

Pemodelan Prevalensi Angka Kesakitan Malaria Berdasarkan Persentase Sanitasi Layak Dengan Pendekatan Estimator *Least Square Spline*

Ardi Kurniawan^{1*}, Ayu Zulva Widyawati², Firda Aulia Pratiwi², Nurin Faizun², Relin Meliana³

¹ Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur 60115, Indonesia

² Program Studi Statistika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur 60115, Indonesia

³ Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Tadulako, Palu, Sulawesi Tengah 94118, Indonesia

*Corresponding author: ardi-k@fst.unair.ac.id

Info Artikel: Diterima 26 Desember 2023 ; Direvisi 10 Juli 2024 ; Disetujui 16 Juli 2024

Tersedia online : 26 Agustus 2024 ; Diterbitkan secara teratur : Oktober 2024

Cara sitasi: Kurniawan A, Widyawati AZ, Pratiwi FA, Faizun N, Meliana R. Pemodelan Prevalensi Angka Kesakitan Malaria Berdasarkan Persentase Sanitasi Layak Dengan Pendekatan Estimator Least Square Spline. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia [Online]. 2024 Oct;23(3):287-293. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.3.287-293>.

ABSTRAK

Latar belakang: Malaria masih menjadi tantangan kesehatan global yang cukup besar, terutama di daerah tropis seperti Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi dan menentukan model terbaik untuk prevalensi malaria di Indonesia dengan menggunakan data persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi yang layak.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan regresi nonparametrik menggunakan estimator *Least Square Spline*. Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) untuk melihat prevalensi kejadian malaria dan persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi yang layak di 34 provinsi di Indonesia.

Hasil: Temuan tersebut mengungkapkan bahwa rata-rata 81% rumah tangga di Indonesia memiliki akses terhadap sanitasi yang layak, dengan Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki persentase tertinggi yaitu 96,21% dan Papua yang terendah yaitu 40,34%. Selain itu, prevalensi rata-rata morbiditas malaria di Indonesia adalah 3,91 per 1.000 orang, dengan angka tertinggi di Papua sebesar 113,07 dan terendah di beberapa provinsi seperti Sumatera Selatan, Bengkulu, Jawa Barat, Banten, dan Kalimantan Barat sebesar 0,00. Pemodelan menggunakan estimator *Least Square Spline* menunjukkan bahwa akses sanitasi layak berpengaruh signifikan terhadap prevalensi angka kesakitan malaria. Hasil estimasi model menunjukkan bahwa setiap peningkatan satu persen akses sanitasi layak dapat mengurangi prevalensi angka kesakitan malaria, kecuali di provinsi dengan akses sanitasi layak di atas 80%. Model ini memiliki akurasi tinggi dengan nilai *R-Square* sebesar 99,11%.

Simpulan: Akses sanitasi layak berperan penting dalam menurunkan prevalensi angka kesakitan malaria, namun perlu perhatian khusus di provinsi dengan akses sanitasi layak di bawah 80%.

Kata kunci: SDGs; Kesehatan; Malaria; Sanitasi Lingkungan; *Least Square Spline*.

ABSTRACT**Title: Modelling the Prevalence of Malaria Rates based on the Percentage of Adequate Sanitation with the Least Square Spline Estimator Approach**

Background: Malaria remains a significant global health challenge, especially in tropical regions such as Indonesia. This study aims to estimate and determine the best model for malaria prevalence in Indonesia using data on the percentage of households that have access to proper sanitation.

Method: This study uses quantitative methods with a nonparametric regression approach using the Least Square Spline estimator. This study uses secondary data obtained from the Central Bureau of Statistics (BPS) to see the prevalence of malaria incidence and the percentage of households that have access to proper sanitation in 34 provinces in Indonesia.

Result: The findings revealed that on average 81% of households in Indonesia have access to proper sanitation, with the Special Region of Yogyakarta having the highest percentage at 96.21% and Papua the lowest at 40.34%. In addition, the average prevalence of malaria morbidity in Indonesia is 3.91 per 1,000 people, with the highest rate in Papua at 113.07 and the lowest in several provinces such as South Sumatra, Bengkulu, West Java, Banten, and West Kalimantan at 0.00. Modelling using the Least Square Spline estimator shows that access to proper sanitation has a significant effect on the prevalence of malaria morbidity. The model estimation results show that every one per cent increase in access to proper sanitation can reduce the prevalence of malaria morbidity, except in provinces with access to proper sanitation above 80%. The model has high accuracy with an R-Square value of 99.11%.

