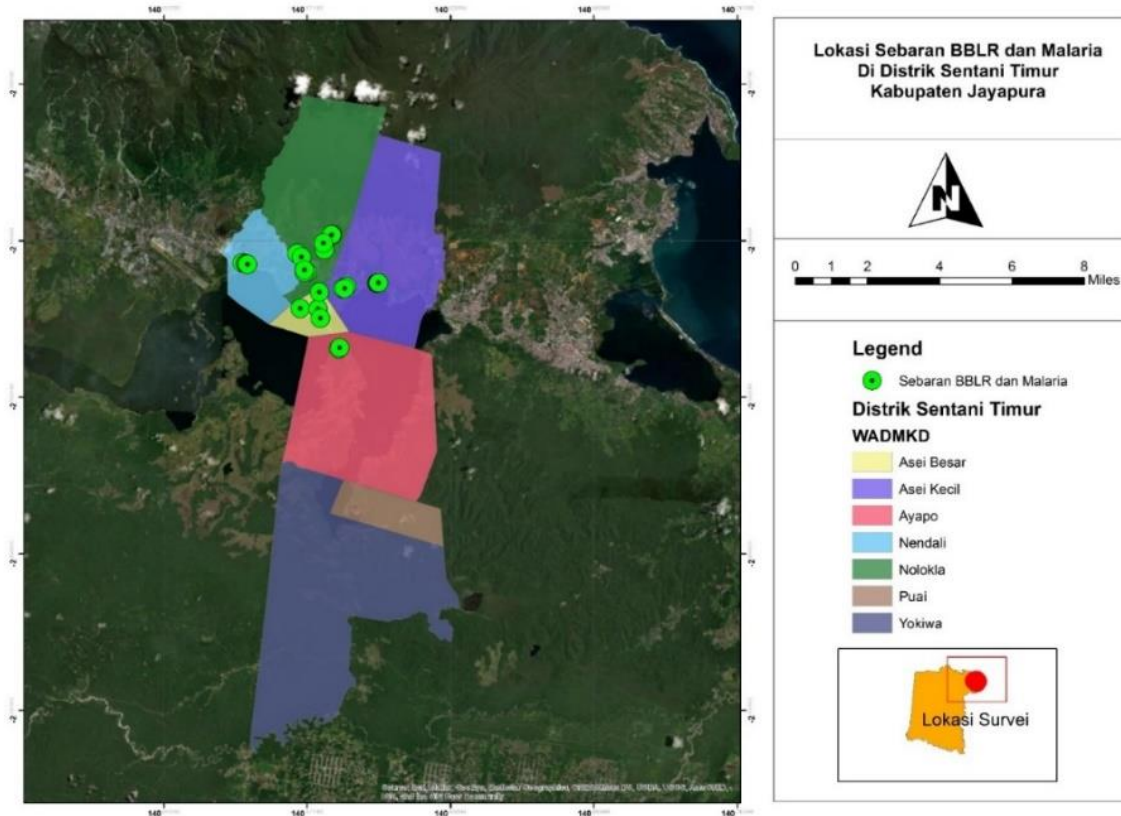
Data dianalisis dengan *spatially weighted regression* menggunakan analisis GeoDa, berguna untuk mengetahui hubungan secara kewilayahan variabel independen yaitu data agregat (suhu, kelembaban, dan curah hujan) terhadap variabel dependen yaitu BBLR pada ibu hamil yang terinfeksi malaria. Analisis spasial menggunakan software SaTScan untuk mengetahui distribusi lokasi pasti BBLR dengan ibu hamil penderita malaria dan mengetahui adanya pengelompokan atau cluster ibu hamil

penderita malaria secara analisis kewilayahan. Quantum GIS digunakan untuk penampilan overlay hasil pemetaan. *Google earth* digunakan untuk menampilkan gambar citra satelit kasus. Penelitian berikut memperoleh izin dari Komite Etika Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Jayapura dengan No.0100/KEPK-J/V/2023.

HASIL

Analisis Spasial dengan Metode *Geographic Information System* Faktor Risiko BBLR pada ibu hamil dengan malaria

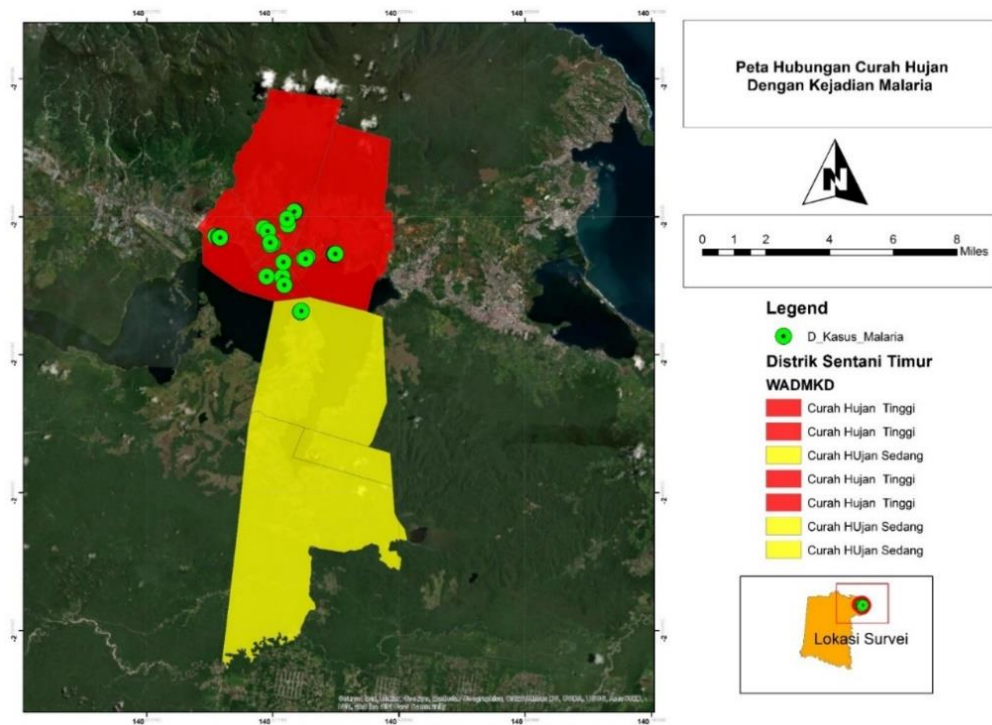
Analisis spasial dilakukan untuk mendukung faktor risiko kejadian BBLR pada ibu hamil yang terinfeksi malaria. Analisis ini dilakukan dengan bantuan *geographic information system* (GIS). Peneliti menemukan bahwa sebaran kejadian BBLR cenderung menguat apabila banyak ditemukan insidensi malaria di wilayah tersebut.



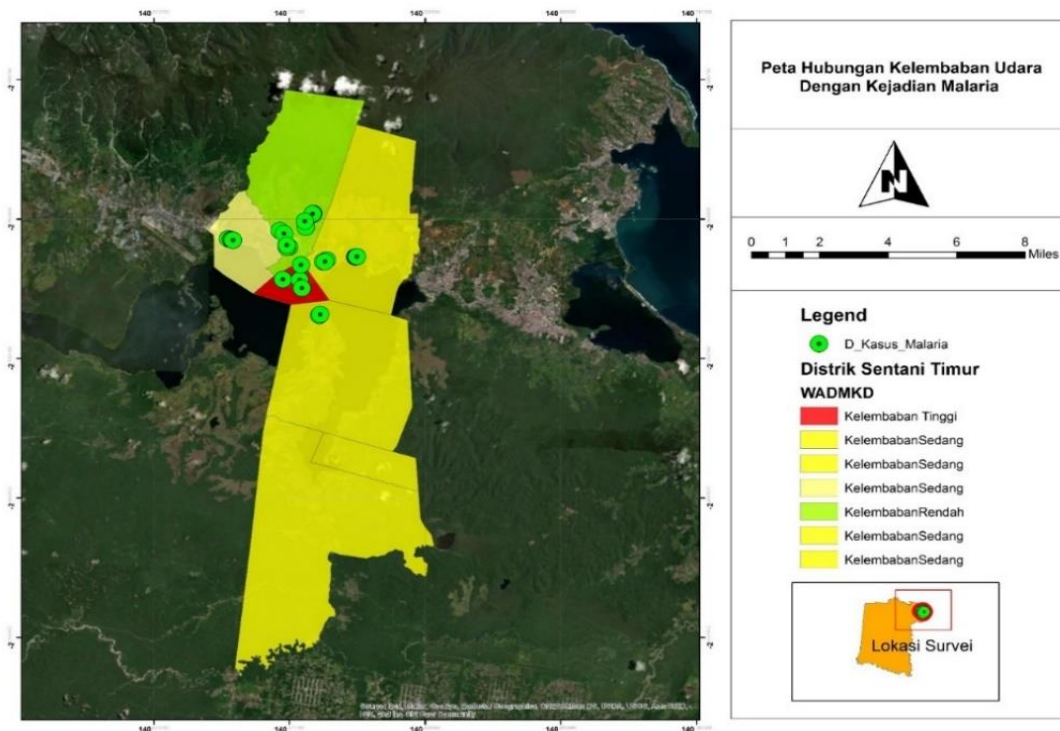
Gambar 1. Analisis Lokasi sebaran BBLR dan malaria di Distrik Sentani Timur