Conclusion: Adequate access to sanitation is crucial in reducing the prevalence of malaria morbidity, but special emphasis needs to be placed on provinces where sanitation access rates are below 80%.

Keywords: SDGs; Health; Malaria; Environmental Sanitation; Least Square Spline.

PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit yang disebabkan melalui gigitan nyamuk Anopheles betina yang terinfeksi¹. Penularan malaria dipengaruhi oleh tiga faktor utama: kondisi lingkungan fisik, faktor biologis, dan perilaku manusia yang memudahkan terjadinya malaria. Beberapa perilaku masyarakat tertentu diidentifikasi berkontribusi terhadap kejadian malaria, seperti kegiatan pada malam hari di luar rumah, kurangnya penggunaan kelambu berinsektisida, ketergantungan terhadap obat nyamuk bakar, dan penggunaan obat nyamuk².

Ada lima spesies parasit Plasmodium yang dapat menyebabkan malaria pada manusia, dengan Plasmodium falciparum dan Plasmodium vivax sebagai ancaman terbesar³. Selain itu, malaria diklasifikasikan menjadi lima jenis: Malaria falciparum (malaria tropis), Malaria vivax (malaria tertiana), Malaria ovale, Malaria malariae (malaria kuartar), dan Malaria knowlesi⁴. Risiko infeksi malaria bervariasi di berbagai wilayah, dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti spesies nyamuk lokal dan variasi musim, dengan risiko tertinggi terjadi selama musim hujan di negara tropis. Meskipun dapat dicegah dan diobati, malaria dapat berkembang menjadi penyakit yang parah dan berpotensi fatal jika tidak segera didiagnosis dan diobati secara efektif⁵. Upaya pencegahan berfokus pada tiga aspek - inang (manusia), agen (Plasmodium), dan lingkungan - melalui intervensi primer yang menargetkan manusia, kemoprofilaksis, dan pengendalian vektor. Pencegahan sekunder melibatkan deteksi kasus secara aktif melalui skrining dan pengawasan pasif. Pencegahan tersier meliputi penanganan komplikasi malaria dan rehabilitasi mental atau psikologis⁶.

Malaria masih menjadi tantangan kesehatan global yang nyata, terutama di negara tropis seperti Indonesia. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), terjadi peningkatan kasus malaria pada tahun 2021 dibandingkan tahun 2020. Pada tahun 2020, insiden malaria global dilaporkan sebanyak 245 juta kasus, meningkat menjadi 247 juta kasus pada tahun 2021⁷. Peningkatan ini terutama terjadi di negara-negara di kawasan Afrika, yang menyumbang 95% kasus malaria global dan merupakan beban tertinggi di seluruh dunia. Wilayah Asia Tenggara menyumbang sekitar 2% dari total kasus malaria global yang dilaporkan pada tahun 2021. Indonesia berada di urutan kedua setelah India sebagai penyumbang kasus malaria terbesar di wilayah region Asia Tenggara, dengan jumlah kasus diperkirakan sekitar 811.636 di tahun 2021. Dari jumlah kasus tersebut wilayah yang paling banyak berkontribusi adalah wilayah Papua yaitu sebanyak 89% secara nasional⁸.

Bagian timur Indonesia, khususnya wilayah Papua, masih merupakan daerah endemis malaria dan belum mencapai eliminasi. Faktor-faktor seperti cuaca yang tidak menentu, rawa-rawa dan hutan yang luas memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penularan malaria di daerah-daerah seperti Kabupaten Mimika, Papua. Kondisi cuaca di Mimika sulit diprediksi, sehingga menyulitkan upaya pencegahan penyakit yang berkaitan dengan faktor lingkungan seperti malaria⁹. Selain itu, tempat perkembangbiakan nyamuk Anopheles yang tersebar, lingkungan rumah yang tidak memadai dengan ventilasi, atap, dan dinding yang tidak memadai, serta kebiasaan masyarakat untuk yang beraktivitas pada malam hari di luar rumah dan pagi hari turut menyulitkan upaya pengurangan kasus malaria di daerah endemis¹⁰. Faktor-faktor ini

menunjukkan bahwa pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) ketiga, tujuannya untuk mencapai kehidupan yang sehat dan sejahtera bagi semua orang, seperti yang diuraikan dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan, masih belum tercapai¹¹. Di Provinsi Papua, hanya 40,34% rumah tangga dengan akses sanitasi yang layak (dilaporkan oleh Badan Pusat Statistik (2022)) dan menempati peringkat terendah dalam hal sanitasi di Indonesia¹². Lingkungan yang tidak sehat meningkatkan risiko kambuhnya malaria di antara individu yang telah sembuh dari penyakit ini, sehingga menyoroti kebutuhan mendesak akan tindakan pencegahan dan peningkatan sanitasi lingkungan¹³. Hal ini menggarisbawahi kurangnya pencapaian SDG keenam, yang berfokus pada kepastian perihal ketersediaan dan pengelolaan air bersih serta sanitasi layak di Indonesia¹⁴.