Pada gambar 1 memperlihatkan lokasi sebaran kasus BBLR dan Malaria di Distrik Sentani Timur pada bulan Maret-Juni 2023. Kasus BBLR dan Malaria diwakili oleh titik-titik berwarna hijau yang tersebar di beberapa kampung dengan kecenderungan mengumpul dan pola berkerumun. Hasil analisis menunjukkan bahwa dari 7 kampung yang diamati pada bulan Maret-Juni 2023 insidensi terdapat pada daerah Asei Besar, Asei Kecil, Nolakla, Nendali, dan Ayapo.

Pada gambar 2 menggambarkan peta distribusi kasus dengan curah hujan, dengan kejadian kasus ditandai dengan titik berwarna hijau. Temuan menunjukkan bahwa insidensi dominan terjadi di wilayah dengan curah hujan tinggi.

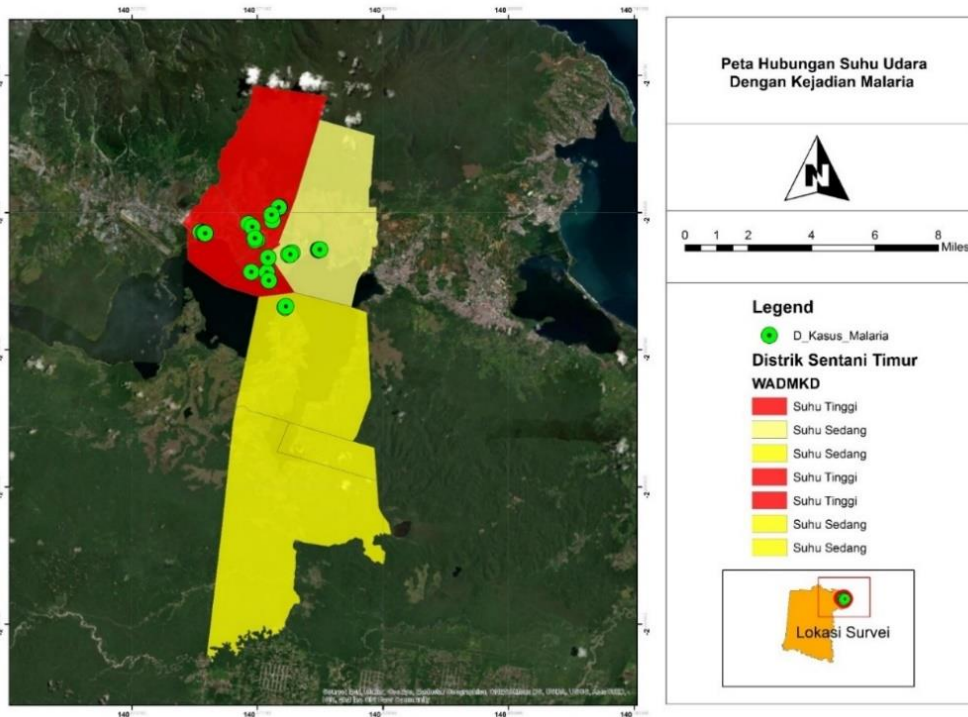


Gambar 2. Peta Analisis curah hujan dengan kejadian malaria di Distrik Sentani Timur

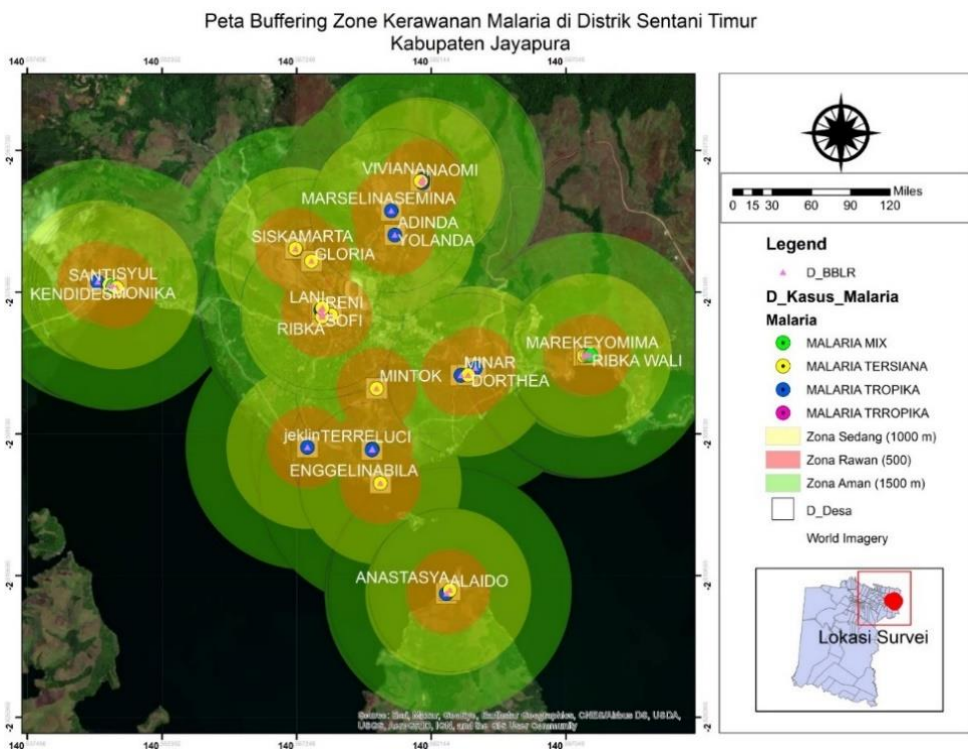


Gambar 3. Peta Analisis kelembaban udara dengan kejadian malaria di Distrik Sentani Timur

Pada gambar 3 menggambarkan peta distribusi kasus dengan kelembaban udara tinggi, sedang, dan rendah. Kejadian kasus ditandai dengan titik berwarna hijau. Temuan menunjukkan bahwa insidensi dominan terjadi di wilayah dengan kelembaban udara rendah.



Gambar 4. Peta hubungan suhu udara dengan kejadian malaria di Distrik Sentani Timur.
 Pada gambar 4 menggambarkan peta distribusi kasus dengan suhu udara, dengan kejadian kasus ditandai dengan titik berwarna hijau. Temuan menunjukkan bahwa insidensi dominan terjadi di wilayah dengan suhu udara tinggi yang ditampilkan dengan warna merah



Gambar 5. Peta buffering zone kerawanan malaria di Distrik Sentani Timur

Pada gambar 5 menggambarkan peta distribusi kasus, dengan kejadian kasus malaria mix ditandai dengan titik berwarna hijau, malaria tersiana ditandai dengan titik berwarna kuning, malaria tropika ditandai dengan titik berwarna ungu. Temuan menunjukkan bahwa sebaran terjadi di wilayah dengan penduduk paling padat yaitu Kampung Nolakla.

PEMBAHASAN

Analisis spasial kejadian BBLR pada ibu hamil dengan infeksi malaria

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola kejadian malaria di Distrik Sentani Timur Kabupaten Jayapura menunjukkan adanya kerentanan di beberapa daerah tertentu dengan titik kasus yang berdekatan dan Desa Nolakla menjadi desa dengan insidensi malaria paling tinggi. Temuan ini sejalan dengan teori yang diungkapkan oleh Santjaka [6] yang menyatakan bahwa malaria cenderung membentuk kluster atau kelompok terbatas di wilayah yang terbatas pula. Penularan malaria di daerah tersebut terjadi melalui tiga dimensi yaitu *breeding*, *resting* dan *feeding*. Beberapa variasi iklim seperti kelembaban udara, curah hujan dan suhu udara juga turut memengaruhi kejadian malaria. Faktor iklim juga memengaruhi jumlah, umur, dan dampak penularan malaria [7].