Penelitian tentang malaria dan hubungannya dengan sanitasi lingkungan telah dibahas dalam penelitian tahun 2023 oleh Lisma Natalia Br Sembiring dan Sisina Wandikbo dari Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Jayapura. Para peneliti pada awalnya melakukan Analisis univariat dan bivariat dilakukan, diikuti dengan uji Chi-square untuk menguji korelasi antara sanitasi lingkungan dan kejadian malaria. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara sanitasi lingkungan yang tidak memadai dengan kejadian malaria di Desa Nawaripi, Distrik Wania, Kabupaten Mimika, Provinsi Papua dengan nilai p-value sebesar 0,006¹⁵. Hal ini menggarisbawahi bahwa kondisi lingkungan yang tidak memadai meningkatkan risiko malaria di masyarakat Nawaripi. Demikian pula, sebuah studi oleh Hernita Taurustya pada tahun 2020 mengidentifikasi adanya hubungan yang signifikan antara peningkatan prevalensi malaria dan sanitasi lingkungan yang tidak memadai di wilayah kerja Puskesmas Sidomulyo, Kecamatan Gading Cempaka, Kota Bengkulu¹⁶.

Regresi nonparametrik adalah teknik statistik yang digunakan untuk mengkarakterisasi hubungan antar variabel respon dan variabel prediktor. Variabel respon diprediksi berdasarkan variabel prediktor tanpa mengasumsikan bentuk tertentu untuk fungsi regresi atau variabel prediktornya. Estimator *spline* merupakan jenis penduga parameter regresi yang sering dipakai dalam regresi nonparametrik, dengan membagi polinomial berdasarkan titik-titik simpul untuk mengestimasi kurva regresi. Metode ini sangat cocok untuk menangkap pola data yang rumit yang menunjukkan perilaku yang berbeda-beda pada interval yang ditentukan, sehingga menghasilkan kurva yang halus. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan penelitian sebelumnya yaitu membangun model yang optimal untuk mengestimasi prevalensi morbiditas malaria di Indonesia dengan menggunakan metode Least Square Spline, dengan fokus pada persentase rumah tangga yang memiliki akses terhadap sanitasi yang layak. Data yang

digunakan adalah data yang terbaru dari tahun 2022 yang mencakup seluruh provinsi di Indonesia.

MATERI DAN METODE

Penelitian kuantitatif digunakan dalam penelitian ini dengan menghasilkan temuan yang dapat dikuantifikasi melalui prosedur statistik atau pendekatan pengukuran lainnya. Data yang digunakan meliputi prevalensi kesakitan malaria per 1.000 penduduk (Annual Parasite Incidence/API) per provinsi, yang bersumber dari Profil Kesehatan Indonesia tahun 2022, dan persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak, yang diperoleh dari situs web Badan Pusat Statistik. Kedua set data tersebut bersifat sekunder dan mencakup seluruh 34 provinsi di Indonesia untuk tahun 2022. Fokus utama dari penelitian ini adalah pada persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak sebagai variabel prediktor (dilambangkan sebagai x) dan prevalensi kesakitan malaria sebagai variabel respon (dilambangkan sebagai y).

Selain itu, data untuk penelitian ini dianalisis dengan menggunakan metode regresi nonparametrik yang menggunakan pendekatan estimator *Least Square Spline*. Prosedur analisis dalam mencapai tujuan penelitian diuraikan sebagai berikut²².

1. Mengestimasi dan memodelkan data prevalensi kesakitan malaria di Indonesia berdasarkan persentase rumah tangga yang mempunyai akses sanitasi layak dengan langkah berikut.