1. Hubungan malaria dengan curah hujan

Curah hujan memiliki hubungan unik dengan penularan malaria. Curah hujan mempunyai efek meningkatkan dan mengurangi penularan malaria tergantung pada waktu dan variabilitas hujan [7]. Curah hujan minimum yang dibutuhkan oleh nyamuk untuk berkembang adalah 1,5 mm per hari [8]. Curah hujan juga membantu perbanyak tempat perkembangbiakan nyamuk dan meningkatkan kelembapan, sehingga meningkatkan tingkat kelangsungan hidup nyamuk [9]. Musim hujan merupakan masa subur bagi tempat berkembang biak yang jumlahnya banyak. Menurut data yang terdapat pada peta yang menggambarkan korelasi antara curah hujan dan kejadian malaria, terlihat bahwa daerah dengan curah hujan tinggi cenderung memiliki kasus malaria yang lebih sering terjadi. Curah hujan yang tinggi akan menyebabkan genangan air di permukaan tanah. Semakin tinggi intensitas hujan semakin besar kemungkinan air akan menggenangi di permukaan tanah, dan menciptakan habitat yang ideal bagi nyamuk *Anopheles sp* [10]. Selain genangan air di tanah, nyamuk *Anopheles sp* juga dapat berkembang biak di selokan, parit, sawah atau bekas galian [11]. Penelitian yang dilakukan oleh Iklim menemukan bahwa curah hujan berkorelasi signifikan dengan kasus malaria di daerah Rajabasa Lampung Selatan [12]. Selain itu penelitian yang dilakukan di Nigeria menunjukkan bahwa curah hujan memiliki korelasi signifikan dengan penularan malaria [13].

Keadaan ekosistem yang mendukung menyebabkan banyaknya tempat perindukan nyamuk. Tempat perkembangbiakan nyamuk tergantung pada iklim yang ada di wilayah tersebut, jika terjadi curah hujan yang terus menerus menyebabkan timbulnya genangan air. Air merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya tempat perkembangbiakan nyamuk *Anophles* [14]. Kaitan antara jumlah nyamuk dengan intensitas hujan memiliki signifikansi yang kuat karena adanya banyak genangan air hujan yang menjadi tempat berkembang biak bagi nyamuk [15]. Hal ini sejalan dengan penelitian Laila Isnaini [16] bahwa individu yang tinggal dalam jarak kurang dari 75 meter dari *breeding space* memiliki resiko 2.963 kali lebih tinggi dibandingkan individu yang tinggal dalam jarak lebih dari 75 meter dari tempat berkembang biak. Populasi nyamuk cenderung meningkat ketika curah hujan tinggi, sementara populasi nyamuk cenderung menurun ketika curah hujan rendah. Adanya hujan akan menambah *breeding places Anopheles sp*. Laju pertumbuhan nyamuk akan meningkat dengan curah hujan 150 mm perbulan. Tidak hanya curah hujan, tetapi juga suhu dengan udara rata-rata berkisar 29°C - 31,8°C

dan suhu udara antara 60% hingga 90% tersebut mendukung perkembangbiakan *Anopheles sp* serta akibat kurangnya perhatian masyarakat terhadap pemanfaatan kayu bekas, pembersihan semak, dan pepohonan di sekitar rumah, sehingga memberikan dampak bagi nyamuk untuk semakin mendekati manusia [15].

2. Hubungan malaria dengan kelembaban udara

Kelembaban merupakan penentu utama pembentukan dan kelangsungan habitat jentik nyamuk yang secara substansial meningkatkan prediksi tingkat gigitan, menentukan penularan malaria [17]. Pada peta hubungan kelembaban udara dengan kejadian malaria, kasus malaria dominan terjadi di daerah dengan kelembaban udara rendah. Hasil penelitian di Kecamatan Seram Maluku menunjukkan bahwa kelembaban udara mempengaruhi kejadian malaria [15]. Penelitian lain juga menemukan kelembaban udara berpengaruh terhadap peningkatan kasus malaria di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan [10]. Penelitian di Ghana menunjukkan bahwa kelembaban mempunyai hubungan dengan prevalensi malaria [18]