- a) Inputkan data berpasangan variabel x dan y untuk banyaknya angka kesakitan malaria dan banyak rumah tangga yang memiliki akses pada sanitasi layak di Indonesia
- b) Menentukan jumlah knot dan titik knot dengan metode kuantil
- c) Menginputkan orde, jumlah knot, dan titik knot yang merupakan parameter penghalus
- d) Mengestimasi parameter berdasarkan fungsi persamaan berikut

$$g(x) = \sum_{j=0}^{p+k} \beta_j \varphi_j(x) \quad (1)$$

- e) Menghitung nilai *Mean Square Error* (MSE) sesuai rumus pada persamaan berikut

$$MSE(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{g}(x_i))^2 \quad (2)$$

- f) Menghitung nilai *Generalized Cross Validation* (GCV) sesuai rumus pada persamaan berikut

$$MSE(h) = \frac{MSE(h)}{(n^{-1}tr[I - H(\lambda)])^2} \quad (3)$$

- g) Setelah menentukan GCV minimum, dapat ditentukan pula orde, jumlah knot, dan titik knot yang terbaik untuk digunakan sebagai pengujian dan dapat digunakan untuk menentukan model estimasinya

2. Menganalisis dan menginterpretasikan hasil yang diperoleh dari pemodelan prevalensi morbiditas malaria berdasarkan persentase rumah tangga

dengan akses sanitasi yang layak di Indonesia dengan langkah berikut.

- Melihat plot observasi dan hasil estimasi
- Menguraikan persamaan berdasarkan titik knot terbaik dan menginterpretasikan hasil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistika Deskriptif

Karakteristik variabel dijelaskan secara deskriptif untuk memberikan gambaran umum pada

Tabel 1. Statistika Deskriptif Prevalensi Angka Kesakitan Malaria dan Persentase Akses Sanitasi Layak 2022

Variabel	Minimum	Wilayah	Maksimum	Wilayah	Rata-Rata
x	40,34	Papua	96,21	Daerah Istimewa Yogyakarta	81,00
y	0	Sumatera Selatan	113,07	Papua	3,91

Tabel 1 menyajikan data yang menunjukkan bahwa pada tahun 2022, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta mencatat persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak tertinggi yaitu 96,21%, sedangkan Provinsi Papua memiliki persentase terendah yaitu 40,34%. Secara rata-rata, di seluruh Indonesia, sekitar 81% rumah tangga mempunyai akses sanitasi layak. Untuk angka kesakitan malaria, Provinsi Papua mencatatkan prevalensi tertinggi yaitu 113,07 kasus per 1.000 penduduk. Sebaliknya, Provinsi Sumatera Selatan mencatatkan prevalensi terendah yaitu 0,00

Tabel 2. Nilai MSE, GCV, dan R-Square terhadap Orde dan Titik Knot

Orde	Jumlah Knot	Titik Knot	MSE	GCV	R-Square
1	1	69	4,453909	5,357668	0,9878271
1	1	74	11,126	13,38362	0,9695918
1	1	82	55,77159	67,08841	0,8475722
1	2	69,74	4,446181	5,710873	0,9878483
1	2	69,82	4,180764	5,369959	0,9885737
1	2	74,82	11,12351	14,28753	0,9695986
1	3	69,74,82	4,012527	5,515435	0,9890335
2	1	69	4,257789	5,468893	0,9883632
2	1	74	4,660006	5,985519	0,9872639
2	1	82	5,295731	6,802073	0,9855264
2	2	69,74	3,80508	5,230289	0,9896004
2	2	69,82	4,256735	5,851113	0,988366
2	2	74,82	4,655318	6,398987	0,9872767
2	3	69,74,82	3,235423	4,770598	0,9911574

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai estimasi dengan ukuran kebaikan model tertinggi berada pada orde kedua dengan jumlah titik knot tiga yang berada pada titik $k_1 = 69, k_2 = 74, k_3 = 82$, dengan nilai MSE sebesar 3,235423 dimana angka kesalahan tersebut berada pada kategori sedikit kesalahan dalam pengukuran, sehingga model yang didapatkan sangat baik²³. R-Square digunakan sebagai bentuk gambaran variansi yang dapat dijelaskan oleh model, nilai kebaikan model akan semakin baik apabila mendekati satu. Dari hasil estimasi, didapatkan R-Square sebesar 0,9911574 atau 99,11%. Artinya, nilai ini sangat mendekati nilai satu atau 100%. Sehingga model yang didapatkan dari hasil estimasi menggunakan *Least Square Spline* sangat baik dan berakurasi tinggi²⁴.

masing-masing variabel yang digunakan meliputi persentase rumah tangga dengan akses sanitasi yang layak, yang dilambangkan sebagai variabel x, dan prevalensi angka kesakitan malaria, yang disebut sebagai variabel y.

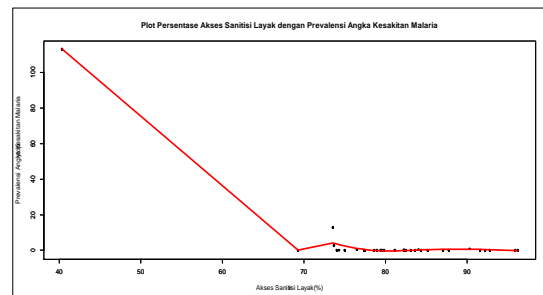
Ukuran statistik deskriptif seperti nilai minimum, maksimum, dan rata-rata disajikan pada **Tabel 1.** untuk meringkas variabel-variabel ini.

kasus atau hampir tidak ada kasus, dengan rata-rata angka kesakitan malaria di seluruh Indonesia pada tahun 2022 adalah 3,91 kasus per 1.000 penduduk. Oleh karena itu, secara rata-rata, sekitar 4 kasus malaria terjadi per 1.000 orang di Indonesia.

Penentuan Titik Knot dan Orde Terbaik

Penentuan titik knot dilakukan dengan Estimator *Least Square Spline* sesuai dengan plot data dan dilanjutkan pengecekan tiap orde dan titik knot pada orde 1 dan 2 disajikan pada **Tabel 2.**

Selain itu, juga didapatkan plot estimasi variabel persentase akses sanitasi layak dan prevalensi angka kesakitan malaria per 10.000 penduduk terbaik berada pada orde kedua dengan jumlah titik knot tiga yang berada pada titik $k_1 = 69, k_2 = 74, k_3 = 82$ disajikan dalam **Gambar 1.**



Gambar 1. Plot Persentase Akses Sanitasi Layak dengan Prevalensi Angka Kesakitan Malaria pada Orde Kedua dengan Titik Knot 69, 74, dan 82.

Estimasi Model Terbaik pada Prevalensi Angka Kesakitan Malaria berdasarkan Persentase Akses Sanitasi Layak dengan Estimator *Least Square Spline*

Berdasarkan nilai MSE, GCV, dan R-Square pada **Tabel 2** maka diperoleh nilai parameter yang digunakan sebagai pemodelan disajikan dalam **Tabel 3.**

Tabel 3. Nilai Estimasi Parameter Pemodelan

Parameter	Nilai Estimasi
β_0	940,8246
β_1	-30,19634
β_2	0,2398832
β_3	-0,6529699
β_4	0,5056548
β_5	-0,1108358

Pemodelan prevalensi angka kesakitan malaria per 1.000 penduduk dilakukan setelah didapatkan titik knot optimal berdasarkan nilai GCV minimum. Selanjutnya, dilakukan perhitungan nilai estimasi parameter dengan menggunakan fungsi *spline* berdasarkan nilai GCV yang minimum yaitu orde kedua dan jumlah titik knot tiga yang berada pada titik $k_1 = 69, k_2 = 74, k_3 = 82$. Bentuk baku persamaan yang digunakan sebagai pemodelan adalah sebagai berikut²⁵.

$$\hat{y} = g(x) = \beta_0(x)^0 + \beta_1(x)^1 + \dots + \beta_p(x)^p + \beta_{(p+1)}(x - \tau_1)_+^p + \dots + \beta_{(p+k)}(x - \tau_k)_+^p$$

Dengan ketentuan yang didapatkan sebelumnya, maka model menjadi seperti berikut.

$$\hat{y} = 940,8246 - 30,19634x + 0,2398832x^2 - 0,6529699(x - 69)_+^2 + 0,5056548(x - 74)_+^2 - 0,1108358(x - 82)_+^2$$

Atau dapat ditulis juga dalam bentuk fungsi tangga sebagai berikut.

$$\hat{y} = \begin{cases} 940,8246 - 30,19634x + 0,2398832x^2, & \text{untuk } x < 69 \\ -2167,9650939 + 59,9135062x - 0,4130867x^2, & \text{untuk } 69 \leq x < 74 \\ 601,0005909 - 14,9234042x + 0,0925681x^2, & \text{untuk } 74 \leq x < 82 \\ -144,2593283 + 3,253667x - 0,0182677x^2, & \text{untuk } x \geq 82 \end{cases}$$