Tingkat kelembaban yang ideal bagi pertumbuhan nyamuk adalah antara 60% hingga 90%. Dengan kondisi ini nyamuk dapat berkembang biak dengan optimal yang pada akhirnya akan mendukung kehidupan penyakit seperti parasit atau *Plasmodium* lebih mudah menginfeksi manusia terutama mereka yang tinggal atau berinteraksi disekitar nyamuk tersebut. Kelembaban udara memainkan peran penting dalam mengatur perilaku nyamuk, terutama dalam hal beradaptasi dengan kondisi kelembaban tinggi di hutan atau ekosistem kepulauan. Pada kondisi kelembaban yang tinggi, nyamuk cenderung menjadi lebih aktif dan sering menggigit, yang pada gilirannya meningkatkan risiko penularan penyakit malaria. Studi menunjukkan bahwa kelembaban yang rendah dapat mengurangi harapan hidup nyamuk, walaupun tidak berdampak pada parasit malaria. Kelembaban minimal sebesar 60% dianggap sebagai batasan terendah yang diperlukan untuk kelangsungan hidup nyamuk, serta kelembaban juga memengaruhi kemampuan terbang nyamuk [8]. Keberadaan vegetasi seperti hal nya tanaman sagu, pohon kelapa, pohon mangga, pohon kakao, dan semak-semak di sekitar permukiman menyebabkan daerah tersebut menjadi rawa-rawa yang dapat meningkatkan kelembaban. Peningkatan kelembaban ini dipengaruhi oleh penguapan, ketersediaan tumbungan, genangan air, dan curah hujan. *Plasmodium vivax* dan *Plasmodium falciparum* dapat beradaptasi dengan tingkat kelembaban antara 55% hingga 80% [15].

3. Hubungan malaria dengan suhu udara

Suhu juga merupakan kondisi lingkungan penting yang terkait dengan prevalensi malaria, sebagai faktor pengendali, laju gigitan, angka kematian, durasi perkembangan jentik nyamuk di lingkungan, dan kompetensi vektor [7]. Pada peta hubungan suhu udara dengan kejadian malaria, kasus malaria dominan terjadi di daerah dengan suhu udara tinggi yaitu suhu udara rata-rata berkisar 30°C dengan suhu udara minimum berkisar 29°C dan suhu udara maksimum 31,8°C. Suhu adalah suatu elemen dalam lingkungan fisik yang dapat memengaruhi pertumbuhan populasi *Anopheles sp* dan juga kasus malaria di suatu wilayah. *Anopheles sp* sendiri tidak memiliki kemampuan untuk mengatur suhu tubuhnya sendiri karena itu, metabolisme dan siklus hidupnya sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan di sekitarnya. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa suhu udara mempengaruhi kejadian malaria di Kecamatan Seram Maluku [15]. Penelitian lain juga menemukan suhu udara berpengaruh terhadap peningkatan kasus malaria di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan [10]. Selain itu pada

penelitian di Nigeria [13] menyatakan bahwa suhu tinggi secara signifikan ada hubungan terhadap terjadinya penularan malaria.

Menurut penelitian Mardiana [8] menyatakan bahwa terjadinya penularan malaria karena adanya nyamuk sebagai vektor malaria sedangkan suhu memengaruhi perkembangan parasit dalam tubuh nyamuk. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan jumlah populasi, menurunkan daya tahan tubuh, siklus hidup dan waktu inkubasi dipercepat [7]. Peningkatan suhu akan memengaruhi perubahan bionomik atau perilaku menggigit dari populasi nyamuk, angka gigitan rata-rata meningkat (*biting rate*), kegiatan reproduksi nyamuk berubah ditandai dengan perkembangbiakan nyamuk yang semakin cepat [8]. Pada *Anopheles sp*, semakin panas suhu maka masa inkubasi ekstrinsiknya akan semakin pendek. Sebaliknya semakin dingin suhu maka masa inkubasinya akan semakin lama. *Anopheles sp* dapat beradaptasi dengan suhu antara 15°C sampai dengan 40°C. Suhu memainkan peran yang penting bagi perkembangan nyamuk. Siklus sporogonik, membutuhkan waktu 9 - 10 hari pada suhu 28°C dan akan terhambat pada suhu dibawah 16°C atau diatas 30°C. Peningkatan suhu juga memiliki dampak pada masa inkubasi parasit menjadi lebih pendek, sehingga mempercepat perkembangbiak pada suhu 35°C seperti yang terjadi di Delhi selama musim panas dengan suhu diatas 40°C atau Bhutan 35°C. Luas penyebaran nyamuk *Anopheles sp* sangat tergantung pada suhu dimana setiap peningkatan suhu 1°C berarti kenaikan daratan sebesar 254 m [15]. Suhu yang lebih tinggi juga dapat mendorong masyarakat untuk tidur di luar rumah, yang selanjutnya meningkatkan paparan dan kerentanan mereka terhadap nyamuk [7].