Setelah model diperoleh, langkah selanjutnya adalah menginterpretasikan hasilnya. Berikut ini adalah interpretasi berdasarkan rentang persentase rumah tangga dengan akses sanitasi yang layak:

- Jika persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak kurang dari 69%, maka setiap kenaikan satu persen akses sanitasi akan menurunkan angka kesakitan malaria sebesar 30,19634 unit secara linier, dan meningkatkannya sebesar 0,2398832 unit secara kuadratik.
- Jika persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak berada di antara 69% dan kurang dari 74%, maka setiap kenaikan satu persen akses sanitasi akan meningkatkan angka kesakitan malaria sebesar 59,9135062 satuan secara linear dan menurunkannya sebesar 0,4130867 satuan secara kuadratik.
- Jika persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak antara 74% dan kurang dari 82%, maka setiap kenaikan satu persen akses sanitasi akan menurunkan angka kesakitan malaria sebesar 14,9234042 satuan secara linear dan meningkatkannya sebesar 0,0925861 satuan secara kuadratik.
- Jika persentase rumah tangga dengan akses sanitasi layak sebesar 82% atau lebih, maka setiap kenaikan satu persen akses sanitasi akan meningkatkan angka kesakitan malaria sebesar 3,253667 satuan

secara linear dan menurunkannya sebesar 0,0182677 satuan secara kuadratik.

Sebagai gambaran nyata pertama pada kasus di atas adalah misalkan untuk interval $x < 69$ adalah pada Provinsi Papua dengan persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak (x) sebesar 40,34 dan jumlah penduduk mencapai 4,4 juta jiwa. Perhitungan menggunakan model yang telah diperoleh di atas adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 940,8246 - 30,19634(40,34 + 1) + 0,2398832(40,34 + 1)^2 - 940,8246 + 30,19634(40,34) - 0,2398832(40,34)^2$$

$$\hat{y} = -10,602680224$$

Karena jumlah penduduk di Provinsi Papua adalah 4,4 juta jiwa maka perhitungan dampak seseorang yang tidak lagi menderita malaria per 1.000 penduduk akibat kenaikan persentase akses sanitasi layak adalah sebagai berikut.

$$impact = \frac{-10,602680224 \times 4,4 \times 1.000.000}{1000} \approx -46.652 \text{ jiwa}$$

Dapat disimpulkan, bahwa setiap penambahan satu persen rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak di Provinsi Papua maka akan menyebabkan penurunan angka kesakitan malaria sebanyak 46,652 jiwa.

Sebagai gambaran nyata kedua pada kasus di atas adalah, misalkan untuk interval $74 \leq x < 82$ adalah pada Provinsi Maluku dengan persentase rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak (x) sebesar 76,47 dan jumlah penduduk mencapai 1,88 juta jiwa. Perhitungan menggunakan model yang telah diperoleh di atas adalah sebagai berikut.

$$\hat{y} = 601,0005909 - 14,9234042(76,47 + 1) + 0,0925681(76,47 + 1)^2 - 601,0005909 + 14,9234042(76,47) - 0,0925681(76,47)^2$$

$$\hat{y} = -0,673470886$$

Karena jumlah penduduk di Provinsi Maluku adalah 1,8 juta jiwa maka perhitungan dampak seseorang yang tidak lagi menderita malaria per 1.000 penduduk akibat kenaikan persentase akses sanitasi layak adalah sebagai berikut.

$$impact = \frac{-0,673470886 \times 1,88 \times 1.000.000}{1000} \approx -1.266 \text{ jiwa}$$

Dapat disimpulkan, bahwa setiap penambahan satu persen rumah tangga yang memiliki akses sanitasi layak di Provinsi Maluku maka akan menyebabkan penurunan angka kesakitan malaria sebanyak 1.266 jiwa.

Temuan dari estimator Least Square Spline yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara akses terhadap sanitasi yang layak dan angka kesakitan malaria di Indonesia. Jelas bahwa peningkatan akses terhadap sanitasi yang layak sebesar satu poin persentase saja dapat menurunkan prevalensi malaria. Oleh karena itu, meningkatkan dan memaksimalkan akses terhadap sanitasi yang layak dalam skala kecil maupun besar merupakan hal yang krusial untuk mencapai lingkungan yang bebas dari malaria dan penyakit lainnya. Upaya ini sejalan dengan pencapaian Tujuan

Pembangunan Berkelanjutan (SDG) keenam, yang bertujuan untuk memastikan ketersediaan dan pengelolaan air bersih dan sanitasi yang layak secara berkelanjutan.

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hasil dari estimator *Least Square Spline* didapatkan estimasi model terbaik untuk prevalensi angka kesakitan malaria per 1.000 penduduk berdasarkan presentase akses sanitasi layak pada orde kedua dengan jumlah titik knot tiga, yakni titik $k_1 = 69, k_2 = 74, k_3 = 82$ dengan GCV sebesar 4,770598 dan MSE sebesar 3,235423. Model ini juga menunjukkan bahwa variabel prediktor secara efektif menjelaskan variabel respon, dengan R-Square sebesar 99,11%, yang menunjukkan akurasi dan kecocokan yang sangat tinggi. Hal ini menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara akses terhadap sanitasi yang layak dan penurunan prevalensi malaria. Oleh karena itu, provinsi dengan akses sanitasi di bawah 80% memerlukan perhatian khusus. Pemerintah perlu mengintensifkan upaya pencegahan dan pengendalian malaria melalui peningkatan kampanye kesadaran masyarakat, peningkatan akses fasilitas sanitasi di seluruh provinsi (terutama di Provinsi Papua), dan meningkatkan infrastruktur kesehatan dengan membangun fasilitas pengobatan malaria tambahan seperti klinik, puskesmas, dan rumah sakit. Masyarakat juga harus secara aktif mencegah penularan malaria dengan menggunakan kelambu berinsektisida, menghindari aktivitas pada malam hari di luar rumah, dan menghilangkan genangan air di sekitar rumah. Langkah-langkah ini secara kolektif bertujuan untuk mengurangi risiko penularan malaria secara substansial. Lebih lanjut, penelitian di masa depan harus mengeksplorasi estimator alternatif dan memasukkan variabel prediktor tambahan untuk mencapai hasil yang lebih kuat.

KETERBATASAN PENELITIAN

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor lain yang mungkin memengaruhi prevalensi malaria, seperti faktor lingkungan, sosial ekonomi, dan perilaku. Kedua, dalam pemilihan variabel seperti variabel sanitasi layak diukur sebagai persentase, yang mungkin tidak cukup untuk mewakili kompleksitas faktor sanitasi yang memengaruhi prevalensi malaria. Variabel lain yang terkait dengan sanitasi, seperti akses air bersih, pengelolaan limbah, dan perilaku hygiene, perlu dipertimbangkan dalam penelitian selanjutnya.

Terlepas dari kendala-kendala tersebut, penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami korelasi antara prevalensi malaria dan sanitasi yang layak. Penelitian di masa depan harus bertujuan untuk mendapatkan cakupan data yang lebih luas, variabel yang lebih luas, dan metodologi yang lebih kuat untuk memperkuat temuan ini dan meningkatkan pemahaman tentang interaksi yang

rumit antara malaria, sanitasi, dan faktor-faktor lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sukendar, G. E., Rejeki, D. S. S., & Anandari, D. Studi Endemisitas dan Epidemiologi Deskriptif Malaria di Kabupaten Purbalingga Tahun 2010-2019. *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Indonesia*. 2021. 5(1):2. DOI: <https://doi.org/10.7454/epidkes.v5i1.4625>
2. Melati, S., & Susilawati, S. Pengaruh aktivitas di malam hari terhadap resiko malaria masyarakat Pesisir Kecamatan Pantai Cermin Kabupaten Serdang Bedagai. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. 2022. 1(6):467-470.
3. Mbanefo, A., & Kumar, N. Evaluation of Malaria Diagnostic Methods as a Key for Successful Control and Elimination Programs. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 2020. 5(2):102. DOI: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5020102>
4. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Profil kesehatan Indonesia 2019. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2020.
5. World Health Organization. Malaria. 2023.
6. Purba, I. G., Sitorus, R. J., & Camelia, A. Promosi Kesehatan Pencegahan Penularan Penyakit Malaria Pada Masyarakat Di Desa Ibul Besar I. *Jurnal Pengabdian Sriwijaya*. 2016. 4(2):320-330. DOI: <https://doi.org/10.37061/jps.v4i2.5487>
7. World Health Organization. World Malaria Report 2022. 2022.
8. World Health Organization. World Malaria Day. 2023.
9. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Wilayah-wilayah Endemis Malaria Tinggi di Indonesia. 2023.
10. Lewinsca, M. Y., Raharjo, M., & Nurjazuli, N. Faktor risiko yang mempengaruhi kejadian malaria di Indonesia: review literatur 2016-2020. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 2021. 11(1):16-28. DOI: <https://doi.org/10.47718/jkl.v11i1.1339>
11. Juned, M., Kusumastuti, R. D., & Darmastuti, S. Penguatan Peran Pemuda Dalam Pencapaian Tujuan Ketiga Sustainable Development Goals (SDGs) Di Karang Taruna Kelurahan Serua, Depok. *Seminar Nasional Hasil Pengabdian Masyarakat*. 2018. 1(1):1-3.
12. Badan Pusat Statistik. Persentase Rumah Tangga menurut Provinsi dan Memiliki Akses terhadap Sanitasi Layak (Persen) 2020-2022. 2023.
13. Kalsum, U., Pertiwi, D. R., Veronica, A. L., & Wulandari, A. Determinan yang Berhubungan dengan Kejadian Malaria di Indonesia Tahun 2016. *Jurnal Kesmas Jambi*. 2018. 2(1):81-91. DOI: <https://doi.org/10.22437/jkmj.v2i1.6545>
14. Suryani, A. A. Pembangunan Air Bersih dan Sanitasi Saat Pandemi Covid-19. *Aspirasi: Jurnal Masalah-Masalah Sosial*. 2020;11(2):199-214. DOI: <https://doi.org/10.46807/aspirasi.v11i2.1757>