4. *Buffering zone* kerawanan malaria

Buffering zone digunakan untuk mengidentifikasi risiko penyakit area di mana aktivitas pengendalian perlu diperkuat juga kuantifikasi area risiko menurut ukuran atau jarak yang membantu dalam memilih aktivitas pengendalian, serta untuk menggambarkan area berisiko gangguan nyamuk dan penularan penyakit [19]. Dilaporkan bahwa nyamuk mempunyai jangkauan terbang yang khas hingga 2 km tergantung pada spesiesnya dan oleh karena itu jarak terbang maksimum nyamuk *Anopheles* betina dari aliran air diambil sebesar 2 km. Jika disesuaikan dengan kepadatan penduduk, risiko infeksi malaria lebih tinggi jika berada dekat dengan danau sentani, terutama di *buffering zone* [20]. Danau merupakan tempat yang ideal untuk perkembangbiakan vektor malaria. Daerah yang berdekatan dengan danau memiliki risiko penyakit malaria yang lebih tinggi. Dikarenakan memiliki aliran yang stabil atau cenderung menggenang membuat risiko penyakit malaria lebih tinggi karena larva *Anopheles sp* lebih menyukai aliran yang stabil.

Hasil penelitian oleh Maya di Kabupaten Talaud menyatakan bahwa rumah yang paling dekat dengan habitat larva *Anopheles* berpotensi untuk terkena malaria lebih banyak. Berdasarkan hasil *buffering zone*, dapat dianalisis wilayah-wilayah yang membutuhkan perencanaan intervensi pengendalian penyakit malaria. Analisis ini mencakup penentuan prioritas lokasi penyuluhan kesehatan dan lokasi pemberantasan vektor malaria [21].

SIMPULAN

Kejadian BBLR di Distrik Sentani Timur Kabupaten Jayapura dalam analisis spasial kejadian malaria cenderung berkumpul dengan pola berkelompok di suatu wilayah dengan kondisi curah hujan yang tinggi, kasus lebih banyak ditemukan di wilayah dengan kelembaban udara rendah, wilayah dengan suhu udara tinggi dan wilayah dengan padat penduduk.

Diharapkan agar ibu hamil dapat meningkatkan pengetahuannya tentang pentingnya berkonsultasi dengan tenaga medis yang profesional jika mengalami keluhan sakit

selama kehamilan. Hal ini bertujuan untuk menjaga kesehatan ibu dan bayi serta menghindari risiko yang mungkin terjadi. Serta perlu adanya peningkatan pengawasan dan kewaspadaan pada bulan dimana intensitas hujan meningkat yaitu pada bulan November sampai Maret, dimana curah hujan juga berkaitan dengan kelembaban dan suhu, sehingga berpengaruh terhadap kelangsungan habitat jentik nyamuk .

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kemenkes RI, *Kemenkes RI*. In Lembaga Penerbit Balitbangkes, 2018.
- [2] S. Lestari, "Lingkungan Rumah Berhubungan Dengan Malaria Pada Ibu Hamil," *J. Keperawatan Silampari*, vol. 6, no. 2, pp. 1205–1217, 2023, doi: 10.31539/jks.v6i2.4646.
- [3] H. M. Ngongo, "Hubungan Antara Perilaku Dan Kondisi Lingkungan Dengan Kejadian Malaria Di Beberapa Daerah Di Indonesia," *J. Keperawatan Sumba*, vol. 1, no. 1, pp. 61–70, 2022, doi: 10.31965/jks.v1i1.863.
- [4] H. Putra, "Faktor Yang Memengaruhi Kejadian Malaria Di Wilayah Kerja Puskesmas Leuser Kabupaten Aceh Tenggara Provinsi Aceh Tahun 2019," *J. Komunitas Kesehat. Masy.*, vol. 1, no. 2, pp. 40–50, 2020, doi: 10.36090/jkkm.v1i2.589.
- [5] W. J. Pattipeilohy *et al.*, "Analisis Perubahan Pola Musim dan Distribusi Frekuensi Curah Hujan di Sentani Analysis of Changes in Seasonal Patterns and Distribution of Rainfall Frequency in Sentani," vol. 5, pp. 1–9, 2024.
- [6] A. Santjaka, *Pendekatan Model Kausalitas*. Yogyakarta: Nuha Medica, 2013.
- [7] K. Mohammed *et al.*, "Spatial analysis of climatic factors and plasmodium falciparum malaria prevalence among children in Ghana," *Spat. Spatiotemporal. Epidemiol.*, vol. 43, p. 100537, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2022.100537>.
- [8] Mardiana and D. Anwar Musadad, "Pengaruh perubahan iklim terhadap insiden malaria di Kabupaten Bintan Kepulauan Riau dan Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah," *J. Ekol. Kesehat.*, vol. 11, pp. 52–62, 2012.
- [9] D. E. Ekpa, E. A. Salubi, J. A. Olusola, and D. Akintade, "Spatio-temporal analysis of environmental and climatic factors impacts on malaria morbidity in Ondo State, Nigeria," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14005, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14005>.
- [10] S. Sulasmi, D. E. Setyaningtyas, A. Rosanji, and N. Rahayu, "Pengaruh curah hujan, kelembaban, dan temperatur terhadap prevalensi Malaria di Kabupaten Tanah Bumbu Kalimantan Selatan," *J. Heal. Epidemiol. Commun. Dis.*, vol. 3, no. 1, pp. 22–27, 2019, doi: 10.22435/jhecdis.v3i1.1794.
- [11] R. Nababan and S. R. Umniyati, "Faktor lingkungan dan malaria yang memengaruhi kasus malaria di daerah endemis tertinggi di Jawa Tengah : analisis sistem informasi geografis Environmental and behavioral factors affecting malaria cases in high endemic area of Central Java : a geographi," *Ber. Kedokt. Masy.*, vol. 34, no. 1, pp. 11–18, 2018.
- [12] H. Iklim *et al.*, "Perhimpunan Entomologi Indonesia," *J. Entomol. Indon*, vol. 7, no. 1, pp. 42–53, 2010.
- [13] L. C. Garba *et al.*, "Spatial features of malaria in the lowland and nearby highland areas of Taraba State, Nigeria," *Sci. African*, vol. 22, p. e01969, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01969>.
- [14] S. Humaira, N. Nurjazuli, and M. Raharjo, "Hubungan Lingkungan Dan Perilaku Terhadap Kejadian Malaria Di Provinsi Aceh," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 23, no. 2, pp. 241–248, 2024, doi: 10.14710/jkli.23.2.241-248.
- [15] E. Watmanlusy, M. Raharjo, and N. Nurjazuli, "Analisis Spasial Karakteristik Lingkungan dan Dinamika Kepadatan Anopheles sp. Pengaruhnya terhadap Kejadian Malaria di Kecamatan Seram Barat Kabupaten Seram Bagian Barat Maluku," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 18, no. 1, p. 12, 2019, doi: 10.14710/jkli.18.1.12-18.
- [16] L. Isnaeni, S. L. Dian, W. M. Arie, and A. Udiyono, "Faktor Perilaku Dan Faktor Lingkungan Yang Berhubungan Dengan Kejadian Malaria Di Wilayah Kerja Puskesmas

- Gebang Kabupaten Purworejo,” *J. Kesehat. Masy. UNDIP*, vol. 7, no. 2, pp. 31–38, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- [17] T. Z. Nigussie, T. Zewotir, and E. K. Muluneh, “Effects of climate variability and environmental factors on the spatiotemporal distribution of malaria incidence in the Amhara national regional state, Ethiopia,” *Spat. Spatiotemporal. Epidemiol.*, vol. 40, p. 100475, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2021.100475>.
- [18] S. Adu-Prah and E. Kofi Tetteh, “Spatiotemporal analysis of climate variability impacts on malaria prevalence in Ghana,” *Appl. Geogr.*, vol. 60, pp. 266–273, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.10.010>.
- [19] R. Saxena, B. N. Nagpal, A. Srivastava, S. K. Gupta, and A. P. Dash, “Application of spatial technology in malaria research & control: Some new insights,” *Indian J. Med. Res.*, vol. 130, no. 2, pp. 125–132, 2009.
- [20] F. Ahmad, L. Goparaju, and A. Qayum, “Studying Malaria Epidemic for Vulnerability Zones: Multi-Criteria Approach of Geospatial Tools,” *J. Geosci. Environ. Prot.*, vol. 05, no. 05, pp. 30–53, 2017, doi: [10.4236/gep.2017.55003](https://doi.org/10.4236/gep.2017.55003).
- [21] S. S. Maya Tindige, Joy Sambuaga, “Studi Spasial Keberadaan Breeding Places Dengan Kejadian Malaria Di Desa Bulude Kecamatan Kabaruan Kabupaten Kepulauan Talaud,” *Repos. Poltekkes Manad.*, 2020.