15. Sembiring, L. N. B., & Wandikbo, S. Hubungan Lingkungan dengan Kejadian Malaria pada Masyarakat di Lingkungan Kampung Nawaripi Kabupaten Mimika Provinsi Papua. *Prosiding STIKES Bethesda*. 2023. 2(1):136-146.
16. Taurustya, H. Analisis Sanitasi Lingkungan Dengan Kejadian Malaria Di Wilayah Kerja Puskesmas Sidomulyo Kecamatan Gading Cempaka Kota Bengkulu. *Jurnal Kedokteran Raflesia*. 2020. 6(1):11. DOI: <https://doi.org/10.33369/juke.v6i1.10295>
17. Matdoan, M. Y., Talakua, M. W., & Djami, R. J. Pemodelan Regresi Quantil Dengan Kernel Smoothing Pada Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penyebaran Api Malaria Di Indonesia:(Quantile Regression Modeling with Kernel Smoothing on Factors Affecting the Spread of Malaria Fire in Indonesia). *Uniqbu Journal of Exact Sciences*. 2020. 1(2):1-9.
18. Ding, J. & Zhang, Z. Statistical inference on uncertain nonparametric regression model. *ACM Digital Library*. 2021. 20(4):451-469. <https://doi.org/10.1007/s10700-021-09353-0>
19. Sanusi, W., Syam, R., & Adawiyah, R. Model regresi nonparametrik dengan pendekatan spline (studi kasus: Berat badan lahir rendah di rumah sakit ibu dan anak siti fatimah makassar). *Journal of Mathematics, Computations, and Statistics*. 2019. 2(1):70-81. DOI: <https://doi.org/10.35580/jmathcos.v2i1.12460>
20. Arifin, S., Islamiyati, A., & Raupong, R. Kemampuan Estimator Spline Linear dalam Analisis Komponen Utama. *Journal of Statistics and Its Application*. 2022. 1(1):40-47. DOI: <https://doi.org/10.20956/ejsa.v1i1.9262>
21. Sujarweni, V. Wiratna. Metodologi Penelitian Bisnis & Ekonomi. Yogyakarta: Pustaka Baru Pers; 2015.
22. Chamidah, N. Analisis Regresi Nonparametrik dengan Perangkat Lunak R. Surabaya: Airlangga University Press; 2023.
23. Made, I. & Melliana, M. Studi Analisis Perbandingan Hasil Prediksi Beragam Metode Interpolasi Spasial Pada Intrusi Air Laut Di Kelurahan Kota Karang, Bandar Lampung. *Digital Repository Unila*. 2023. 1-20.
24. Afriani, R. Analisis Regresi Spline Dalam Menduga Harga Cabai Di Kota Medan. *Repository UIN Sumatera Utara*. 2022. 22-29.
25. Rosadi, S., Rinaldi, A., & Gunawan, W. Implementasi Metode Regresi Nonparametrik Spline Untuk Menganalisis Keuntungan Produksi Batu-Bata. 2022. 19(2):215-226. DOI: <https://doi.org/10.22487/2540766X.2022.v19.i2.16150>



©2024. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.